

美国白蛾在我国发生的世代变化分析

卢修亮¹, 谢天^{2*}, 程相称^{1*}, 张睿轩¹, 汪波³, 金娇⁴, 王梦⁵, 时勇¹

¹国家林业和草原局生物灾害防控中心, 辽宁 沈阳 110034; ²北京经济技术开发区产经政策研究院, 北京 100176; ³铜陵市林业有害生物防治检疫站, 安徽 铜陵 244000; ⁴国家林业和草原局产业规划院, 北京 100714; ⁵北京市西山试验林场管理处, 北京 100093

摘要: 美国白蛾是原产于北美地区的世界性植物检疫性害虫, 自 1979 年发现入侵我国以来, 严重威胁我国的生态安全。近年来, 随着全球气候变暖, 美国白蛾疫情不断南扩, 其化性在一些地区出现新的变化。本文根据 1979—2021 年该虫发生扩散情况和各地区监测普查结果, 结合部分地区温度变化数据, 全面分析了美国白蛾入侵我国以来的发生扩散过程, 对比分析了各地区发生世代数及变化情况, 阐明部分地区世代数增加的原因。针对美国白蛾世代数演变规律和反复暴发成灾的情况, 提出了当前应关注的几个重点问题: 世代数增加引发的扩张速率显著上升; 扩张潜力与沿长江地区扩散趋势减缓关系; 暴发成灾时有发生与本土化趋势不明显。鉴于当前外来入侵物种管理要求提高及多年来美国白蛾防控工作中暴露的一些问题, 提出要在守护国家生物安全底线前提下制定防治策略、在统筹生物多样性保护下实现控制目标、在做好应急准备下摸清暴发成灾规律、在强化疫情检疫管理中提高疫情认定效率等对策。

关键词: 美国白蛾; 化性; 扩张速率; 生物安全; 生物多样性



开放科学标识码
(OSID 码)

Change in voltinism increases the spread of *Hyphantria cunea* in China

LU Xiuliang¹, XIE Tian^{2*}, CHENG Xiangchen^{1*}, ZHANG Ruixuan¹, WANG Bo³,
JIN Jiao⁴, WANG Meng⁵, SHI Yong¹

¹Center for Biological Disaster Prevention and Control, National Forestry and Grassland Administration, Shenyang, Liaoning 110034, China; ²Institute for Industrial and Economic Policy Studies of Beijing Economic-Technological Development Area, Beijing 100176, China; ³Tongling Forestry Pest Control and Quarantine Station, Tongling, Anhui 244000, China; ⁴Industry Development Planning Institute, National Forestry and Grassland Administration, Beijing 100714, China; ⁵Management Office of Beijing Xishan Experimental Forest Farm, Beijing 100093, China

Abstract: The fall webworm, *Hyphantria cunea* (Drury), is a quarantine pest native to North America that may be found worldwide. It has posed a serious threat to the ecological security of China since it was discovered in 1979. In recent years, with global climate warming, the *H. cunea* epidemic has spread south and voltinism has changed in some areas. To further explore the changes in the biological characteristics of *H. cunea* in different regions, the occurrence and diffusion process of *H. cunea* since its invasion in China was comprehensively analyzed. This analysis was based on 1979—2021 nationwide monitoring and census results, combined with the temperature change data in some regions. The reasons for the increase in the annual generation numbers in some areas are also discussed. In light of the evolution of the annual generation numbers and repeated outbreaks of *H. cunea*, several key issues that should be presently addressed are proposed. These include the significant increase in the expansion rate caused by the increase in the annual generation numbers, the relationship between the expansion potential and reducing the spread along the Yangtze River, the occurrence of outbreaks, and the lack of clear localization trends. With the increased requirements for invasive species management and the problems faced in the control of *H. cunea* in recent years, countermeasures and suggestions have been proposed. These include formulating prevention and control strategies under the premise of protecting the national biosafety bottom line, achieving con-

收稿日期 (Received): 2022-02-15 接受日期 (Accepted): 2022-04-28

基金项目: 国家重点研发计划 (2021YFD1400300)

作者简介: 卢修亮, 男, 硕士研究生。研究方向: 林草生物灾害防治。E-mail: fangzhichu@163.net

* 通信作者 (Author for correspondence), 谢天, E-mail: xietianyaonuli@qq.com; 程相称, E-mail: chengxiangchen1986@163.com

control objectives under the overall planning of biodiversity protection, determining the rules of outbreaks and disasters under emergency preparedness, and improving the efficiency of epidemic identification to strengthen quarantine management.

Key words: *Hyphantria cunea*; voltinism; expansion rate; biosafety; biodiversity

气候变化对自然生态系统具有深远的影响。联合国政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)第五次评估报告指出,1880—2012 年的 130 多年来,全球地表平均温度大约上升了 0.85 °C,1983—2012 年可能是北半球过去 1400 年中最暖的 30 年(IPCC, 2013)。昆虫作为变温动物,其生物学特性与环境温度密切相关。国内外有关全球气候变暖对昆虫影响的研究表明,气候变暖可使高温适生昆虫的生长发育速率加快、危害时间提前、世代数增加、危害性加大(陈瑜和马春森,2010;董兆克和戈峰,2011;吴刚等,2011;张花龙等,2015;Robinet & Roques,2010)。

美国白蛾 *Hyphantria cunea* (Drury) 是世界性的植物检疫性害虫,原产于北美地区,广泛分布于 19°~55°N 内,1979 年在我国辽宁省丹东地区首次被发现(张向欣和王正军,2009)。此后,在我国发生范围不断扩大,危害程度不断增加。美国白蛾在原产地北美地区自北向南的不同气候区内,一年可发生 1~3 代甚至 4~5 代(Hidaka,1977)。而在我国,该虫自北而南一年可发生 2~3 代。最新研究发现,江苏、安徽、湖北等江淮地区美国白蛾一年能完成 3 个世代,小部分存在第 4 代,但不能完成生活史,第 4 代在低龄幼虫期即死亡(蔡东章,2018;闵水发等,2018;仝德侠等,2014)。随着全球气候变暖和美国白蛾疫情不断向南扩散,影响美国白蛾发育的有效积温、光照、湿度等生态条件已发生变化,同时,寄主植物生长期和丰度的增加也为其生长发育和繁殖提供了必要的营养物质和栖息条件(Visser & Both,2005),江淮地区美国白蛾发生并完成第 4 代的风险正在不断加大。本文总结了自发现入侵以来美国白蛾在我国发生世代数的变化,提出了当前需关注的几个重点问题,以期制定防治策略、完善应急防控体系提供参考。

1 美国白蛾在我国的传播概况

从国内疫情发生和防控工作实践看,美国白蛾作为一种典型的外来入侵物种,在我国传播扩散大致经过传入、定殖、扩散与暴发成灾等主要过程(郭

建洋等,2019;朱水芳等,2004)。总体上看,美国白蛾在我国传播扩散主要分为 3 个阶段:一是疫情传入定殖期(1979—1981 年)。1979 年 6 月首次在我国辽宁省丹东地区发现美国白蛾。至 1981 年已扩散至丹东市元宝区、振兴区、振安区、东港市、宽甸县、凤城市、岫岩县(1992 年划归鞍山市管辖),大连市旅顺口区、普兰店区、庄河市、长海县和本溪市本溪县等 3 个地级、12 个县级行政区(李玉璠等,1980;燕长安,1990)。二是疫情传播扩散期(1982—2002 年)。这 20 年间,美国白蛾发生形势较为平稳,扩散速度相对较慢,主要在环渤海地区和关中地区发生。1982 年传入山东省威海市荣城县,1984 年传入陕西省咸阳市武功县,1989 年传入河北省秦皇岛市海港区,1995 年传入天津市塘沽区。到 2002 年底,全国共有 5 个省级、17 个地级、87 个县级疫情发生区;其中,县级疫情发生区数量年均增长 3.75 个。5 个省级疫情发生区中,除天津市发生 3 代外,河北、辽宁、山东、陕西 4 省已发生的县区均以 2 代发生或 2 代、不完整 3 代混生为主(李运朝等,1991;乔仁发等,2003;乔秀荣,2001;秦绪兵等,2000;王淑英和陈超,1987)。三是疫情暴发危害期(2003—2021 年)。2003 年后,随着美国白蛾由以 2 代、2 代与不完整 3 代混生为主的地区逐渐扩散至华北平原、江淮地区等 3 代区域,美国白蛾疫情进入快速扩散、多地局部暴发阶段,省(自治区)级、县级疫情发生区数量和发生面积均大幅度增加。2003—2021 年,美国白蛾省(自治区)级疫情发生区数量由 5 个增至 14 个,新增北京、河南、吉林、江苏、安徽、内蒙古、湖北、上海、浙江 9 个省(自治区)级疫情发生区;县级疫情发生区数量由 87 个增至 611 个,年均增长 27.58 个;年发生面积由 6.86 万 hm^2 攀升至 73.13 万 hm^2 ,增幅达 9.66 倍(刘川等,2009;卢修亮等,2021;宋玉双,2015;闫家河等,2011)。

2 美国白蛾在我国发生世代数及变化情况

美国白蛾是一种高温适生昆虫,在常见 37 °C 高温下,仍有 80% 以上卵能正常孵化,幼虫在 42 和 45 °C 下仍能存活一段时间(陈瑜和马春森,2010;

孔雪华, 2010; 张花龙等, 2015; Tadashi *et al.*, 2007)。我国幅员辽阔, 经纬度跨度大, 影响美国白蛾生存发育的光照、温度、湿度等环境因素和寄主植物存在地域差异, 美国白蛾在不同地区发生世代数有所不同。通过查阅相关资料、各地疫情监测普查报告, 结合生物学观察数据资料, 本文归纳出截至 2021 年底, 14 个省(自治区)级、90 个(含 3 个已根除)地级疫情发生区发生世代数变化情况。

2.1 美国白蛾在我国不同地区发生的世代数

目前, 美国白蛾在我国的发生区北至吉林省长春市(125.35°E, 43.88°N), 南至湖北省黄冈市(114.87°E, 30.45°N); 东至吉林省通化市(125.92°E, 41.49°N), 西至陕西省西安市(108.95°E, 34.27°N); 年发生代数 2~ 不完整 4 代不等。从各地美国白蛾传入初期情况分析, 美国白蛾不同世代数分布区域为: (1) 2 代发生区, 包括辽宁省丹东市、大连市、本溪市、辽阳市、营口市、锦州市、葫芦岛市、鞍山市、盘锦市、沈阳市、抚顺市、铁岭市、阜新市, 吉林省四平市、长春市、通化市、辽源市、吉林市和内蒙古通辽市共 19 个地级疫情发生区; (2) 2 代为主兼 2.5 代发生区, 包括山东省威海市, 河北省承德市、秦皇岛市, 陕西省咸阳市、西安市、宝鸡市共 6 个地级疫情发生区; (3) 2 代为主的 2、3 代混合发生区, 包括山东省烟台市、东营市、青岛市, 河北省唐山市共 4 个地级疫情发生区; (4) 3 代发生区, 包括山东省潍坊市、滨州市、淄博市、济南市、德州市、日照市、泰安市、聊城市、济宁市、临沂市、莱芜市(2019 年撤销, 辖区划归济南市)、菏泽市、枣庄市, 河北省廊坊市、沧州市、石家庄市、保定市、衡水市、邯郸市、邢台市、天津市、北京市、上海市, 河南省濮阳市、鹤壁市、安阳市、郑州市、新乡市、开封市、商丘市、许昌市、周口市、驻马店市、焦作市、漯河市、平顶山市, 江苏省连云港市、盐城市、宿迁市、淮安市、扬州市、南京市、泰州市、镇江市, 安徽省阜阳市、蚌埠市、亳州市、淮南市、滁州市、六安市、铜陵市、合肥市、宿州市、淮北市、芜湖市、马鞍山市、池州市, 湖北省襄阳市、随州市、黄冈市, 浙江省嘉兴市共 58 个地级疫情发生区; (5) 3 代为主兼 3.5 代发生区, 包括河南省信阳市, 江苏省徐州市, 湖北省孝感市共 3 个地级疫情发生区。

从美国白蛾不同世代数所在地区的经纬度位置看, 美国白蛾 2 代发生区主要分布在 120.51°~

125.92°E、38.55°~43.88°N 地区, 3 代发生区主要分布在 112.08°~121.47°E、30.45°~39.90°N 地区, 2 个完整世代发生区之间存在相对较为明显的地理界线。在 2 个完整世代发生区的过渡地带易发生不完整世代。2 代为主兼 2.5 代发生区, 除陕西省西安市外, 其他主要分布在 117.93°~122.12°E、37.52°~40.97°N 地区; 2 代为主的 2、3 代混合发生区, 主要分布在 118.20°~121.43°E、36.07°~39.63°N 地区。在 3 代发生区的南部个别地区, 美国白蛾少量发生了 3.5 代, 发生范围为 113.92°~117.20°E、30.93°~34.26°N。

根据各地生活史观测结果和防控工作实践, 美国白蛾一般在第 2 代开始出现世代重叠现象, 且世代重叠随着发生危害期延长、发生世代数增加而逐渐加大。因此, 在南方的 3 代、3.5 代发生区, 尤其是 8 月中下旬—11 月初第 3 代发生期, 美国白蛾常以卵、初龄幼虫、老龄幼虫、蛹及成虫等不同世代的多种虫态在野外混合发生。美国白蛾在秋季混杂的发育进度, 加大了野外生活史观测难度, 加之部分地区未开展过系统的生物学调查, 即便本地区在 10—11 月初发生了第 4 代, 也常因第 4 代发生种群占比较小而不易被发现, 即便发现也常因无法完成生活史, 危害不大等多种原因, 导致第 4 代是否发生的主动监测信息不够及时准确。基于以上原因, 笔者认为, 美国白蛾野外实际发生不完整 4 代的区域(3 代为主兼 3.5 代发生区)应比目前已监测到的范围要大。

2.2 美国白蛾在我国发生世代数变化的原因

中国是全球气候变化的敏感区和影响显著区, 升温速率明显高于同期全球平均水平。1951—2020 年, 中国地表年平均温度呈显著上升趋势, 升温速率为 0.026 °C·年⁻¹, 近 20 年是 20 世纪初以来的最暖时期(中国气象局气候变化中心, 2021)。温度作为美国白蛾生长发育的重要制约因子, 温度升高可影响其分布与发生世代数。为探究美国白蛾发生世代数变化情况, 本文对比分析了各地美国白蛾传入初期与后期的观测数据。发现与传入初期相比, 部分地区发生世代数发生明显变化, 发生世代数约增加 0.5 代, 个别地区甚至增加 1 代。如: 辽宁省营口市、葫芦岛市、鞍山市、盘锦市和内蒙古通辽市一部分种群在高温年份发生了不完整 3 代; 辽宁省丹东市、大连市美国白蛾由传统的 2 代逐渐

转变为 2~2.5 代,个别高温年份,大连市甚至发生了完整 3 代(杜艳红等,2020;王昶远,2000);山东省威海市由传入初期的 1 年 2 代、个别发生 2.5 代逐渐演变为 2~2.5 代、个别发生 3 代,且发生完整 3 代的比例明显增多,发生代数约增加了 0.5 代(刘昌兰等,2005);山东省烟台市、东营市、青岛市和河北省唐山市由以 2 代为主的 2、3 代混合发生区演变为以 3 代为主的 2、3 代混合发生区(程桂林,2010;张建新等,1998;赵海燕,2011);河北省秦皇岛市由以 2 代为主兼 2.5 代发生区演变为 3 代为主的 2、3 代混合发生区(李运朝等,1991;乔秀荣,2001);陕西省西安市由以 2 代为主兼 2.5 代发生区演变为 3 代发生区;2021 年高温年份,江苏省扬州市、泰州市、镇江市个别地区甚至疑似发生了完整 4 代。从地理区位分析,混合种群共存的过渡地区更易发生世代数的演变,在气候变暖的环境压力诱导下,兼性类群有向完整世代演变的进化动力(刘凯强,2021;季荣等,2003)。

3 美国白蛾世代数变化重点区域案例分析

相关研究表明,春季升温快、夏季温度高、秋季降温慢是决定美国白蛾发生代数增加并完成生活史的关键(杜艳红等,2020;王昶远,2000)。辽宁、山东、河北、内蒙古、江苏等地均出现过因受气候变暖影响,美国白蛾发生世代数增加的情况(杜艳红等,2020;刘昌兰等,2005;秦绪兵等,2000;王昶远,2000;赵海燕,2011)。

3.1 山东省 2008 年前后普遍发生 3 代

2008—2010 年,美国白蛾在山东省严重发生,这与 2006—2008 年全省出现持续高温,美国白蛾发生世代数由不完整 3 代演变为完整 3 代有较大关系。2005 年,美国白蛾主要在山东省威海、烟台、东营、青岛、滨州等 5 市的 25 个县级行政区发生,发生面积 0.69 万 hm^2 ,多数地区虽 2、3 代混合发生,但以 2 代为主。2006—2007 年,全省各地温度普遍偏高,2 年年均温皆达到 14.2 $^{\circ}\text{C}$,为 1951 年以来最高值,逐月温度除 2007 年 7 月略低于常年(1971—2000 年平均值)外,其余 23 个月均高于常年。更为关键的是,2006—2008 年连续 3 年,在秋季美国白蛾第 3 代发生期,山东全省各地降温均较缓慢,其中,2006 年 10、11 月温度分别较常年高 3.5、2.4 $^{\circ}\text{C}$,均为 1951 年以来最高值;2008 年 10、11 月分别较常年高 1.4、0.8 $^{\circ}\text{C}$ (高留喜等,2008;王业

宏,2006)。持续高温为第 3 代美国白蛾幼虫正常发育、化蛹越冬争取了时间,各地完成 3 代的比例迅速提高。在种群扩张过程中,2、3 代种群通过不断的基因流,进一步加快了 2 代种群与不完整 3 代种群演变为 3 代种群的过程(Mendelson & Shaw, 2005)。2006—2008 年山东新发生地区虫情监测调查显示,美国白蛾在当地已基本演变为完整的 3 代。山东半岛地区也已由 2 代发生为主的 2、3 代混合发生区演变为以 3 代发生为主的 2、3 代混合发生区。3 代演变完成后,美国白蛾传播扩散速度明显加快,2006 年在 7 市 37 县发生,发生面积 2.04 万 hm^2 ,到 2008 年底已扩张到 15 市 107 县,发生面积达 12.07 万 hm^2 。

3.2 江苏省沿长江地区 2021 年疑似零星发生第 4 代

2021 年 9 月份以来,第 3 代美国白蛾幼虫在华北地区、黄淮下游流域一些省市偏重发生,局地暴发成灾。为准确掌握虫情发生动态,各地通过人工踏查、诱捕器诱集等方式,加强秋季虫情发生动态监测。10 月 26 日—11 月 7 日,江苏省扬州市宝应县、泰州市兴化市、镇江市润州区和扬中市在踏查时分别发现低龄幼虫网幕。其中,宝应县 10 月 26 日在榆树上发现 5 个 3 龄左右幼虫网幕;兴化市 11 月 1 日、4 日分别在桑树、樱花上发现多个 2 龄左右网幕;润州区 11 月 2 日、4 日相继在桑树上发现 3 龄左右网幕;扬中市 11 月 5 日在水杉上发现多个 2~3 龄网幕,但幼虫已死亡。据 11 月 9 日跟踪观测,宝应县前期发现的幼虫已老熟并下树化蛹。经初步调查分析,受 2020 年暖冬及 2021 年后期偏暖气候影响,江苏省美国白蛾各代发育进度较常年提前 3~5 d,特别是入秋以来,淮北地区温度较常年偏高 0.8 $^{\circ}\text{C}$,江淮地区偏高 1.7 $^{\circ}\text{C}$,苏南地区偏高 2.1 $^{\circ}\text{C}$,持续高温促使美国白蛾发育进度提前,第 2 代成虫高峰出现在 8 月 15 日前后,较常年提前一周左右,9 月上中旬,多地第 3 代老熟幼虫化蛹成功,9 月 25 日、10 月 3 日,部分监测点监测到美国白蛾成虫,疑似发生第 3 代成虫,综合分析气候因素和各虫态发育进度,11 月初发现的幼虫为第 4 代幼虫的可能性较大。另据泰州市 2021 年农业气象资料显示,全市 1—11 月除 1 月平均温度与常年相比持平外,2—11 月均偏高;尤以 3—5 月越冬代成虫羽化期、9—11 月第 3 代美国白蛾发生期温度偏高较明显(泰州市气象局,2021)。春季升温迅速,

夏季温度稳中有升,秋季温度下降缓慢,加速了美国白蛾各代发育进度,沿长江地区局地零星发生第4代并完成生活史的可能性较大。

4 当前需关注的几个重点问题

4.1 世代数增加引发的扩展速率显著上升问题

在辽宁、吉林等美国白蛾2代发生区,疫情传播扩散速率相对缓慢。其中,辽宁省自1979年发现美国白蛾入侵以来,经过28年传播,直到2007年发生疫情的县级行政区数量占省所辖总数的比例才达到50.00%;吉林省自2010年发生以来,到2021年底,发生疫情的县级行政区数量占省所辖总数的比例为23.33%。在山东、河北等2、3代混合发生区,疫情传播扩散速率呈现出“先慢后快”的显著特征。其中,山东省美国白蛾传入初期主要以2代、不完整3代在胶东半岛发生,到2005年发生疫情的县级行政区数量占省所辖总数的比例为22.86%,2005年后全省普遍发生3代,扩展速率明显加快,到2008年发生疫情的县级行政区数量占省所辖总数的比例达到76.43%,到2011年全省所辖县级行政区全部发生疫情;1989—2002年,河北省美国白蛾主要以2代、不完整3代在冀东北地区发生,发展到2002年底,发生疫情的县级行政区数量占省所辖总数的比例为9.88%,2003年后新传入地区普遍发生3代,扩散速率明显加快,发展到2009年,发生疫情的县级行政区数量占省所辖总数的比例就达到55.23%。在美国白蛾3代发生区,疫情传播扩散速率进一步加快。天津、北京、河南、江苏、安徽、上海等省(区、市)首次发现入侵到发生疫情的县级行政区数量占比超过50%的历期分别为4、3、11、7、5、3 a,平均5.5 a;相较于辽宁2代发生区,疫情扩展速率提升了5.3倍;相较于山东、河北2、3代混合发生区,扩展速率分别提升了4.9、3.8倍。可以看出,美国白蛾发生世代数由2代增加至3代,疫情扩展速率提升了4~5倍,若南方地区美国白蛾完成4代并形成种群优势,叠加美国白蛾繁殖量大、发生危害期延长等因素,美国白蛾传播扩散、暴发危害风险将进一步加剧。

4.2 扩展潜力与沿长江地区扩散趋势减缓关系问题

近年来,美国白蛾疫情向南扩散趋势明显,截至2021年底,已有28个县级疫情发生区位于长江南岸,其中安徽省8个、江苏省10个、上海市8个、浙江省2个。但随着疫情不断南扩,美国白蛾在沿

长江省份扩展速率出现明显的减缓现象。据统计,2016—2020年,我国年均新增美国白蛾县级疫情发生区9.8个,明显低于“十一五”年均新增的35.2个、“十二五”年均新增的31.4个。入侵以来发生面积在2017年达到91.30万 hm^2 顶点后已连续4 a下降,累计降幅为19.91%。

综合美国白蛾有关研究及在我国的发生发展历程,分析近年沿长江地区扩散趋势有所减缓,可能有以下几方面原因:一是入侵我国的美国白蛾黑头型更适合在北方的环境气候生存,在高温潮湿的南方地区可能存在较为明显的生存环境界线,危害程度弱于北方(冀顺霞,2021;金瑞华等,1991;孙守慧等,2017);二是初期传入沿长江地区、处于扩散前沿的少量美国白蛾种群由于基因丰富度和遗传多样性水平均偏低,又缺少与其他种群的基因流动,短时间内无法形成适应新的入侵地区气候环境的生态进化和遗传变异,可能导致短时间的扩散减缓甚至停滞(曹利军,2016;Mendelson & Shaw, 2005);三是南方新的疫情发生区生物多样性高,生态系统抵抗外来物种入侵能力较强,本地种空间资源竞争能力强,生态位空缺不明显,美国白蛾种群扩张受到明显的生态因子制约(万方浩,2007);四是沿长江地区正处于美国白蛾3代、不完整3代向4代演变的过渡地带,多数种群因不能完成生活史而死亡,自然淘汰率高,种群基数低,传播概率小,出现类似于山东半岛地区2代、不完整3代向3代演变过程中扩散暂时减缓的现象;五是美国白蛾在新传入地区存在明显的时滞现象,在时滞期内,美国白蛾种群数量较少,危害状不明显,难以第一时间发现,即便诱捕到成虫,因单一虫态的监测结果不足以作为疫区划定的依据,疫情认定存在一定滞后性(欧健,2008;朱水芳等,2004)。

虽然美国白蛾整体上扩散有所减缓,但从上海、安徽沿长江一带发生危害情况看,危害程度仍然较重,沿长江地区为生存环境界线的理论仍值得商榷,南方地区生态系统是否具有明显抑制美国白蛾侵入扩展的能力仍有待验证。

4.3 暴发成灾时有发生与本土化趋势不明显问题

美国白蛾灾害的发生与其生物学特性息息相关。美国白蛾繁殖力强、适生性广、食性杂、食量大、传播途径多、扩散速度快,在我国多数地区呈现出“一年入侵、两年蓄势、三年暴发”和“一代轻、二

代重、三代猖”的发生规律,条件适宜时,种群数量可快速积累,极易短时间暴发成灾。入侵我国 40 多年来,美国白蛾曾先后在很多新发地区和部分老疫情发生区严重发生。为有效控制突发灾害,经过多年研究探索,各地已形成一整套成熟的美国白蛾综合防治技术,防治减灾工作取得了阶段性成果,没有出现大的危害。但传入我国多年来,美国白蛾本土化趋势仍不明显,生态因子可持续控制仍存在明显不足,疫情反复问题仍十分突出,多数地区暂未出现发生危害趋稳并减缓的迹象。2008 年前后,美国白蛾在山东、河北、北京、天津等华北地区严重发生(褚栋等, 2009),经过多年大规模连续防治,疫情虽呈现稳中有降趋势,但 2021 年疫情反弹明显,第 3 代美国白蛾再次在华北地区、黄淮下游流域多个省市多点暴发、偏重发生,部分地区出现扰民情况。分析疫情发生反复的主要原因,既有责任落实不到位、联防联控效果差的主观因素,也有冬季温度偏高越冬死亡率降低,气候温暖湿润利于美国白蛾生存繁殖的客观原因,但更重要的是,多年来,自然界中尚未形成与之相互影响、相互制约、持久控制的稳定生物群落。

5 建议

如何开展美国白蛾等外来入侵物种防控工作已成为当前和未来一个时期生物学界的一项重大课题。为此,建议重点从以下几方面开展工作:(1)在守护国家生物安全底线前提下制定防治策略。按照“一种一策”精准治理、有效灭除的总要求,将以“控灾”为主的工作目标调整为以“灭除”为主。同时,要全过程从严从紧强化各项防控措施,分类分区分级精准施策。老的疫情发生区要按照“控制危害、降低虫口、压缩范围、逐步根除”的防控策略积极开展防治,新的疫情发生区要按照“打速决战、打歼灭战、不打持久战”的思路,做到“及时发现,及时根除”(马茁等, 2018)。(2)在统筹生物多样性保护下实现疫情控制目标。为了根除美国白蛾这种已传入多年并已造成严重危害、未来可能造成更大危害的重大疫情,必须采取应急性化学防控措施。但是在常态化尤其是疫情得到明显遏制的情况下也应兼顾生态调控作用,避免过度用药、过度防治,减少环境污染,保护生物多样性(卢修亮等, 2019; 杨慧等, 2020)。(3)在做好应急准备下摸清暴发成灾规律。针对美国白蛾疫情在北方快速反

弹局地暴发成灾、在南方发生形势日趋严峻复杂的新情况、新特点,要坚持在全链条、全区域完善应急管理体制、提高应急防控能力基础上,加强灾害成灾机理研究,准确掌握虫情发生发展动态,精准研判防控形势,抓住防控关键时节,切实掌握疫情防控工作主动权。(4)在强化疫情检疫管理中提高疫情认定效率。美国白蛾具有极强的侵入扩展能力,高效的疫情早期快速感知识别对抓住疫情防控关键时期、降低疫情根除难度意义重大。为此,必须简化疫情认定环节,降低疫情认定标准。对于在自然状态下监测发现的任何单一虫态,均应认定疫情发生并划定为疫区;对于在寄主植物调运中复检发现的疫情,可暂时不予划定,但应持续跟踪并采取必要性防治措施,争取在未定殖时根除。

参考文献

- 蔡东章, 2018. 信阳市美国白蛾防控对策研究. 河南林业科技, 38(2): 36-37, 41.
- 曹利军, 2016. 基于微卫星标记的美国白蛾中国种群入侵遗传学研究. 博士学位论文. 北京: 北京林业大学.
- 中国气象局气候变化中心, 2021. 中国气候变化蓝皮书(2021). 北京: 科学出版社.
- 陈瑜, 马春森, 2010. 气候变暖对昆虫影响研究进展. 生态学报, 30(8): 2159-2172.
- 程桂林, 2010. 有效积温法统计美国白蛾在青岛市区的发生代数. 北方园艺(4): 175-176.
- 褚栋, 刘开昌, 张正, 于毅, 2009. 山东省生物入侵的现状及其防控对策——由入侵物种美国白蛾大暴发引发的思考. 山东农业科学(1): 121-124.
- 董兆克, 戈峰, 2011. 温度升高对昆虫发生发展的影响. 应用昆虫学报, 48(5): 1141-1148.
- 杜艳红, 那顺勿日图, 白守宁, 翟秀春, 2020. 通辽地区美国白蛾发生规律及防治对策初探. 林业科技, 45(1): 52-54.
- 高留喜, 刘畅, 万明波, 高理, 2008. 2008 年秋季(9—11月)山东天气评述. 山东气象, 28(4): 60-61, 63.
- 季荣, 谢宝瑜, 李欣海, 高增祥, 李典谟, 2003. 外来入侵种——美国白蛾的研究进展. 昆虫知识, 40(1): 13-18.
- 冀顺霞, 王晓迪, 申晓娜, 刘万学, 万方浩, 吕志创, 2021. 染色质重塑调控生物温度适应性的研究进展, 生物安全学报, 30(2): 79-88.
- 金瑞华, 魏淑秋, 梁忆冰, 1991. 黑头型美国白蛾在我国适生地初探. 植物检疫, 5(4): 241-246.
- 孔雪华, 2010. 极端温度对美国白蛾生长发育和存活的影响. 硕士学位论文. 泰安: 山东农业大学.

- 李运朝, 张焕生, 韩义生, 徐登华, 1991. 秦皇岛市美国白蛾疫情初步调查. 林业科技通讯 (4): 29-30.
- 李玉璠, 艾德洪, 王景文, 于虎勇, 1980. 美国白蛾研究初报. 辽宁农业科学 (2): 44-48.
- 刘川, 黄娅, 孙华梅, 2009. 山东省美国白蛾发生现状分析. 陕西林业科技 (4): 54-57.
- 刘昌兰, 乔仁发, 宋华利, 2005. 美国白蛾生物学特性观察研究. 山东林业科技 (2): 26-27.
- 刘凯强, 2021. 亚洲玉米螟化性分型及其对气候变暖的响应. 博士学位论文. 北京: 中国农业科学院.
- 卢修亮, 曲涛, 邱立新, 苏宏钧, 常桐, 闫峻, 2019. 对林业有害生物防治减灾工作高质量发展的思考. 中国森林病虫, 38(5): 43-48.
- 卢修亮, 韩凤英, 温玄烨, 邱立新, 曲涛, 常国彬, 2021. 美国白蛾发生形势分析与对策建议. 中国森林病虫, 40(1): 44-48.
- 马苗, 姜春燕, 秦萌, 刘慧, 冯晓东, 张润志, 2018. 全国农业植物检疫性昆虫的分布与扩散. 应用昆虫学报, 55(1): 1-11.
- 闵水发, 曾文豪, 陈益娴, 罗治建, 陈亮, 陈肆, 2018. 美国白蛾在湖北孝感市的生物学特性与防治措施. 湖北林业科技, 47(5): 30-33.
- 欧健, 2008. 厦门外来物种入侵风险评估研究. 博士学位论文. 厦门: 厦门大学.
- 乔秀荣, 2001. 美国白蛾在秦皇岛市的生物学特性研究. 河北职业技术师范学院学报, 15(2): 48-51.
- 乔仁发, 刘昌兰, 宋华利, 2003. 美国白蛾年发生代数的初步研究. 山东林业科技 (4): 28-29.
- 秦绪兵, 李东军, 邵文惠, 李占鹏, 曹鹏云, 2000. 美国白蛾在山东的发生与防治. 植物检疫, 14(1): 50-51.
- 宋玉双, 2015. 美国白蛾的综合管理. 哈尔滨: 东北林业大学出版社.
- 孙守慧, 孙丽丽, 邓煜, 林枫, 南俊科, 2017. 美国白蛾两种色型的研究及其对我国美国白蛾防控的启示. 中国森林病虫, 36(5): 13-18.
- 全德侠, 张岩, 赵明阳, 董辉, 李辉, 付强, 2014. 江苏睢宁地区美国白蛾生物学特性观察. 江苏蚕业, 36(1): 8-11.
- 泰州市气象局, 2021. 2021年11月份农业气象月报. (2021-12-17) [2022-01-26]. http://js.cma.gov.cn/dsjwz/tzs/qxfw_4754/wnfw_4758/202112/t20211217_4313709.html.
- 万方浩, 2007. “973”项目“农林危险生物入侵机理与控制基础研究”简介. 昆虫知识, 44(6): 790-797.
- 王昶远, 2000. 美国白蛾在辽宁发生三代的调查及原因. 森林病虫通讯 (3): 27-29.
- 王业宏, 2006. 2006年秋季(9—11月)山东天气评述. 山东气象, 26(4): 45-46.
- 王淑英, 陈超, 1987. 陕西省扑灭美国白蛾初见成效. 森林病虫通讯 (4): 43.
- 吴刚, 戈峰, 万方浩, 肖能文, 李俊生, 2011. 入侵昆虫对全球气候变化的响应. 应用昆虫学报, 48(5): 1170-1176.
- 燕长安, 1990. 警惕美国白蛾侵入河北省. 河北林业科技 (1): 50-51.
- 闫家河, 王文亮, 刘芹, 孙振国, 康智, 张秋梅, 夏明辉, 卞晓阳, 王晶, 高洁, 2011. 鲁西北地区美国白蛾主要发生规律的观察研究. 山东林业科技, 41(2): 1-8.
- 杨慧, 蒋皓天, 何恒果, 2020. 农药对捕食性天敌的影响研究进展. 生物安全学报, 29(1): 1-7.
- 张花龙, 杨念婉, 李有志, 万方浩, 2015. 气候变暖对农业害虫及其天敌的影响. 植物保护, 41(2): 5-15, 36.
- 张建新, 郑秀银, 王恩奎, 周树兴, 王信祥, 1998. 美国白蛾的生活习性与防治. 植物保护, 24(5): 40-41.
- 张向欣, 王正军, 2009. 外来入侵种美国白蛾的研究进展. 安徽农业科学, 37(1): 215-219, 236.
- 赵海燕, 2011. 城阳区美国白蛾发生现状及防控对策. 防护林科技 (2): 70-71.
- 朱水芳, 陈乃中, 李伟才, 张艺兵, 2004. 外来生物入侵及其国境控制体系构想. 植物检疫, 18(1): 32-36.
- TADASHI G, MASAMI N, TAKESHI F, HIDEHARU H, 2007. Shifting of the life cycle and life-history traits of the fall webworm in relation to climate change. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 125(2): 179-184.
- IPCC, 2013. *Climate change 2013: the physical science basis*. Cambridge: Cambridge University Press.
- HIDAKA T, 1977. Adaptation and speciation in the fall webworm: past and future. *Applied Entomology and Zoology*, 68: 129-148.
- MENDELSON T C, SHAW K L, 2005. Use of AFLP markers in surveys of arthropod diversity. *Method Enzymol*, 395: 161-177.
- ROBINET C, ROQUES A, 2010. Direct impacts of recent climate warming on insect populations. *Integrative Zoology*, 5(2): 132-142.
- VISSER E, BOTH C, 2005. Shifts in phenology due to global climate change: the need for a yardstick. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 272: 2561-2569.

(责任编辑:郭莹)