

粉虱类害虫的监测预警与可持续治理技术透视^{*}

任顺祥^{1**} 邱宝利¹ 戈峰² 张友军³ 杜予州⁴ 陈学新⁵ 郭建英⁶ 林克剑⁶
彭正强⁷ 姚松林⁸ 胡雅辉⁹ 王联德¹⁰ 张文庆¹¹

(1. 华南农业大学资源环境学院 生物防治教育部工程研究中心 广州 510640; 2. 中国科学院动物研究所 北京 100101;
3. 中国农业科学院蔬菜花卉研究所 北京 100081; 4. 扬州大学园艺与植物保护学院 扬州 225009;
5. 浙江大学昆虫科学研究所 杭州 310029; 6. 中国农业科学院植物保护研究所 北京 100094;
7. 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所 儋州 571737; 8. 贵州省科学院 贵阳 550001;
9. 湖南省农科院植物保护研究所 长沙 410125; 10. 福建农林大学植物保护学院 福建 350002;
11. 中山大学 有害生物控制与资源利用国家重点实验室 广州 510275)

摘要 针对烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius)、温室白粉虱 *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood)、黑刺粉虱 *Aleurocanthus spiniferus* (Quaintance)、桑粉虱 *Pealius mori* (Takahashi)、禾粉虱 *Aleurocybotus indicus* David et Subramaniam 等粉虱害虫在我国暴发危害的现状,公益性行业科研专项“粉虱类害虫可持续治理技术研究与集成示范”项目组在华南、华东、华北、华中和西南等地区开展了粉虱类害虫的调查、监测、预警以及综合防控技术研究集成与示范。结果表明,烟粉虱在我国的发生区域超过 20 个省份,温室白粉虱在华北和西南地区,黑刺粉虱在华南、华东和西南地区也分布较广,桑粉虱在我国南方桑植区危害严重,禾粉虱在福建省闽东稻区发生为害逐年严重。利用 mt COI DNA 测序、SCAR 技术和 CAPS 等技术对 B 和 Q 型烟粉虱的鉴定结果显示, Q 型烟粉虱在我国的分布范围正在不断扩大。通过 Maxent 预测模型和 GIS 技术,预测了烟粉虱在我国的适生区、自然越冬北线和不同地区的发生世代数量。对烟粉虱的抗性监测结果表明,阿维菌素和烯啶虫胺是目前华北地区防治烟粉虱较为理想的药剂,而对联苯菊酯、噻虫嗪、啶虫脒和吡虫啉等药剂均产生了不同程度的抗性。研究了苜蓿诱集、黄板诱杀、天敌昆虫和病原微生物对粉虱类害虫的控制作用,并在华南、华东、华北、华中和西南等地区建立了 12 个示范基地,分别在不同地区开展了粉虱类害虫的综合防治技术的示范和推广,累计印刷技术宣传手册 12.4 万份,培训各类农民和基层农技人员 5.43 万人次,累计示范面积 4.3 千公顷次,技术辐射超过 4 万公顷次,取得了显著的经济、社会和生态效益。

关键词 粉虱, 监测预警, 抗性监测, 天敌生防物, 可持续控制, 示范推广

Research progress of the monitoring, forecast and sustainable management of whitefly pests in China

REN Shun-Xiang^{1**} QIU Bao-Li¹ GE Feng² ZHANG You-Jun³ DU Yu-Zhou⁴
CHEN Xue-Xin⁵ GUO Jian-Ying⁶ LIN Ke-Jian⁶ PENG Zheng-Qiang⁷ YAO Song-Lin⁸
HU Ya-Hui⁹ WANG Lian-De¹⁰ ZHANG Wen-Qing¹¹

(1. College of Natural Resources and Environment, South China Agricultural University, Engineering Research Centre of Biological Control; Ministry of Education, Guangzhou 510642, China;
2. Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;
3. Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China;
4. College of Horticulture and Plant Protection, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China;
5. Institute of Insect Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China;

* 资助项目:公益性行业(农业)科研专项(200803005)。

**项目首席专家, E-mail: rensxcn@yahoo.com.cn

收稿日期:2010-12-23, 接受日期:2011-01-07

6. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China;
7. Institute of Plant and Environment Protection, TASC, Danzhou 571737, China;
8. Institute of Biology, Guizhou Academy of Sciences, Guizhou 550009, China;
9. Institute of Plant Protection, Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha 410125, China;
10. College of Plant Protection, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China;
11. State Key Laboratory of Biocontrol, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract Investigation, monitoring, forecast and integrated management of several whitefly pests, including *Bemisia tabaci* (Gennadius), *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood), *Aleurocanthus spiniferus* (Quaintance) and *Pealius mori* (Takahashi) and *Aleurocybotus indicus* (David et subramaniam), were carried out in south, southeast, north, southwest and central China. The results indicate that *Bemisia tabaci* has been recorded in more than 20 provinces and the other species are distributed as follows; *Trialeurodes vaporariorum* in north and southwest China, *Aleurocanthus spiniferus* in south, southeast, and southwest China, *Pealius mori* in south China and *Aleurocybotus indicus* in eastern Fujian Province. The identification of the Q and B biotypes of *B. tabaci* using mt COI DNA sequencing, SCAR and CAPS methods revealed that the Q biotype is increasing its range and has displaced the B biotype in several regions. Suitable habitat, northern overwintering boundary and the number of generations in different regions were forecast using the Maxent model and GIS technology. The results of chemical resistance detection indicate that abamectin and nitenpyr are the best pesticides for the control of *B. tabaci*, which is more resistant to bifenthrin, thiamethoxam, acetamiprid and imidacloprid. The relative effectiveness of controlling whiteflies using abutilon plants and yellow sticky traps, insect natural enemies and spraying entomopathogenic fungal pesticides, was investigated and methods and strategies of integrated management proposed. Twelve bases were established for the technological demonstration of integrated whitefly management in South, North, Central, Southeast and Southwest China. During these demonstrations, more than 124 thousand technical handbooks were delivered and 54.3 thousand farmers trained on 4 300 hm² of farms and orchards. This program had obvious economic, ecological and social benefits.

Key words whitefly pests, monitoring, forecast, chemical resistance detection, biological control regents, sustainable management, demonstration

粉虱 (whitefly), 也称白粉虱, 属于同翅目 (Homoptera) 粉虱科 (Aleyrodidae), 是一类以刺吸式的口器取食植物汁液的小型昆虫。目前世界上粉虱种类超过 1 500 种 (Inbar and Gerling, 2008), 在我国已经报道粉虱的种类约有 170 种 (闫凤鸣和李大建, 2000)。粉虱同蚜虫、介壳虫等昆虫相似, 若虫和成虫均能危害植物, 通过其针状的刺吸式口器刺入植物的组织, 吸食植物的汁液。由于粉虱群集为害, 大量吸食植物的营养成分, 植物的生长受到影响。同时, 粉虱能在植物的叶片分泌大量的蜜露, 很容易滋生黑色的煤污病菌, 引起煤污病的发生, 不但影响植物的呼吸和光合作用 (De Barro, 1995; Oliveira et al., 2001), 影响植物生长或果实的产量, 同时也会污染植物和果实, 降低其外观和品质 (Schuster et al., 1990; Segarra-Carmona et al., 1990)。更为重要的是, 烟粉虱等粉虱类害虫是许多病毒病的重要传播媒介, 尤以双生病毒组的病毒最甚, 传毒种类多达 110 余种 (Jones, 2003), 在葫芦科 (Cucurbitaceae)、豆科

(Leguminosae)、大戟科 (Euphorbiaceae)、锦葵科 (Malvaceae) 及茄科 (Solanaceae) 上最易传播双生病毒 (Bedford et al., 1994); 其次是传播长线形病毒组、香石竹病毒组及马铃薯病毒组的病毒。粉虱类害虫在世界各地危害, 已对农业生产造成巨大损失。

在我国, 对农业生产存在较大威胁的粉虱种类约有 5 ~ 6 种, 包括烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius)、温室白粉虱 *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood)、黑刺粉虱 *Aleurocanthus spiniferus* (Quaintance)、柑桔粉虱 *Dialeurodes citri* (Ashmead)、桑粉虱 *Pealius mori* (Takahashi)、稻粉虱 *Aleurocybotus indicus* David et Subramaniam 以及新入侵我国海南省的螺旋粉虱 *Aleurodicus disperses* Russell 等。烟粉虱早在 20 世纪 40 年代在我国就已有记载 (Chou, 1949), 但发生为害一直不严重, 未列入主要害虫, 直至 20 世纪 90 年代中期, 由于 B 型烟粉虱的入侵 (罗晨等, 2002; Qiu et al., 2003), 烟粉虱在我国南方和北方相继暴发, 危害

之严重使得广东多个棚室蔬菜生产基地出现绝收情况(王振中等,1999),北京地区的番茄损失超过七成(胡敦孝和吴杏霞,2001)。温室白粉虱的为害同烟粉虱有许多相似之处,包括吸食植物营养,若虫和成虫分泌大量蜜露,影响植物的光合作用和引发煤污病等,曾在20世纪80—90年代期间对我国北方的棚室蔬菜的生产造成过严重的损失,但在90年代中期后,温室白粉虱逐渐被烟粉虱所取代。目前,烟粉虱和温室白粉虱主要危害我国的蔬菜、花卉和园林植物生产;而黑刺粉虱、柑桔粉虱等种类主要在柑橘园、茶园等果树和经济作物上危害,间歇性暴发,其造成的损失也不容忽视;近年来,桑树种植区域呈现“东桑西移”的格局,桑粉虱在云南省和四川省的金沙江流域发生危害逐年扩大,防治难度越来越困难。稻粉虱在福建省闽东地区和福州地区以及海南三亚水稻上发生为害逐年严重,其中闽东地区发生面积最大,为害最为严重。

尽管粉虱类害虫在我国危害时间较长,但对其控制技术多年来一直依靠化学防治,随着B型烟粉虱的入侵、烟粉虱及温室白粉虱等种群的抗药性不断增加,粉虱类害虫在我国的危害范围不断扩大,危害程度不断升级,单纯的化学防治已失去了良好的效果(Qiu *et al.*, 2007; Alon *et al.*, 2008; Nauen *et al.*, 2008)。因此,对粉虱害虫的发生进行监测预警,抑制各类粉虱害虫的扩散与蔓延,研发其可持续防控技术已成为当前我国农业生产亟待解决的重要问题。2008年8月,“粉虱类害虫可持续治理技术研究与集成示范”公益性行业科研专项获得农业部立项,由华南农业大学、中国农业科学院蔬菜花卉研究所与植物保护研究所、中国科学院动物研究所、浙江大学等10家单位40多名专家学者和研究生组成的科研队伍,经过3年的刻苦攻关,在我国粉虱害虫的发生、危害特点、灾变规律等方面做了大量的研究工作,研发和制定出了长效的监测预警和应急防控技术,并在华南、华东、华北、西南等全国7个区域开展了粉虱害虫的可持续控制技术示范工作,本文就其取得的主要进展进行综述介绍。

1 我国不同地区主要农作物上粉虱害虫的种类与为害程度

在我国华南、华北、华东、华中、西南五个地

区,重点调查了水稻、蔬菜、棉花、茶叶、果树、花卉等农作物上粉虱类害虫的主要种类、生物型及发生危害。结果表明,在北京、山东和河北等华北地区,危害蔬菜、棉花和花卉等作物的粉虱类群主要是烟粉虱和温室白粉虱。在北京世界花卉大观园、山东寿光的蔬菜基地上烟粉虱的危害程度已经达到5级(分级标准参照邱宝利等(2001)的方法);在中国农业科学院植物保护研究所廊坊实验基地的棉花上,烟粉虱的数量在夏初开始即呈上升趋势,危害程度也在3~4级之间。

华南地区的调查表明,烟粉虱和黑刺粉虱在海南18个县(市)区均有分布,主要以三亚、保亭、乐东、东方和儋州分布危害较多。烟粉虱寄主植物超过40种,其中西瓜、茄子、一品红、西红柿、南瓜、豇豆和黄瓜为主,为害程度严重的寄主可达4级以上,其次对丝瓜、西葫芦、冬瓜、扶桑等也有一定的危害,其为害程度介于1~2级之间。黑刺粉虱主要发生在以椰子树和槟榔树分布较多的文昌、万宁、陵水、保亭、乐东、三亚等地,寄主植物中以椰子、槟榔和柑桔为害最为严重,危害程度严重的可以达到4级以上。

在西南地区的贵阳及黔南地区,调查记录到粉虱寄主植物30种,其中温室粉虱寄主18种,烟粉虱寄主9种,黑刺粉虱寄主6种,尤其喜食柑橘、茶树;温室白粉虱分布范围较广,在多个采集点都可以找到,而烟粉虱主要集中分布在黔南的荔波、罗甸、惠水等地。黑刺粉虱和柑桔粉虱在贵阳地区、黔南地区和湖南省各茶场、柑橘园皆有分布,危害程度在1~2级之间(肖伏莲等,2009;刘曼等,2010)。

在华东地区,烟粉虱的发生覆盖了江苏的绝大部分地区,所采集的寄主范围也十分广泛,包括棉花、蔬菜、杂草和花卉等。通过连续5年对江苏地区烟粉虱发生和分布情况的监测发现,B型烟粉虱的分布范围正由原遍布全省逐渐向苏北地区缩小,而Q型烟粉虱的分布和发生情况恰恰相反,分布范围正逐渐由苏南向苏北扩散,并遍及全省。

从粉虱对不同地区的为害程度看,气温较高的省份粉虱为害严重,而以高寒地区为害最轻。其中,福建和湖南遭受粉虱的为害程度最大,其次是江苏、湖北和江西,而粉虱在东北、内蒙和西藏发生严重为害的记录较少(图1,地图资料从国家基础地理信息中心网站 <http://nfgis.nsdi.gov.cn> 下载。)

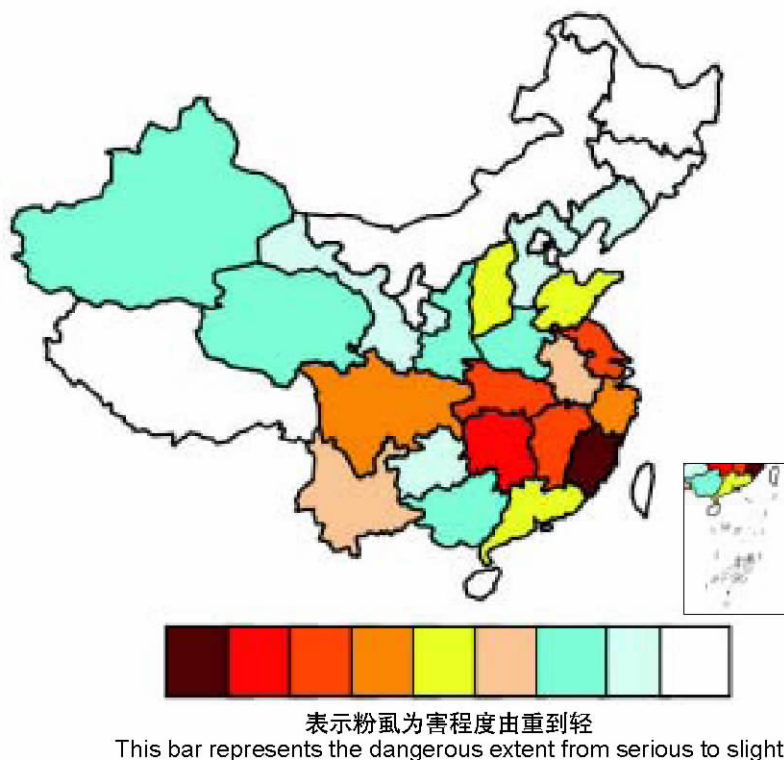


图 1 粉虱类害虫在中国不同省份的相对为害程度

Fig. 1 The relative damage degree of whitefly pests in different provinces of China

针对入侵型烟粉虱,在 19 个省份进行了样品采集和 PCR 检测。结果表明,在采集的 61 个种群中有 44 个种群属于 Q 生物型,分布于 14 个省份的 44 个采样点,而 B 生物型只分布于 9 个省份的 17 个采样点。野外调查发现,B 型烟粉虱在国内的分布范围正逐渐缩小,部分地区有被 Q 型烟粉虱取代的趋势(图 2 张友军等,未发表资料)。

2 烟粉虱发生危害检测预警技术体系的建立

2.1 烟粉虱在我国的适生区分析

收集了全国已发生的烟粉虱分布点经纬度、海拔、年均降雨量、年均温度、年均温度变幅、1 月平均温、7 月平均温、年均最高温、年均最低温等多个变量因子,采用的 Maxent 预测模型,用 GIS 软件预测了烟粉虱的我国的适生区分布图(图 3),可知我国的华南、华东和华北的南部是烟粉虱在我国的主要适生区。

2.2 我国不同区域烟粉虱发生世代预测

根据室内试验所得出的烟粉虱世代发育历期参数、近 10 年我国各地的气象资料,通过利

用 ArcGis 的 Kriging 插值法绘制了烟粉虱发生的 16 级预测图(图 4)。图 4 表明,不同地区烟粉虱的发生情况存在差异,在西藏青海等省份烟粉虱发生世代在 0~1 代之间,山东、河南、重庆一带烟粉虱世代在 7~15 代之间,而发生代数最多的是广东、广西、海南 3 省,1 年为 11~15 代。

2.3 烟粉虱的发生、分布、监测等信息网络平台构建

基于以上研究,建立了烟粉虱监测预警信息平台(http://www.ipm.ioz.ac.cn/them_gefeng/fenshi/index.asp)。登陆该平台可以获得烟粉虱的生物学、生态学、预测预报与防治方法,也可以了解烟粉虱在我国田间越冬的北界、可能发生的世代数、各地早春出现的时间、各地晚秋消失时间、未来全球变暖的发生态势等。目前正在利用该平台分析温室白粉虱和黑刺粉虱的预测与监测工作,为我国粉虱类害虫的预测与防控奠定了扎实的基础。



图2 烟粉虱 B 和 Q 型在中国的分布区域 (2009. 12)

Fig. 2 The distribution of *B. tabaci* biotype B and Q in China

3 重要粉虱种群的遗传分化与地理分布分析

先后研究获得确定了不同粉虱种类的形态鉴定技术、不同地理种群烟粉虱的快速检测技术 3 套,包括 mt COI DNA 和 16S rDNA 测序技术、SCAR 技术和 CAPS 技术(刘循等 2009; Qiu *et al.* 2009; 滕海媛等 2009)。采用 mt COI 分子标记和 SCAR 分子标记的方法对在全国范围内采集的近百个烟粉虱样本进行了生物型鉴定,确定了 Q 型烟粉虱在我国的分布现状。结果表明:从 2003 年首次发现至 2007 年间,Q 型烟粉虱在我国发生了快速扩张,其入侵范围已经从最初的云南昆明扩大至全国 14 个省、市、自治区范围内的共 60 多个地区(Ahmed *et al.* 2009; 刘国霞等 2009; 沈媛等, 2010)。分析结果还表明,Q 型烟粉虱在我国的地

理分布具有不平衡性并且在不同地区的入侵程度有所不同。在经济较发达、交通相对频繁的东南部省区,Q 型烟粉虱分布较普遍,大部分地区(如浙江杭州、湖北襄樊和武汉、江苏扬州、海南三亚、福建福州)Q 型烟粉虱所占供试样本的比例大于 50%;而相对经济落后的西部地区(如甘肃、陕西、贵州、广西)虽然也有 Q 型烟粉虱存在,但其比例均低于 50%;表明 Q 型烟粉虱在我国的分布和入侵程度可能与人类活动有着密切的关系。

4 重要粉虱的抗药性监测及抗性治理

针对目前对粉虱害虫抗药性的监测比较混乱、所用的药剂及所参考的敏感种群都参差不齐的情况,通过统一的粉虱害虫抗药性监测的药剂、敏感基线以及监测技术规程,对北京、山东、广州、福州、长沙、扬州、三亚、贵州等地的粉虱种群进

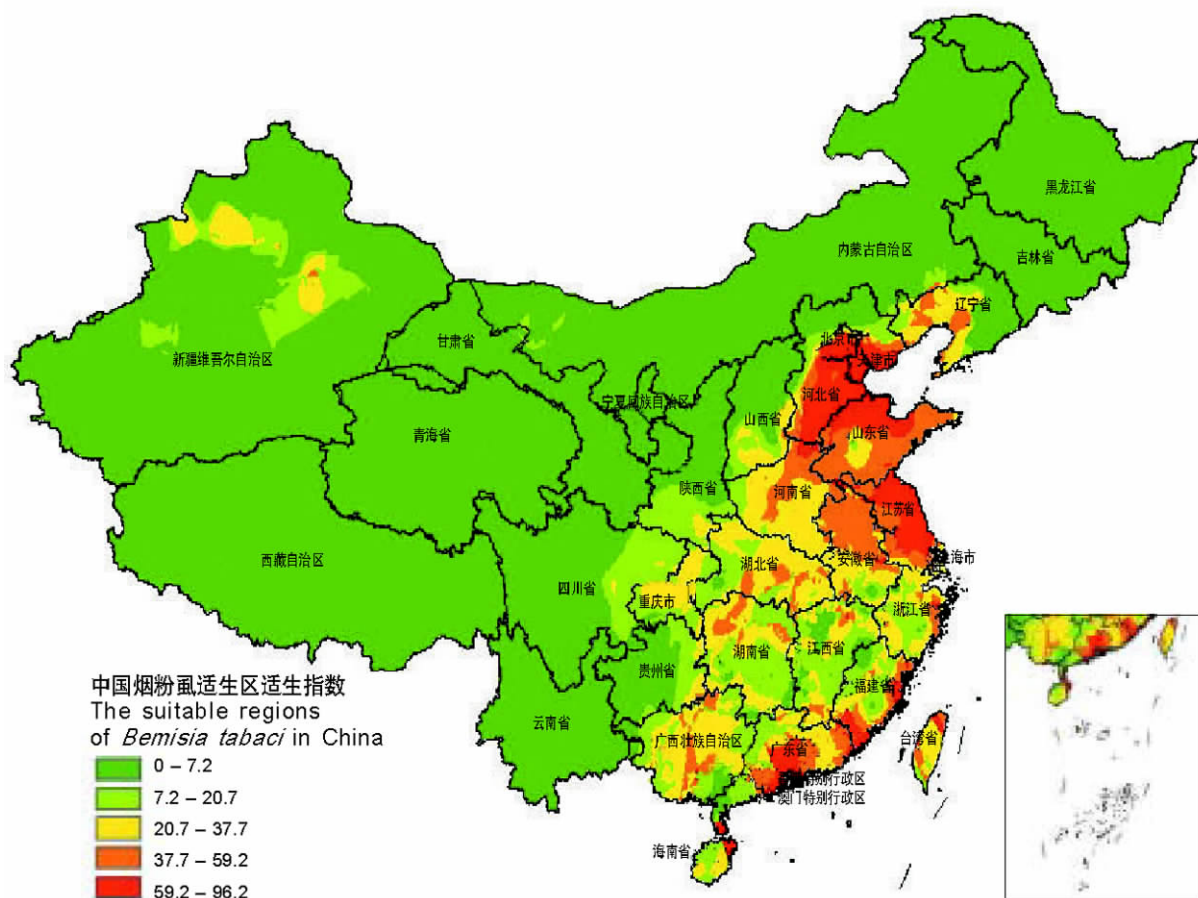


图3 中国烟粉虱适生区预测图

Fig. 3 The predictive map of suitable regions of *B. tabaci* in China

行了抗药性测定 (Qiu *et al.* 2009), 取得了很好的结果。以北京地区的烟粉虱种群为例, 采用琼脂浸叶法对其进行了抗药性测定, 所用化学药剂包括烯啶虫胺、阿维菌素、联苯菊酯、噻虫嗪、啉虫脒、吡虫啉和毒死蜱等。结果表明, 阿维菌素目前仍是北京地区防治烟粉虱的理想药剂, LC_{50} 为 0.301 mg/L, 烯啶虫胺对烟粉虱的毒杀活性次之, LC_{50} 为 17.9 mg/L; 烟粉虱对联苯菊酯已产生了抗药性, 而对新烟碱类杀虫剂已达较高水平抗性, 对噻虫嗪的 LC_{50} 达 639 mg/L, 而啉虫脒和吡虫啉对烟粉虱效果很差, 其 LC_{50} 则分别达 1 141 mg/L 和 7 142 mg/L, 已经不适合于烟粉虱的防治。

5 烟粉虱寄主转移规律及其生态控制技术研究

系统调查了华南、华东和华北地区烟粉虱、温

室白粉虱等粉虱害虫的寄主选择与转移规律, 发现华北地区烟粉虱的季节寄主转移大致可分为三个阶段: 一是 10 月底至 11 月中旬从大田棉花等经济作物迁移到周边杂草及越冬寄主上; 二是 3 月底至 4 月初从越冬寄主迁移到春季作物蔬菜、花卉和杂草上危害; 三是 5 月中旬至 6 月初从春季作物和杂草上迁移到大田棉花等作物上为害。

利用不同作物的诱集和驱避 (即推-拉策略) 作用, 对粉虱类害虫进行生态防控。2008—2009 年期间, 在河北廊坊种植苘麻, 利用烟粉虱嗜食苘麻的习性, 种植苘麻诱集带诱集烟粉虱成虫取食和产卵, 而后集中施药灭杀取得了成功。在棉花和大豆生长早期, 烟粉虱最先在早播的苘麻上发生, 诱集效果达 85.2%; 中播和晚播苘麻对棉花和大豆生长中、后期的烟粉虱诱集效果显著, 分别达到 93.3% 和 95.4% (林克剑等 2006; 2008)。

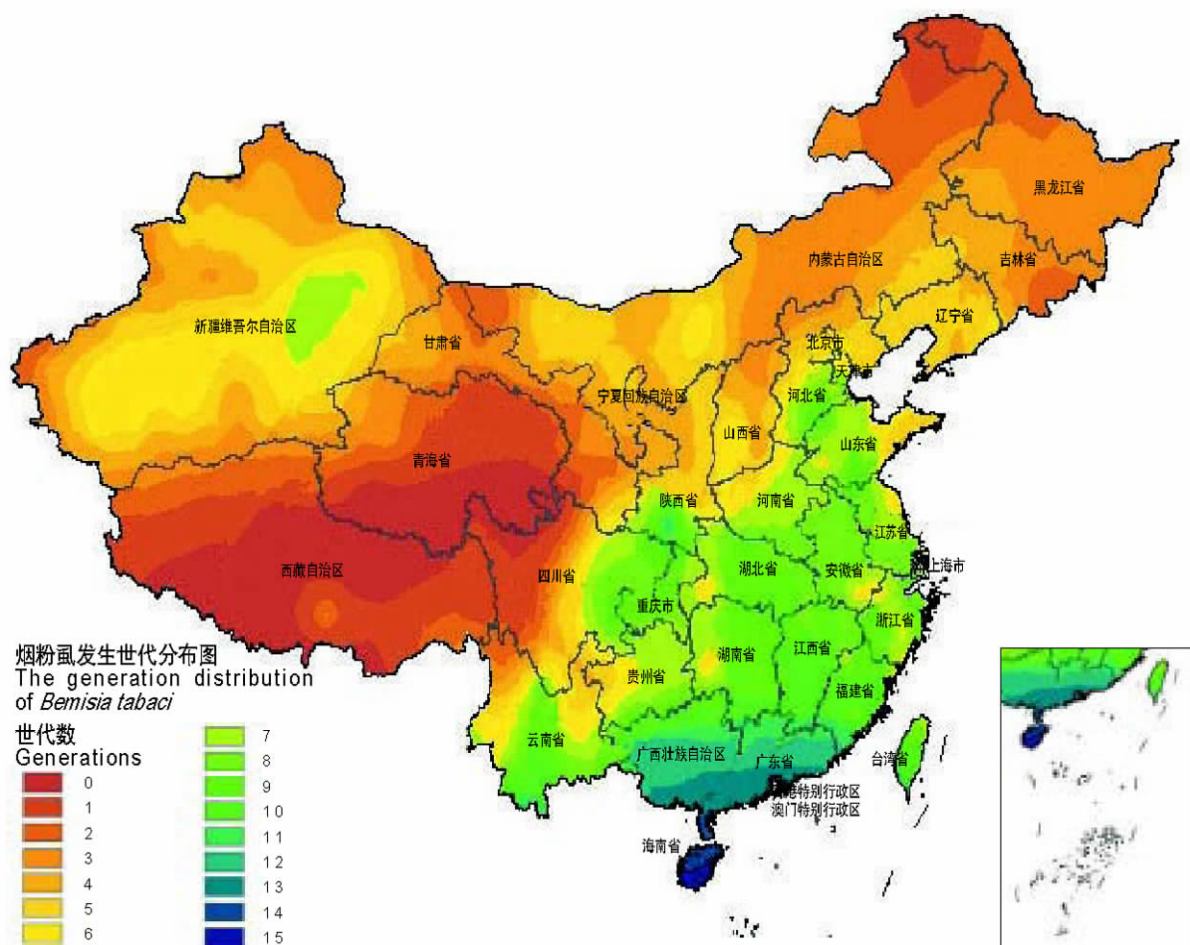


图4 烟粉虱发生世代数分布图

Fig.4 The generations of whitefly pests in different provinces of China

6 重要粉虱类害虫的物理和生物防治技术研发

黄板诱杀、银膜驱避、纱网阻隔等物理措施都可以减少粉虱类害虫的危害。黄板一方面可诱杀成虫,另一方面也可提供监测(邱宝利和任顺祥,2006)。在烟粉虱成虫盛发期内,利用烟粉虱对黄色的强烈趋性,在田间设置黄板,可有效诱杀成虫。在华北和华南地区的田间试验结果表明,插板21 d后的成虫、若虫和卵的虫口减退率分别为72.2%~79.4%、74.8%~86.2%和65.5%~73.3%。江苏和浙江地区的黄板检测结果表明,烟粉虱成虫夏季每天出现高峰的时间是7:00—10:00,秋季出现高峰时间是的8:00—11:00和16:00—18:00,在高峰期悬挂黄板诱集烟粉虱会取得最佳的效果。

在粉虱类害虫的生物防治方面,调查了全国23个省份,采集到粉虱类害虫的天敌寄生蜂56种、捕食性天敌54种、昆虫病原真菌7种(Huang *et al.* 2008; Hu *et al.* 2009; Olleka *et al.* 2009; 吴琼等 2009; 苗静等 2010a; 2010b),撰写了粉虱类害虫的天敌种类名录1份(Li *et al.* 2011),确定了烟粉虱在华南地区的优势天敌种类,包括桨角蚜小蜂 *Eretmocerus* sp. nr. *fulvipes*、双斑蚜小蜂 *Encarsia bimaculata*、淡色斧瓢虫 *Axinoscymnus cardilobus*等,并制定寄生性和捕食性天敌的室内大量繁殖技术操作规程,为推进粉虱类害虫的生物防治奠定了扎实的基础。

7 重要粉虱类害虫可持续治理技术体系集成与示范推广

自2009年3月开始,针对华北和华东地区农

田系统、华南地区特色蔬菜生态系统、华中和西南地区柑桔与茶园生态系统,开展了蔬菜烟粉虱与温室白粉虱、水稻禾粉虱、桑园桑粉虱、桔园和茶园黑刺粉虱的可持续治理技术集成及示范推广工作。在示范与推广工作中,研发示范队伍明确培训对象,针对不同文化水平的农民、粉虱害虫种类及其发生危害规律,紧密结合其农作物生产的实际情况,确定重点培训、示范和推广的内容。通过举办技术培训、集市科技咨询活动,派送粉虱害虫防治技术材料等活动,使广大农户掌握了各地区粉虱防控的综合防治技术,大大提高了他们的生产效率。初步统计,自粉虱害虫综合防治技术示范推广实施以来,已先后推广棉田 800 公顷,蔬菜 2.3 千公顷,柑桔园 700 公顷,茶园 500 公顷,累计技术辐射超过 4 万公顷次。在示范区,农民科学、合理、适时用药意识增强,化学农药使用量减少了 24%,农产品品质不断提升。

8 展望

粉虱类害虫的治理,是一项系统工程,需要政府的大力支持、高等院校和科研院所通力配合。展望未来,粉虱类害虫的防控仍需要在以下 4 个方面加大研发和示范力度:(1)完善粉虱类害虫预警监测技术系统;(2)集成粉虱抗药性分子检测与农药安全使用技术;(3)粉虱类害虫生防作用物(寄生蜂、捕食性天敌及病原真菌)的利用及规模化生产技术;(4)菜田、果园等不同生态系统粉虱类害虫的综合治理关键技术集成等。

参考文献 (References)

- Ahmed MZ, Shen Y, Jin GH, Ren SX, Du YZ, Qiu BL, 2009. Population and host plant differentiation of the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae), in East, South and Southwest China. *Acta Entomol. Sin.*, 52 (10): 1132—1138.
- Alon M, Alon F, Nauen R, Morin S, 2008. Organophosphates' resistance in the B-biotype of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) is associated with a point mutation in an ace1-type acetylcholinesterase and overexpression of carboxylesterase. *Insect Biochem. Mol. Biol.*, 38: 940—949.
- Bedford ID, Briddon RW, Brown JK, Rosell RC, Markham PG, 1994. Geminivirus transmission and biological characterization of *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotypes from different geographic regions. *Ann. Appl. Biol.*, 125: 311—325.
- Chou I, 1949. List of whitefly species in China. *J. Chinese Entomol.*, 3: 1—18.
- De Barro PJ, 1995. *Bemisia tabaci* biotype B: a review of its biology, distribution and control. *CSIRO Technical Paper*, No 36. 58.
- 胡敦孝, 吴杏霞, 2001. 银叶粉虱发生的指示植物—西葫芦银叶. *植物检疫*, 15 (3): 132—136.
- Hu QB, An XC, Jin FL, Freed S, Ren SX, 2009. Toxicities of destruxins against *Bemisia tabaci* and its natural enemy, *Serangium japonicum*. *Toxicon*, 53: 115—121.
- Huang Z, Ren SX, Musa PD, 2008. Effects of temperature on development, survival, longevity, and fecundity of the *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae) predator, *Axinoscymnus cardilobus* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biol. Control*, 46: 209—215.
- Inbar M, Gerling D, 2008. Plant-mediated interactions between whiteflies, herbivores, and natural enemies. *Annu. Rev. Entomol.*, 53: 431—448.
- Jones DR, 2003. Plant viruses transmitted by whiteflies. *Eur. J. Plant Pathol.*, 109: 195—219.
- Li SJ, Xue X, Ahmed MZ, Ren SX, Qiu BL, 2011. Host plants and natural enemies of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in China. *Insect Science*, 18 (1): 101—120.
- 林克剑, 吴孔明, 张永军, 郭予元, 2006. 利用诱集寄主苘麻防治 B 型烟粉虱的研究. *中国农业科学*, 39 (7): 1379—1386.
- 林克剑, 吴孔明, 张永军, 郭予元, 2008. 棉田种植苘麻诱集 B 型烟粉虱机制研究. *应用与环境生物学报*, 14 (2): 167—171.
- 刘国霞, 陶云荔, 褚栋, 2009. 山东省烟粉虱地理分布及部分地区种群动态调查. *山东农业大学学报*, 40 (2): 205—208.
- 刘曼, 王济红, 任春光, 向准, 姚松林, 2010. 西南地区主要粉虱害虫的分布与危害. *西南农业学报*, 23 (3): 728—734.
- 刘循, 万方浩, 张桂芬, 2009. 可用于黑刺粉虱快速鉴定的 SCAR 分子标记技术. *昆虫学报*, 52 (8): 895—900.
- 罗晨, 姚员, 王戎疆, 闫凤鸣, 胡敦孝, 张芝利, 2002. 利用 mtDNA COI 基因序列鉴定我国烟粉虱的生物型. *昆虫学报*, 45 (6): 759—763.
- 苗静, 邱宝利, 任顺祥, 2010a. 益害比对沙巴拟刀角瓢虫与越南斧瓢虫捕食烟粉虱行为的影响. *环境昆虫学报*, 32 (2): 230—234.
- 苗静, 邱宝利, 任顺祥, 2010b. 烟粉虱天敌沙巴拟刀角瓢虫与越南斧瓢虫的捕食行为研究. *昆虫知识*, 47 (4): 700—702.
- Nauen R, Bielza P, Denholm I, Gorman K, 2008. Age-specific

- expression of resistance to a neonicotinoid insecticide in the whitefly *Bemisia tabaci*. *Pest Manag. Sci.*, 64: 1106—1110.
- Oliveira MRV, Henneberry TJ, Anderson P, 2001. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. *Crop Prot.* 20(9): 709—723.
- Olleka A, Mandour N, Ren SX, 2009. Effect of host plant on susceptibility of whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales). *Biocontrol Sci. Tech.*, 19: 717—727.
- Qiu BL, Chen YP, Liu L, Peng WL, Li XX, Ahmed MZ, Mathur V, Du YZ, Ren SX, 2009. Identification of three major *Bemisia tabaci* biotypes in China based on morphological and DNA polymorphisms. *Progress in Natural Science*, 19: 713—718.
- Qiu BL, De Barro PJ, He YR, Ren SX, 2007. Suitability of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) instars for the parasitization by *Encarsia bimaculata* and *Eretmocerus* sp. nr. *furushii* (Hymenoptera: Aphelinidae) on glabrous and hirsute host plants. *Biocontrol Sci. Tech.*, 17(8): 823—839.
- Qiu BL, Liu L, Li XX, Mathur V, Qin ZQ, Ren SX, 2009. Genetic mutations associated with chemical resistance in the cytochrome P450 genes of invasive and native *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) populations in China. *Insect Science*, 16: 237—245.
- 邱宝利, 任顺祥, 2006. 利用黄板监测烟粉虱及其寄生蜂的种群动态. *昆虫知识*, 43(1): 53—56.
- Qiu BL, Ren SX, Wen SY, Mandour NS, 2003. Biotypes identification of the populations of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in China using RAPD-PCR. *Acta Entomol. Sin.*, 46(5): 605—608.
- 邱宝利, 任顺祥, 孙同兴, 林莉, 邝灼彬, 2001. 广州地区烟粉虱寄主植物调查初报. *华南农业大学学报*, 22: 43—47.
- 沈媛, 杜予州, 金桂华, 邱宝利, 郑福山, 任顺祥, 2010. 基于 16S rDNA 基因的中国部分地区非 B 型烟粉虱系统发育关系分析. *昆虫学报*, 53(1): 82—90.
- Schuster DJ, Mueller TF, Kring JB, Price JF, 1990. Relationship of the sweetpotato whitefly to a new tomato fruit disorder in Florida. *Horticul. Sci.* 25: 1618—1620.
- Segarra-Carmona AE, Bird J, Escudero J, 1990. Silvering of *Cucurbita moschata* associated with *Bemisia tabaci* Genn. (Homoptera: Aleyrodidae) in Puerto Rico. *J. Agri. Uni. Puerto Rico*, 74: 477—478.
- 滕海媛, 吴青君, 徐宝云, 朱国仁, 王少丽, 张友军, 2009. SRAP 技术研究烟粉虱遗传多样性. *昆虫知识*, 46(1): 139—144.
- 王振中, 任顺祥, 李学文, 1999. 广东省设施条件下蔬菜主要病虫害发生趋势. *华南农业大学学报*, 20(增刊): 57—62.
- 吴琼, 皇甫伟国, 高明清, 魏书军, 柴伟钢, 黄建, 刘树生, 陈学新, 2009. 寄生烟粉虱的桨角蚜小蜂新记录种. *昆虫分类学报*, 31(4): 310—314.
- 肖伏莲, 胡雅辉, 戈峰, 2009. 湖南柑桔黑刺粉虱的发生规律及生物学特性研究. *湖南农业科学*, (12): 75—76, 86.
- 闫凤鸣, 李大建, 2000. 粉虱分类的基本概况和我国常见种的识别. *北京农业科学*, (增刊): 20—30.