吉林省中西部棉铃虫发生规律及虫源分析

孙 嵬[1], 程志加[2], 赫思聪[2], 苏前富[1], 杨 微[1],
周佳春[1], 高月波[1*], 雷有荣[2], 王 迪[2]

(1. 吉林省农业科学院植物保护研究所, 农业部东北作物有害生物综合治理重点实验室, 公主岭 136100;
2. 吉林农业大学农学院, 长春 130118)

摘要 近年来,棉铃虫在吉林省各地区玉米田为害,成为了潜在的玉米穗部重要害虫。明确棉铃虫在吉林省的种群动态、虫源性质,对其早期预警与综合防控具有重要意义。本研究在吉林省中西部的公主岭市,综合运用常规监测、卵巢解剖、田间调查、气象分析、轨迹分析等技术和方法,对棉铃虫的发生时间、发生世代、虫源地、迁飞情况进行了初步研究。结果表明,8 月上旬—10 月上旬为棉铃虫成虫发生期,其中 8 月中旬—9 月下旬是发生高峰期。棉铃虫成虫在当地发生 2 代(第 3 代和第 4 代),第 3 代为迁入世代,第 3 代高峰期的虫源主要来自于辽宁省部分地区。第 4 代主体为本地繁殖世代,其为害期正值当地玉米灌浆至蜡熟期。第 4 代棉铃虫成虫羽化后滞留本地的种群因气候以及食物原因而消亡。迁出期的风向不利于棉铃虫种群回迁。

关键词 棉铃虫; 种群动态; 虫源性质; 轨迹分析

中图分类号: S 435.132 **文献标识码**: A **DOI**: 10.16688/j.zwbh.2018529

Occurrence and resource of *Helicoverpa armigera* (Hübner) in midwest of Jilin province

SUN Wei[1], CHENG Zhijia[2], HE Sicong[2], SU Qianfu[1], YANG Wei[1],
ZHOU Jiachun[1], GAO Yuebo[1*], LEI Yourong[2], WANG Di[2]

(1. *Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Northeast, Ministry of Agriculture, Institute of Plant Protection, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling* 136100, *China*;
2. *College of Agronomy, Jilin Agricultural University, Changchun* 130118, *China*)

Abstract *Helicoverpa armigera* (Hübner) is becoming a pest of maize ear and causes serious damage to maize in Jilin province in recent years. Understanding the occurrence dynamics and migration pathways is important to monitor and control the pest. In this study, the occurrence period, generation, source areas and migration of the moth were investigated by monitoring, field survey, ovarian development observation, weather analysis and track analysis. The results showed that the moth occurred from early August to early October, with a peak from middle August to late September. Population characteristics indicated that there were two generations, the third and the fourth generations, occurred in Gongzhuling city per year. The third generation was immigrants and the moths at peak period came from part of Liaoning province. The major of the fourth generation was emerged locally, which caused serious damage to maize ear. The fourth generations of moth remaining in local would be extinct due to disadvantageous climate and food. The wind direction is unfavorable to the southward migration population.

Key words *Helicoverpa armigera*; population dynamic; population characteristics; track analyses

棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner)是棉花生产中的重要害虫,广泛分布在亚洲、非洲、大洋洲及欧洲。棉铃虫具有多食性,可为害玉米、小麦、高粱、花生等多种农作物[1-3]。我国的黄河流域、辽河流域、长江流域、西北内陆等棉区均是棉铃虫的发生为害区,大发生时,可导致棉花大幅减产[4]。辽河流域棉区被认为是棉铃虫的常发区,其中,辽宁省属典型的北方特早熟棉区。20 世纪 60 年代

收稿日期: 2018-12-25 **修订日期**: 2019-05-09
基金项目: 国家重点研发计划(2017YFD0201804);吉林省农业科学院创新工程(人才基金)项目;中国农业科技东北创新中心博士后基金;国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-02);2019 年吉林省省级乡村振兴专项资金
* 通信作者 E-mail:gaoyuebo8328@163.com

后,棉铃虫在辽宁省有较重的为害记录,如辽宁省朝阳市朝阳县棉花种植面积较大,20 世纪 90 年代初期至 2000 年棉铃虫发生严重;1992 年辽宁省棉铃虫特大发生,除棉花受灾外,高粱、玉米的受害面积达 100 万 hm^2[5-7]。

棉铃虫在吉林省是偶发害虫,亦无相关研究。但近年来,在吉林省的长春、四平、吉林、延边、白山、辽源、通化等地区发现棉铃虫为害玉米果穗[8]。玉米是吉林省主要的粮食和饲料作物,种植面积大。棉铃虫喜在较为幼嫩的玉米果穗上取食,玉米也适宜于棉铃虫的生长发育和繁殖[9]。目前棉铃虫被认为是吉林省玉米果穗的潜在重要害虫,其为害程度,在一定条件下可超过本地传统害虫亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis*。两种害虫可混合发生,同时对玉米果穗造成危害。棉铃虫和玉米螟的为害还可加重玉米穗腐病的发生[10]。可见,明确棉铃虫在吉林省的发生规律,提出该区域玉米上棉铃虫的防治策略,对玉米的安全生产有重要意义。本研究在吉林省中西部的公主岭市设立调查田,综合运用常规监测、卵巢解剖、田间调查、气象分析、轨迹分析等技术和方法,对棉铃虫成虫、幼虫发生的时间、发生代次、虫源性质、虫源地和迁飞动态进行了初步研究,旨在探明棉铃虫在该区域发生为害的一些基础信息,从而为棉铃虫的监测预警及精细化测报提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验地点

本研究于吉林省公主岭市吉林省农业科学院示范田内进行。示范田内种植玉米、高粱、谷子、花生等作物,面积约 10 hm^2,常规栽培措施管理。

1.2　虫情监测

1.2.1　成虫监测

设置性诱捕器、虫情测报灯、高空探照灯进行棉铃虫成虫监测,方法如下:

性诱捕器:采用桶式诱捕器。将 3 根竹竿捆成支架,诱捕器放在支架上面。诱捕器内注入清水,并放入少量洗衣粉,以降低水的表面张力。示范田内放置 2 台诱捕器,每日调查 1 次,计算两台诱捕器的平均诱蛾量。调查时间为 2018 年 5 月 9 日—10 月 30 日。

虫情测报灯:选用佳多虫情灯,光源为黑光灯,系统自动开关灯,遇雨关闭,清晨取虫。调查时间为 2017 年 5 月 9 日—9 月 28 日、2018 年 5 月 9 日—10 月 14 日。

高空探照灯:制作方法参考 Feng 等[11]。装置包括 GT75 型探照灯、ZJD1000W 金属卤化物灯泡,灯架下设置水桶收集成虫。设置每日自动开关灯,清晨取虫。调查时间为 2017 年 5 月 9 日—9 月 28 日、2018 年 5 月 9 日—9 月 27 日。取 2018 年高空探照灯诱集到的雌蛾,按张万娜等[12]提出的棉铃虫卵巢发育标准划分卵巢发育级别并逐日统计,同时统计交尾数据,从而明确虫源性质。

1.2.2　田间幼虫调查

2018 年 9 月 6 日在示范田调查幼虫发生情况,统计龄期。其中,高粱田、玉米田各调查 100 株,此时玉米处于灌浆期,高粱处于成熟期。棉铃虫的发育起点温度、有效积温参考前人的研究[13],温湿度应用 HOBO Data Logger 装置每 2 h 记录 1 次,均值统计为当日温度。

1.3　迁飞轨迹分析

棉铃虫的轨迹分析参数基于以下前提[12,14-15]:1) 棉铃虫兼性迁飞,顺风迁移;2) 雷达监测到棉铃虫飞行中出现高度聚集的昆虫层,一般在 200～300 m 处密度最大,本研究设置棉铃虫的飞行高度为距地面 300 m;3) 成虫监测结果表明,棉铃虫在后半夜,尤其是 2:00 至黎明时迁入,设定飞行时间 10 h(19:00—5:00);4) 根据卵巢解剖结果,设定轨迹分析以诱虫日期为起点顺推或逆推 2 d。轨迹模型的分析在大气质点轨迹分析平台 HYSPLIT-web 平台(https://ready.arl.noaa.gov/index.php)上进行,设置相应参数[16],应用地理信息系统 ArcGIS 10.2 输出图形结果。气象信息来源于 NCEP(美国国家环境预报中心)、NCAR(美国国家大气研究中心)的 925 hPa、12:00(UTC 时间)的再分析数据,nc 文件在网站(https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.pressure.html)下载 u 分量,v 分量,利用气象绘图软件 GrADS 合成风场矢量图[17]。

2　结果与分析

2.1　蛾量消长情况

2017 年棉铃虫发生期为 8 月中旬到 9 月下旬。8 月下旬—9 月下旬为高空探照灯调查得到的虫量高峰期(图 1)。8 月下旬—9 月中下旬为虫情测报灯调查得到的虫量高峰期。2017 年度,虫情测报灯

(1 377 头)的诱集效果好于高空探照灯(486 头)。2018 年棉铃虫发生期为 8 月上旬到 10 月上旬。5 月—7 月 3 种监测方法均只零星诱集到几头棉铃虫成虫。示范田内性诱剂诱蛾高峰为 8 月中下旬。高空探照灯诱蛾高峰集中于 8 月中旬到 9 月初、9 月中旬。虫情测报灯的诱蛾高峰集中于 8 月中旬到 9 月初、9 月中旬。从该年度(8 月 1 日—9 月 27 日)3 种监测工具的诱集效果来看,高空探照灯(555 头)诱集数量最多,优于虫情测报灯(403 头)及性诱剂(41.5 头/个)。综合两年的数据来看,8 月上旬—10 月上旬为棉铃虫成虫在公主岭的发生期,8 月中旬—9 月下旬是发生高峰期。

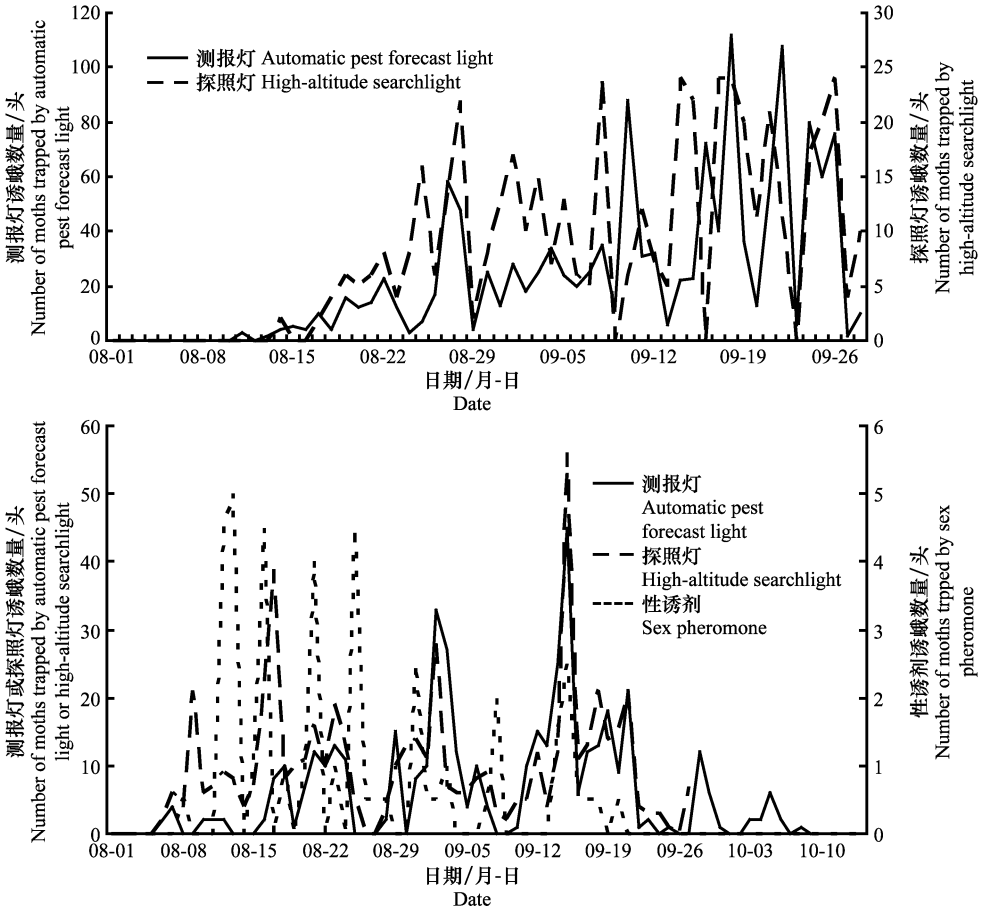


图 1 2017 年(上)和 2018 年(下)棉铃虫成虫种群发生动态

Fig. 1 Population dynamics of *Helicoverpa armigera* adults in 2017 (up) and 2018 (down)

2.2 虫源性质

从每日的雌蛾卵巢解剖数据来看(表 1),8 月 7 日—9 月 4 日,棉铃虫雌蛾卵巢发育级别主要集中于 3 级～5 级,基本都已交配,具备迁入型昆虫的生理特征。9 月 8 日调查卵巢级别为 1 级,其后调查结果均以低级别卵巢发育、未交尾雌蛾为主,具有本地繁殖及迁出型昆虫的生理特征。

2.3 幼虫调查

9 月 6 日的调查显示,玉米上百株虫量为 28 头,高粱上百株虫量为 7 头。大范围调查获得幼虫 216 头,主要集中于 3 龄以上,其中 5 龄占比最高,达到了 35.65%(图 2)。根据有效积温法则,由卵生长到此虫态的时间为 13.53～22.97 d,推测调查到的 3～6 龄幼虫来自 8 月 14 日—8 月 23 日迁入雌蛾所产卵。

表 1 棉铃虫卵巢发育级别统计

Table 1 Ovarian development grade of *Helicoverpa armigera*

调查日期/月-日 Sampling date	卵巢发育级别 Ovarian development grade					交尾 Mated	未交尾 Unmated
	1	2	3	4	5		
08-07 至 08-13	0	0	4	6	10	11	1
08-14 至 08-20	1	0	6	10	20	25	1
08-21 至 08-28	0	0	1	5	16	17	0
08-29 至 09-04	0	0	4	5	18	21	0
09-05 至 09-11	4	1	3	3	2	7	4
09-13 至 09-18	35	2	0	2	9	7	32
09-19 至 09-25	18	2	0	1	7	7	16

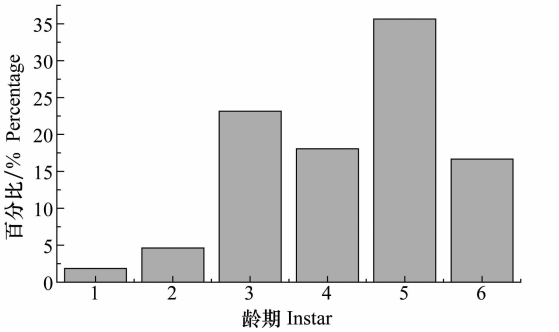


图 2　幼虫龄期组成

Fig. 2　Composition of larva instar

2.4　轨迹、风场分析

以 2018 年成虫发生高峰期作为起点日期分析棉铃虫的迁入和迁出轨迹,其中迁入虫源地轨迹分析的日期选择 8 月 17 日—8 月 24 日、8 月 29 日—9 月 2 日。迁出虫源去向的分析日期选择 9 月 8 日—9 月 27 日。结果显示,棉铃虫迁入虫源地包括辽宁省、吉林省、黑龙江省部分地区,图 3(08 - 17、08 - 20、09 - 02)为部分日期的回推轨迹。迁出去向则主要包括俄罗斯、内蒙古东部、黑龙江省、吉林省,图 3(09 - 09、09 - 10、09 - 20)为部分日期的顺推轨迹。

棉铃虫迁入期风向多变,出现次数最多的是东北风,共计 4 d,其他为西南风(3 d)、南风(1 d)、东南风(2 d)、西北风(2 d)、北风(1 d)。迁出期以不利于棉铃虫种群回迁的西南风出现次数最多(35%),其次为西北风,未见有利回迁至越冬区的东北风,风向不利于吉林省中西部的棉铃虫种群的回迁(图 4)。

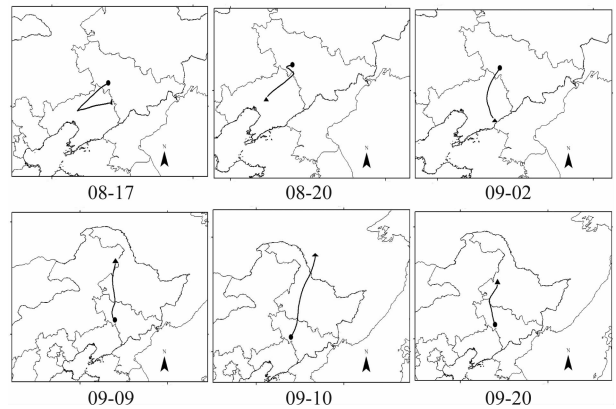


图 3　棉铃虫成虫迁飞时期的轨迹分析

Fig. 3　The trace analysis during the migration of *Helicoverpa armigera*

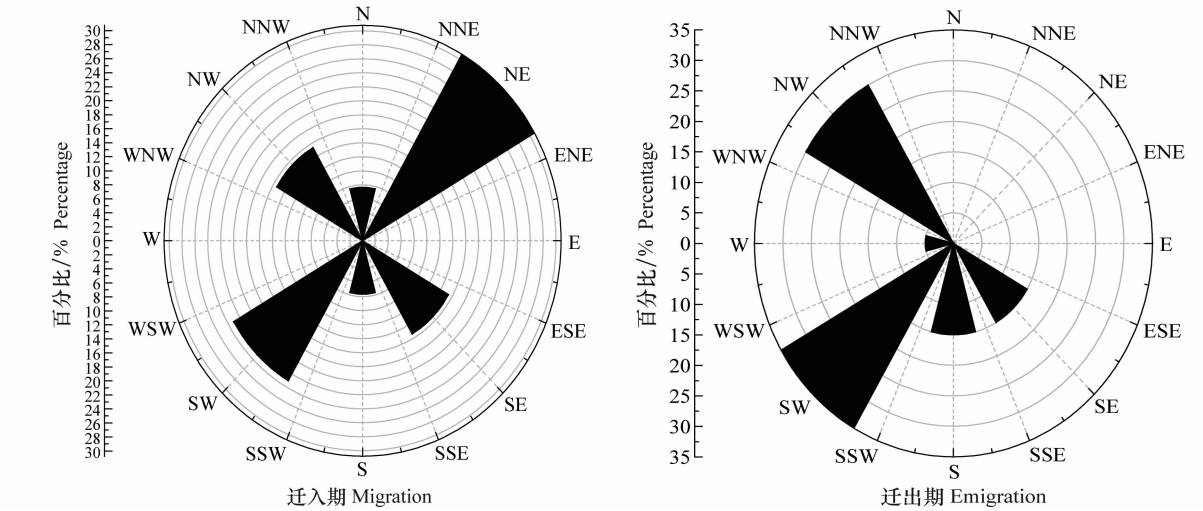


图 4　棉铃虫成虫迁飞时期的风向比率

Fig. 4　Wind direction ratio during the migration of *Helicoverpa armigera*

3　讨论

本研究结合灯光、性诱剂诱集及田间调查的方法,对棉铃虫在吉林省中西部地区的发生动态进行了监测。通过高空探照灯与虫情测报灯的调查结果来看,棉铃虫成虫发生时期较长,8 月上旬—10 月上旬均可诱集到,8 月中旬—9 月下旬为发生高峰期,结合虫源分析的结果,诱集到的棉铃虫应为 2 个世代的成虫,从棉铃虫在我国划分的世代数来看[18],应为第 3 代、第 4 代棉铃虫成虫。2018 年 8 月上旬至 9 月初诱集到的是第 3 代棉铃虫成虫,为初始虫源,由外地迁入。9 月 8 日之后,诱集到的主要是在当地经卵发育来的第 4 代棉铃虫成虫,属于本地虫源本地繁殖型。第 3 代迁入后,当地的温度可满足

棉铃虫各虫态生长发育所需的温度[13]，9 月 6 日调查到的幼虫依据有效积温法则推测，应为第 3 代成虫迁入后产卵孵化出的第 4 代幼虫，其为害期正值本地玉米处于灌浆至蜡熟期、高粱处于乳熟至蜡熟期。本研究应用性诱捕器诱蛾的效果不好，考虑与诱芯、成虫的生理状态、迁飞等情况有关，与前人的研究结果有相近之处[19]。在吉林省可选用灯光诱集作为测报、防治棉铃虫的技术方法。

棉铃虫具有兼性迁飞的特点，能够进行远距离迁飞，且成虫迁飞的情况存在于各个世代中，棉铃虫北迁有利于扩大其生存区[20-24]。本研究对第 3 代迁入种群的轨迹分析结果显示，虫源可能来自辽宁省、吉林省及其更北的地区，但从此虫的实际发生情况来看，来源于吉林省及更北区域的可能性几乎不存在，虫源应来源于辽宁省。棉铃虫无逆风定向迁飞的习性，迁飞主要借助风力，有利用西南风向东北迁飞的报道[25]。基于本文轨迹分析结果，迁入吉林省中西部的棉铃虫极大概率是辽宁省本地羽化的第 3 代成虫，其借助西南风、东南风、南风向北迁入吉林省。棉铃虫在我国东半部的越冬北界为大连北部、秦皇岛、张家口、太原至武威方向[26]，即在 1 月份平均最低温度－15℃等温线左右的地区。在以北区域不能越冬，亦不能形成滞育蛹[5]。在第 4 代棉铃虫成虫羽化后迁飞的整个时期，风向不利于棉铃虫回迁。轨迹分析显示，棉铃虫可能向吉林省更北的区域迁飞，迁飞的种群将进入生态死角，因气候、寄主植物等原因而无法生存下去，造成种群的消亡，形成 Pied-peber 效应，即迁飞昆虫由低纬度地区迁飞进入不能越冬的高纬度地区，却不能成功回迁[27-29]。此分析基于棉铃虫顺风定向这一特性，目前并无其他理论依据。昆虫迁飞行为复杂多变，此时期的棉铃虫如有向西南方定向迁飞的特性，或在迁飞过程中能够利用出现的北风，将能成功向南回迁至越冬区，使种群繁衍下去，这一科学理论问题，有待于进一步研究[30]。公主岭 10 月中旬、下旬，11 月上旬的地面平均气温为 8.15、5.68、4.12℃，低于棉铃虫各虫态的发育起点温度，且此时期田间作物已收获，滞留本地的棉铃虫，无可取食的寄主植物。可见，滞留于此区域的棉铃虫将因气候、食物原因死亡。

第 3 代棉铃虫除为害棉花以外，还分散到玉米、花生、豆类等植物上为害，吉林省主要作物的种植面积、种植方法和布局对棉铃虫的发生有较为有利的因素。棉铃虫很可能成为吉林省玉米灌浆至蜡熟期的常发害虫，与亚洲玉米螟混合发生为害，造成新的虫害问题。本研究是以公主岭为基点，对棉铃虫发生动态及虫源性质进行了初步研究，在今后的工作中尚需更多针对于此虫的虫情监测及为害数据，为棉铃虫在吉林省的早期预警与综合防控提供更多理论依据。

参考文献

[1] NAVAEI-BONAB R, KAZZAZI M, SABER M, et al. Differential inhibition of *Helicoverpa armigera* (Lep.: Noctuidae) gut digestive trypsin by extracted and purified inhibitor of *Datura metel* (Solanales: Solanaceae)[J]. Journal of Economic Entomology, 2018, 111(1): 178-186.

[2] GOLLA S K, RAJASEKHAR P, SHARMA S P, et al. Antixenosis and antibiosis mechanisms of resistance to pod borer, *Helicoverpa armigera* in wild relatives of chickpea, *Cicer arietinum* [J]. Euphytica, 2018, 214(5): 88.

[3] MEITEI A L, BHATTACHARJEE M, DHAR S, et al. Activity of defense related enzymes and gene expression in pigeon pea (*Cajanus cajan*) due to feeding of *Helicoverpa armigera* larvae [J]. Journal of Plant Interactions, 2018, 13(1): 231-238.

[4] 姜玉英，刘杰，曾娟，等. 棉铃虫种群调查及测报技术[J]. 应用昆虫学报，2018，55(1)：132-137.

[5] 褚茗莉，许国庆，田本志，等. 北方特早熟棉区(辽宁)棉铃虫的发生特点[J]. 应用昆虫学报，1998，35(2)：73-77.

[6] 褚茗莉，许国庆，田本志，等. 辽宁省棉铃虫虫情划区的调查研究[J]. 辽宁农业科学，2000(1)：15-18.

[7] 张福艳，黄志礼，高连军，等. 辽宁朝阳棉区棉铃虫发生规律及防治对策[J]. 辽宁农业职业技术学院学报，2004，6(2)：15-16.

[8] 陆宴辉，姜玉英，刘杰，等. 种植业结构调整增加棉铃虫的灾变风险[J]. 应用昆虫学报，2018，55(1)：19-24.

[9] 侯茂林，盛承发. 食物对棉铃虫生长发育及繁殖的影响[J]. 昆虫学报，2000，43(2)：168-175.

[10] 魏铁松，朱维芳，庞民好，等. 棉铃虫和玉米螟为害对玉米穗腐病的影响[J]. 玉米科学，2013，21(4)：116-118.

[11] FENG Hongqiang, WU Kongming, CHENG Dengfa, et al. Radar observations of the autumn migration of the beet armyworm *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) and other moths in northern China[J]. Bulletin of Entomological Research, 2003, 93(2): 115-124.

[12] 张万娜，肖海军，梁革梅，等. 棉铃虫卵巢形态与卵子发生过程观察[J]. 昆虫学报，2013，56(4)：358-364.

[13] 牟吉元，崔龙.，陈天业，等. 棉铃虫发育始点、有效积温的测定和发生检验[J]. 山东农业大学学报(自然科学版)，1995，26(3)：280-284.

[14] 程登发，封洪强，吴孔明. 扫描昆虫雷达与昆虫迁飞监测[M]. 北京：科学出版社，2005.

(下转 284 页)

of long-term experimental studies on the carcinogenicity of ethylene-bis-dithiocarbamate (Mancozeb) in rats [J]. Annals of the New York Academy of Sciences, 2010, 982(1): 123 - 136.

[15] ZHOU Y, SHIE F S, PICCARDO P, et al. Proteasomal inhibition induced by manganese ethylene-bis-dithiocarbamate: Relevance to parkinson's disease [J]. Neuroscience, 2004, 128(2): 281 - 291.

[16] ARIMOTO Y, HOMMA Y, MISATO T. Studies on citrus melanose and citrus stem-end rot by *Diaporthe citri* (Faw.) Wolf Part 2. Infection mode of *D. citri* to citrus leaf [J]. Japanese Journal of Phytopathology, 2009, 52(1): 39 - 46.

[17] 胡丹,蒲占湑,黄振东. 10%氟硅唑可湿性粉剂防治柑橘黑点病田间药效试验[J]. 浙江柑橘, 2016(3): 15 - 16.

[18] 张小亚,文中华,闵泽萍,等. 几种杀菌剂对伦晚脐橙柑橘黑点病的药效试验[J]. 浙江柑橘, 2017(1): 34 - 36.

[19] 陈国庆,姜丽英,徐法三,等. 防治柑橘黑点病药剂的离体和田间筛选[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2010,36(4): 440 - 444.

[20] 侯欣,陈国庆,王兴红,等. 3 种柑橘病原真菌对苯醚菌酯和苯醚甲环唑敏感基线研究[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2013,39(1): 62 - 68.

[21] 王振东,占红木. 农用矿物油的应用之七:精致矿物油提升柑橘黑点病、黑斑病防治效果[J]. 江西农业, 2015(4): 60.

[22] 胡秀荣,黄振东,蒲占湑,等. 30%复方百菌清浓悬浮剂对柑橘黑点病菌的室内毒力测定[J]. 浙江柑橘,2017(1): 22 - 25.

[23] 胡秀荣,黄振东,蒲占湑,等. 30%复方百菌清浓悬浮剂对柑橘黑点病的田间药效试验[J]. 浙江柑橘,2018(1): 25 - 26.

[24] 谢秀挺. 美得乐- 80%克菌丹 WDG 防治柑桔砂皮病田间药效试验[J]. 四川农业科技, 2015(4): 44 - 45.

[25] 刘蕊,李红叶,李国华,等. 梅州沙田柚黑点病药剂防治试验[J]. 东南园艺, 2017(6): 26 - 28.

[26] 石妞妞,杜宜新,阮宏椿,等. 福建省番茄灰霉病菌对氟啶胺敏感基线建立及与不同杀菌剂的交互抗性[J]. 农药学学报,2016(4):535 - 539.

[27] 晓岚. 新杀菌剂氟啶胺的生物活性[J]. 农药译丛,1996(1):43 - 48.

[28] 徐永生,李泉木. 植物疫病克星福帅得[J]. 新农业,2010(7):46.

[29] 巫国军,刘蕊,温清英,等. 柑橘黑点病防控探讨[J]. 现代农业科技,2017(5):117 - 122.

[30] 蒋飞,吴丹丹,张喜喜,等. 上海柑橘黑点病田间发生规律研究[J]. 浙江柑橘,2018(2):16 - 19.

(责任编辑:杨明丽)

(上接 238 页)

[15] 吴孔明, 徐广, 郭予元. 棉铃虫一代成虫在渤海海面迁飞的考察[J]. 植物保护学报, 1998, 25(4): 335 - 340.

[16] STEIN A F, DRAXLER R R, ROLPH G D, et al. NOAA's Hysplit atmospheric transport and dispersion modeling system [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2015, 96(12): 2059 - 2077.

[17] KALNAY E, KANAMITSU M, KISTLER R, et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 1996, 77(3): 437 - 470.

[18] 袁锋. 农业昆虫学[M]. 北京:中国农业出版社,2001.

[19] 刘瑞红,喻峰华,张建萍. 石河子地区棉铃虫发生规律及药剂防治技术[J]. 中国农学通报,2014,30(7):292 - 296.

[20] 郑祖强,张孝羲,谢俊英,等. 棉铃虫飞行能力和兼性迁飞的初步研究[J]. 应用生态学报,2000,11(4):603 - 608.

[21] 吴孔明,郭予元,吴燕. 环渤海湾地区棉铃虫成虫的卵巢发育特点及与迁飞行为的关系[J]. 生态学报,2001,22(7):1075 - 1078.

[22] 吴孔明,翟保平,封洪强,等. 华北北部地区二代棉铃虫成虫迁飞行为的雷达观测[J]. 植物保护学报,2006,33(2):163 - 167.

[23] 张娟,马吉宏,徐养诚,等. 从卵巢发育特点揭示新疆地区棉铃虫迁飞习性[J]. 生态学杂志,2013,32(6):1428 - 1432.

[24] 翟保平. 国外对棉铃虫迁飞的研究[J]. 应用昆虫学报,1990,27(3):185 - 188.

[25] 吴孔明,郭予元. 棉铃虫种群的地理型分化和区域性迁飞规律[J]. 植物保护,2007,33(5):6 - 11.

[26] 贾涛,李葆来,张俊杰,等. 我国棉铃虫研究现状与进展[J]. 西北农业学报,2000,9(3):122 - 125.

[27] DRAKE V A, GATEHOUSE A G. Insect migration: Tracking resources though space and time [M]. New York: Press Syndicate of the University of Cambrige, 2005: 84 - 85.

[28] 孙嵬, 程志加, 高月波, 等. 三代粘虫成虫迁飞的雷达观测与分析[J]. 应用昆虫学报, 2018, 55(2): 160 - 167.

[29] 潘蕾, 吴秋琳, 陈晓, 等. 华北三代粘虫大发生虫源的形成[J]. 应用昆虫学报, 2014, 51(4): 958 - 973.

[30] FENG Hongqiang, ZHAO Xincheng, WU Xianfu, et al. Autumn migration of *Mythimna separata* (Lepidoptera: Noctuidae) over the Bohai Sea in Northern China [J]. Environmental Entomology, 2008, 37(3):774 - 781.

(责任编辑:杨明丽)