应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2014, 51(4): 1120–1124. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2014.133

小菜蛾系统调查及抗药性监测方法*

冯 夏[1] 李振宇[1**] 吴青君[2] 张 帅[3] 章金明[4] 陈焕瑜[1]
包华理[1] 胡珍娣[1] 张启国[5]

（1. 广东省植物保护新技术重点实验室广东省农业科学院植物保护研究所，广州 510640；2.中国农业科学院蔬菜花卉研究所，北京 100081；3. 全国农业技术推广服务中心，北京 100125；4. 浙江省农业科学院植物保护与微生物研究所，杭州 310021；5.云南省玉溪市通海植保检疫站，玉溪 652700）

摘 要 小菜蛾 *Plutella xylostella*（L.）是十字花科作物重要害虫。其种群消长受地理条件、气候变化和耕作方式等多种因素的影响。小菜蛾也是抗药性最强的害虫，几乎对所有杀虫剂产生了抗药性。针对小菜蛾的生活习性和抗药性，统一规范了田间种群系统调查和抗药性监测方法，为其种群动态及抗药性监测提供技术支撑。

关键词 小菜蛾，抗药性，调查，监测

Techniques for surveying diamondback moth (*Plutella xylostella*) populations and monitoring their resistance to pesticides

FENG Xia[1] LI Zhen-Yu[1**] WU Qing-Jun[2] ZHANG Shuai[3] ZHANG Jin-Ming[4]
CHEN Huan-Yu[1] BAO Hua-Li[1] HU Zhen-Di[1] ZHANG Qi-Guo[5]

(1. Guangdong Provincial Key Laboratory of High-Tech for Plant Protection, Institute of Plant Protection, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China; 2. Institute of Vegetablesand Flowers, China Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 3.National Agro-tech Extension and Service Center, Beijing 100125, China; 4.Institute of PlantProtection and Microbiology,Zhejiang Academy of Agricultural Sciences,Hangzhou 310021, China; 5. Tonghai Station of Plant Protection, Yuxi, 652700, China)

Abstract The diamondback moth (*Plutella xylostella*) is an important insect pest of Brassica crops the population dynamics of which is affected by geography, climate change and planting patterns. Now resistant to a wide range of insecticides, this moth has the highest levels of insecticide resistance among insect pests. Based on the above biological characteristics, a set of techniques for surveying populations and monitoring pesticide resistance have been developed for diamondback moth.

Key words diamondback moth, resistance, survey, monitor

小菜蛾 *Plutella xylostella*（L.）属鳞翅目（Lepidoptera）菜蛾科（Plutellidae），寄主多达 40 种以上，是世界性的十字花科作物重要害虫（Furlong *et al.*，2013）。1954 年，小菜蛾在地中海地区首先发生（Harcourt，1954），目前亚洲、欧洲、美洲、非洲、大洋州等均已广泛分布，其中亚洲地区的中国、日本和泰国等国家和地区小菜蛾为害最为严重，有时可造成 90%以上的作物损失（Verkerk and Wright，1996），全世界每年用于小菜蛾的防治费用已达到近 50 亿美元（Zalucki *et al.*，2012）。小菜蛾世代周期短，发生代数多及抗药性严重是其造成严重为害的

* 资助项目：公益性行业（农业）科研专项（201103021）
**通讯作者，E-mail: zhenyu_li@163.com
收稿日期：2014-07-01，接受日期：2014-07-08

主要原因（尤民生和魏辉，2007）。近年来，小菜蛾种群受全球气候变暖和蔬菜栽培模式改变影响，其发生为害及抗药性现状日趋严重（冯夏等，2011）。作为世代周期短，繁殖系数高及世代重叠严重的害虫，对小菜蛾田间种群的准确调查是开展预测预报的关键，而明确其种群发生动态规律直接影响小菜蛾田间综合防治效果（Li *et al*.，2012）。因此，规范田间小菜蛾种群的调查方法有利于对小菜蛾种群的发生与为害进行监测和预警，进而进行有效的防控。同时，作为抗药性最严重、抗药性发展速度最快的蔬菜害虫，抗药性监测是其抗药性治理的基础，而标准化小菜蛾抗药性监测方法是抗药性监测的关键，有利于指导制定区域性小菜蛾合理轮换用药治理策略，应用于小菜蛾抗性治理及防控中。本文结合国内外相关研究 （Talekar and Shelton，1993；尤民生和魏辉，2007；冯夏等，2011；Furlong，2013；郭磊等，2013），以及王艳青等（2009）《十字花科蔬菜病虫害测报技术规范第 3 部分：小菜蛾》（GB/T 23392.3-2009）和邵振润等（2013）《十字花科小菜蛾抗药性监测技术规程》（NY/T 2360-2013）等对小菜蛾的种群系统调查和抗药性监测方法系统描述如下。

1　田间卵量系统调查

出苗或移栽定植后开始调查，每 3 d 调查 1 次，收获后为止。调查的地块可选择在调查成虫的地块进行，调查点远离诱捕器。采用 5 点取样法，苗期每点固定 10 株共 50 株，成株期每点 5 株、共 25 株。也可根据当地作物生长情况调整取样点数和株数。由下至上翻看蔬菜叶片调查卵的数量。定植后的第一次调查时注意查卵的数量和位置，特别注意植物的基部、叶柄和叶片背面。

2　田间幼虫及蛹系统调查

出苗或移栽定植后开始调查，每 5 d 调查 1 次，收获后为止。北方地区在秋茬作物直至连续两周未查到幼虫为止。调查的地块可选择在调查成虫的地块进行，调查点远离诱捕器。采用 5 点取样法，苗期每点固定 10 株共 50 株，成株期每点 5 株、共 25 株。也可根据当地作物生长情况调整取样点数和株数。调查幼虫和蛹的数量在上午进行，由下至上翻看蔬菜叶片调查小菜蛾幼虫和蛹的数量。

3　田间成虫系统调查

3.1　目测法

播种出苗后 3 d 开始对田间成虫虫口密度进行监测。种植区域内随机选择 5 个观测点，每点约 1 m^2。每天 17：00 后（黄昏时分）通过快速过目结合惊飞调查每个点蔬菜上小菜蛾成虫数量。

3.2 网扫法

蔬菜生长后期，多数叶片相互叠加，并且蔬菜叶片较为柔软，可用扫网法调查。将直径 38 cm、网深 60 cm、网纱约 20 目、杆长 1 m 的捕虫网。网口置于蔬菜上部，网口向前作 S 形前进式扫网，每次连续扫 50 网，记录捕虫网内小菜蛾成虫的数量。

3.3　灯光诱集法

整个蔬菜生长周期均可用灯光诱集法调查小菜蛾成虫数量。研究表明，小菜蛾有特定的诱测光谱，即特异的趋光性。在主要蔬菜种植区视野开阔的地方设置 1 盏 20 W 多功能频振式虫情测报灯（董忠信等，2005）或黑光灯诱集成虫，要求其四周没有高大建筑物和树木遮挡。虫情测报灯（或黑光灯）的灯管下端与地表面垂直距离为 1.5 m。诱虫灯灯管一般每年更换一次。每日检查灯下成虫数量、性比。

3.4　性信息素诱集法

选择当地十字花科蔬菜主栽种类且连片种植的田块，设置相互距离 50 m 左右的屋脊型诱捕器 3～6 个，三角形或随机排列（章金明等，2012）。用细铁丝将橡胶诱芯固定在塑料水盆上方中央，诱芯口朝下，防止雨水冲淋其中的有效

成分，盆内加入 0.1%~0.2%洗涤灵（或适量洗衣粉）水溶液，水面距诱芯 1~1.5 cm，根据水分蒸发情况适时加水（性诱剂主要组分为顺-11-十六碳烯醛和顺-11-十六碳烯基乙酸酯），在傍晚设置较好，一般 16:00—18:00；诱捕器离作物顶端 10~20 cm；根据性诱剂使用地块的主要风向，将诱捕器设置于偏向上风口。在小菜蛾种群低密度时开始。测报虫情时，监测地放置 3~6 个诱捕器，诱捕器放置在监测地块的四周。诱杀成虫时田间设置 3~5 个诱捕器/667m^2（13 340 m^2 以下，5 个/667m^2）；地块周围诱捕器密度适当提高。研究表明，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）

4 越夏及越冬虫源调查

4.1 菜田内越夏调查

选择当地主要十字花科蔬菜不同类型田（不同蔬菜种类或不同播期）各 1 块定点调查。采取对角线 5 点取样法，每块田固定 5 点，每点植株小时定 10 株，植株较大时定 5 株。由下至上翻看蔬菜叶片，调查卵、幼虫、蛹的数量。

4.2 其他作物及杂草越夏情况调查

春茬十字花科作物收获后进行调查菜田周围的其他作物和杂草植物上小菜蛾数量。每块田或田边杂草地选 5 点，记录作物和杂草植物的名称，每点调查 1 m^2 面积内残株落叶或杂草上的幼虫和蛹的数量。秋茬作物定植后结束调查。

4.3 越冬情况调查

可在调查幼虫的菜田进行，北方地区在秋茬作物生长后期，选择有虫的植物，调查各虫态虫量后罩笼，第 2 年春季再调查笼内有小菜蛾各虫态及数量（熊立钢等，2010）。

5 抗药性监测

5.1 试材准备

5.1.1 试虫采集 选当地具有代表性的菜田 2~3 块，每块田随机多点采集生长发育较一致的小菜蛾高龄幼虫或蛹，每地采集高龄幼虫（蛹）1 000 头以上，置于事先放置甘蓝叶片的养虫盒中，供室内饲养。

5.1.2 试虫饲养 采集的幼虫在室内用小白菜饲养到成虫分批产卵，取 F_1 代 3 龄初期幼虫供试。

5.1.3 供试叶片 小白菜或甘蓝。用消毒的蛭石或土壤种植小白菜，生长至两片子叶时供试虫产卵。或用新采洁净无农药残留的甘蓝叶片剪成直径 6.5 cm 的圆片供试。建议采用温网室种植的甘蓝叶片测试或采购的甘蓝叶片经过超声波清洗处理，清除可能残留的药剂后使用。

5.2 药剂配制

原药用有机溶剂（如丙酮、乙醇等）溶解，加入质量容积比 10%的 Triton-X 100（或吐温 80），加工成制剂，并用蒸馏水稀释。根据预备试验结果，按照等比例方法设置 5～7 个系列质量浓度。每质量浓度药液量不少于 200 mL。每个浓度 4 次重复，每个重复处理 10 头试虫。

5.3 处理方法

将小白菜或甘蓝叶片剪成直径 6.5 cm 的圆片（避免主叶脉）。将叶片在药液中浸泡 10 s 后取出晾干（晾干时间为 25℃，2 h），将晾干的叶片放入直径 7 cm 的培养皿中，并接入 10 头小菜蛾 3 龄幼虫，覆盖双层吸水卷纸，最后盖上培养皿上盖。将其反面向上置于温度（25±1）℃，相对湿度 65%~70%，光照比 16 L∶8 D 的培养箱中。

5.4 结果检查

根据杀虫剂的速效性分别于接虫后的 48 h 或 96 h 检查。昆虫生长调节剂于药后 96 h 调查，速效性好的药剂于药后 48 h 调查。杀虫作用较慢的药剂，若 48 h 检查，死亡率没达到 90%，于 96 h 再检查一次。以小毛笔或尖锐镊子轻触虫体，不能协调运动视为死亡。

5.5　抗性水平的分级标准

根据《十字花科小菜蛾抗药性监测技术规程》及小菜蛾抗性监测专家组意见，确定小菜蛾抗药性水平分级标准，见表 1。

表 1　小菜蛾抗性水平的分级标准
Table 1　Levels of standardization of diamondback moth to pesticides

抗性水平分级 Resistance levels	抗性倍数（倍） Resistance ratio (ratio)
低水平抗性 Low-level resistance	RR＜10.0
中等水平抗性 Middle-level resistance	10.0≤RR＜100.0
高水平抗性 High-level resistance	100.0≤RR

6　讨论

小菜蛾为寡食性害虫，一般仅取食十字花科作物，其发生代数多，世代重叠现象严重，种群消长受地理条件、气候变化和耕作方式等多种因素的影响（尤民生和魏辉，2007），导致我国各地区小菜蛾灾变发生具区域性特点。因此，在制定小菜蛾区域性防控策略之前，首先应明确不同区域、不同耕作模式下小菜蛾种群灾变规律。而制定统一规范的系统调查方法是进行系统调查、阐明其种群变化规律的基础（冯夏等，2011）。应用规范的系统调查方法能够更准确分析温度、降雨（Wakisaka *et al.*，1991）和越冬越夏、迁飞等因素对种群发生动态的影响，有助于制定有效的区域性防治策略。

作为十字花科作物主要害虫的小菜蛾，目前其防控措施主要还是依赖化学防治，然而过度依赖极易诱导小菜蛾产生抗药性。

在防治效果下降的情况下，通常采用的办法是增加用药量或防治次数，导致小菜蛾的抗药性进一步升高，抗药水平成百倍、千倍的增加，最新药剂氯虫苯甲酰胺已经产生极高抗性（胡珍娣等，2012），形成了化学防治-防效降低-频繁施药或增加剂量-抗药性再增加的恶性循环。小菜蛾抗药性治理的最重要前提是开展长期有效的抗药性监测，而实行统一规范的抗药性监测方法是有效开展抗药性监测的重要基础。

近期，小菜蛾屋脊型诱捕器、抗药性早期检测试剂盒等新技术与新产品开始逐步进入示范与产业化阶段，将进一步增加小菜蛾种群调查和抗药性预测预警的技术手段、明显提高种群监测及抗药性预测预警能力，为小菜蛾种群准确测报、早期抗药性治理提供重要的技术保障。

参考文献 (References)

Furlong MJ, Wright DJ, Dosdall LM, 2013. Diamondback moth ecology and management: problems, progress, and prospects. *Annu.Rev. Entomol.*, 58(1): 517–541.

Harcourt DG, 1954.The biology and ecology of the diamondback moth, *Plutellama culipennis*, curtis, in Eastern Ontario. New York: PhD thesis.

Li Z, Zalucki MP, Bao H, Chen H, Hu Z, Zhang D, Lin Q, Yin F, Wang M, Feng X, 2012. Population dynamics and “outbreaks” of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) in Guangdong Province, China: Climate or failure of management? *J. Econ. Entomol.*, 105(3): 739–752.

Talekar NS, Shelton AM, 1993. Biology, ecology, and management of the diamondback moth. *Annu. Rev. Entomol.*, 38(1): 275–301.

Verkerk RHJ, Wright DJ, 1996. Multitrophic interactions and management of the diamondback moth: a review. *Bull. Entomol. Res.*, 86(3): 205–216.

Wakisaka S, Ritsuko T, Fussao N, 1991. Effects of natural enemies, rainfall, temperature and host plant on survival and reproduction and reproduction of the diamondback moth // Taleka NS(ed.). Diamondback Moth Management: Proceeding of the First International Workshop. Taiwan China: Asian Research and Development Center. 15–26

Zalucki MP, Shabbir A, Silva R, Adamson D, Liu SS, Furlong MJ, 2012. Estimating the economic cost of one of the world's major insect pests, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): Just how long is a piece of string? *J. Econ. Entomol.*, 105(4): 1115–1129.

戴建青，韩诗畴，杜家纬, 2010. 小菜蛾化学信息素研究进展及应用概况. 热带作物学报, 31 (7): 1218–1226. [Dai JQ, Han SC, Du JW, 2010. Research advances in the diamondback moth semiochemicals and its applications. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 31 (7): 1218-1226.]

董忠信, 陈阳, 张晓辉, 陈艳梅, 2005. 频振式杀虫灯防治甘蓝田小菜蛾应用效果研究. 内蒙古农业科技, (5): 35–35. [Dong ZX, Chen Y, Zhang XH, Chen YM, 2005. Effect analysis of frequency - vibrancypest - killing lamp control plutella xylostella (L.) in cabbage field. *Inner Mongolia Agricultural Science and Technology*, (5): 35-35.]

冯夏, 李振宇, 吴青君, 谌爱东, 吴益东, 侯有明, 何余容, 李建洪, 谢圣华, 章金明, 符伟, 马春森, 2011. 小菜蛾抗性治理及可持续防控技术研究与示范——公益性行业（农业）科研专项“小菜蛾可持续防控技术研究与示范”进展. 应用昆虫学报, 48(2): 247–253. [Feng X, Li ZY, Wu QJ, Shen AD, Wu YD, Hou YM, He YR, Li JH, Xie SH, Zhang JM, Fu W, Ma CS, 2011. Research progress of the resistance management and sustainable control of diamondback moth (Plutella xylostella) in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(2): 247-253.]

郭磊, 边全乐, 张宏军, 高希武, 梁沛, 2013. 小菜蛾抗药性监测方法——叶片药膜法. 应用昆虫学报, 50(2): 556–560. [Guo L, Bian QL, Zhang HJ, Gao XW, Liang P, 2013. Bioassay technique for plutella xylostella: leaf-dip method. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(2): 556-560.]

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. [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.]

李振宇, 谌爱东, 章金明, 林庆胜, 陈焕瑜, 张德雍, 胡珍娣, 尹飞, 冯夏, 2011. 不同性诱剂诱芯对小菜蛾引诱效果研究. 应用昆虫学报, 48(2): 324–327. [Li ZY, Shen AD, Zhang JM, Lin QS, Chen HY, Zhang DY, Hu ZD, Yin F, Feng X, 2011. Study on trapping effects of different kinds of sex pheromone to diamondback moth. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(2): 324-327.]

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药性监测技术规程.农业行业标准. [Shao ZR, Feng X, Zhang S, Li ZY, Huang JD, Chen HY, Hu ZD, 2013. NY/T 2360-2013, Guideline for insecticide resistance monitoring of plutella xylostella (L.) on cruciferous vegetables.]

熊立钢, 吴青君, 王少丽, 徐宝云, 朱国仁, 张友军, 2010. 小菜蛾越冬生物学特性研究. 植物保护, 36(2): 90–93. [Xiong LG, Wu QJ, Wang SL, Xu BY, Zhu GR, Zhang YJ, 2010. Biological characteristic of overwintering in the diamondback moth, plutella xylostella. *Plant Protection*, 36(2): 90-93.]

王艳青、姜玉英、邹寿发, 2009. GB/T 23392.3-2009,十字花科蔬菜病虫害测报技术规范第 3 部分：小菜蛾.中国国家标准. [Wang YQ, Jiang YY, Zou SF, 2009. Technical specification for the forecast of deseases and insects on cruciferous plants. Part 3: Plutella xylostella linnaeus. China National Standard.]

尤民生, 魏辉, 2007. 小菜蛾的研究. 北京：中国农业出版社. 35 – 42. [You MS, Wei H, 2007. The research of *Plutella xyllostella* (Linnaeus). Beijing : China Agricultural Press]

章金明, 吕要斌, 林文彩, 张蓬军, 黄芳, 郦卫弟, 贝亚维，张治军, 2012. 诱捕器形状对小菜蛾性诱剂诱捕效能的影响. 浙江农业科学, (7): 1004-1007. [Zhang JM, Lv YB, Lin WC, Zhang PJ, Huang F, Li WD, Bei YW, Zhang ZJ, 2012. The effects of trap shape on capture efficiency of *Plutella xyllostella* (Linnaeus). Zhejiang Agricultural Sciences, (7): 1004-1007]