

美国白蛾在泰山的适生性分析*

申卫星^{1,2} 郭慧玲² 迟元凯¹ 谭亚军² 刘会香¹ 黄大卫¹

(1. 山东农业大学植物保护学院 山东省林业有害生物防控工程技术研究中心 泰安 271018;

2. 山东省泰安市泰山风景名胜区管理委员会 泰安 271000)

关键词: 泰山风景区; 美国白蛾; 海拔; 气象因子; 寄主; 适生性

中图分类号: S718.6

文献标识码: A

文章编号: 1001-7488(2012)06-0165-05

Adaptability Analysis of American White Moth in the Mount Tai

Shen Weixing^{1,2} Guo Huiling² Chi Yuankai¹ Tan Yajun² Liu Huixiang¹ Huang Dawei¹

(1. Shandong Forestry Harmful Biological Control Engineering Technology Research Center

College of Plant Protection, Shandong Agricultural University Tai'an 271018;

2. Mount Tai Scenic Area Management Committee of Tai'an in Shandong Province Tai'an 271000)

Abstract: With American white moth continuously spread in Shandong province, its occurrence, prevention and control at the Taishan (Mount Tai), a world natural heritage, cultural heritage, world geological park, the National Civilized and Scenic Area, and the national 5A-class tourist spot, was much concerned. This study mainly analyzed adaptability of American white moth at different altitudes based on the meteorological data of different stations from 2001 to 2009 in the Taishan Scenic Area. The results showed that weather conditions at different altitudes of Taishan Scenic Area were suitable for American white moth growth. At the peak of 1 553.0 m above sea level, the pest could complete one generation in a year. At the low and middle altitude, it completed 2-3 generations, or 1-2 generations in a year. Combined with host ecological distribution and producing eggs characters of the American white moth, we predict that the pest would bring great risk and harm once it enters to the Scenic Areas. It is very urgent and necessary to strengthen the risk management of the Taishan Scenic Area, and to establish a sound early warning and monitoring system for the pest occurrence.

Key words: Taishan scenic area; American white moth; elevation; meteorological factor; host; adaptability

美国白蛾(*Hyphantria cunea*)具有食性杂、食量大、繁殖能力强、适生性广、传播速度快、危害严重等特点,严重危害了我国林木、果树、花卉及农作物的健康生长,是目前国内外最具危险性的入侵物种之一。美国白蛾自1979年首次在辽宁丹东市被发现以来,目前已在河北、山东、安徽、上海、天津、北京等地严重发生,造成了重大经济和生态损失(秦绪兵等2000a;2000b;杨忠岐2004;褚栋等2009)。山东省于1982年在荣成市首次发现,尽管投入了大量的人力物力除治,但仍然没有遏制其疫区的扩散蔓延,目前在山东省17地(市)均有分布和危害;其中2007年在济南、泰安城区发现美国白蛾(杨宝山等,2008)。

泰山是集世界自然遗产、文化遗产、世界地质公园、全国文明风景旅游区、国家5A级旅游名胜区为

一体的名山,其自然景观特色鲜明,政治、社会、生态价值巨大。目前黑头型美国白蛾已在泰安城区大量发生,泰山山城一体的特点使泰山风景区美国白蛾入侵的风险加大,防控形势严峻。深入研究美国白蛾在泰山的适生性,确定泰山美国白蛾的适生范围,将增强泰山风景区美国白蛾防控工作的针对性。

国内外关于美国白蛾适生性分析的资料较少。林伟(1991)应用CLIMEX预测美国白蛾在中国的潜在分布区;刘海军等(2005)结合城市林业特点,进行美国白蛾对北京地区的风险评价;蒋星华(2008)在金华市对美国白蛾进行风险分析;李淑贤等(2009)基于GARP生态位模型及信息扩散理论研究美国白蛾在中国的适生范围,研究结果显示泰山风景区位于我国美国白蛾适生区,但目前国内没有针对不同海拔的美国白蛾的适生性分析。本文依

收稿日期: 2011-07-30; 修回日期: 2012-02-01。

基金项目: 山东省科技厅项目“泰山重大林业有害生物预警技术研究”(2005GG3209144)。

* 刘会香为通讯作者。

据泰山风景区不同海拔的气象数据、美国白蛾寄主分布和产卵特性进行泰山不同海拔美国白蛾的适生性分析,以期对泰山风景区美国白蛾的风险预警和风险管理提供依据。

1 材料与方法

1.1 数据来源 所有气象数据均来自泰安市气象局在泰山风景区设立的 2 个气象台站 54826(海拔 1 553.7 m)和 54827(海拔 128.6 m)所观测的 2001—2009 年数据(具体数据略);其他海拔的逐日温度数据通过海拔每升高 100 m 温度降低 0.6 °C 推算获得,其他数据均来自泰安市泰山风景名胜管理委员会泰山森林病虫害防治检疫站。

1.2 数据处理及方法 适生性评价主要参照金瑞华等(1991)的美国白蛾适生性评价指标体系并结合泰山风景区美国白蛾的寄主分布进行综合分析。

1) 泰山风景区 2001—2009 年有关平均气温的统计 依据气象台站的数据,对 2001—2009 年日平均温度进行统计,计算不同台站 2001—2009 年年均日平均气温 >15 °C 连续天数。统计泰山风景区 2001—2009 年不同海拔 1 月份和 7 月份每日气温数据,计算 1 月份和 7 月份的平均气温。

2) 泰山风景区有效积温(>10 °C)统计及美国白蛾发生世代数的计算 在统计 2001—2009 年泰山风景区不同海拔日均温的基础上,依据美国白蛾发育起点温度为 10 °C,计算大于 >10 °C 不同海拔的有效积温,依据美国白蛾完成 1 个世代所需要的有效积温为 885 日度(张连生等,1999),应用不同海拔的有效积温/美国白蛾完成一个世代所需要的有效积温,计算不同海拔美国白蛾可能完成的世代数。

3) 泰山风景区 6—9 月光照计算 查阅泰山风景区 2001—2009 年 6—9 月日出时间范围和日落时间范围,计算泰山风景区光照时间。

4) 泰山不同海拔美国白蛾寄主分布调查 采用实地调查并结合历史资料查阅,研究不同海拔美国白蛾的寄主及地理分布。

5) 泰山风景区美国白蛾适生性综合分析 将上述泰山风景区 2001—2009 年日不同海拔平均气温 >15 °C 连续天数、1 月平均气温(°C)和 7 月平均气温(°C)、有效积温(>10 °C)(日度)、6—9 月光照(h)等气象数据及美国白蛾的寄主和可能发育的世代数进行综合分析,根据评价指标的数据范围,综合

评判美国白蛾在泰山风景区的适生性。

2 结果与分析

2.1 泰山风景区 2001—2009 年年均日均气温 >15 °C 连续天数、1 月和 7 月平均气温 结果见表 1。

表 1 泰山风景区 2001—2009 年不同海拔年内日平均气温 >15 °C 连续天数、1 月和 7 月平均温度

Tab. 1 The continuous days of daily mean temperature above 15 °C, mean temperature in January and July at different elevations from 2001 to 2009 in Mount

海拔 Elevation/m	>15 °C 天数 ^① Continuous days above 15 °C	平均温度 Mean temperature/°C	
		1 月 January	7 月 July
		126.8	178
326.8	169	-2.19	25.06
526.8	157	-3.39	23.86
626.8	152	-3.99	23.26
726.8	145	-4.59	22.69
926.8	128	-5.79	21.48
1 553.0	84	-7.31	18.15

表 1 表明:低海拔地区(126.8 m)不同年份年均日均气温 >15 °C 连续天数平均 178 天;在海拔 926.8 m,其平均值为 128 天,均大于 121 天,处于金瑞华等(1991)的美国白蛾适生性评价指标中的第 1 级别;最高海拔地区(1 553.0 m)平均为 84 天,处于金瑞华等(1991)美国白蛾适生性评价指标中第 3 级别和第 4 级别之间。这说明平均气温 >15 °C 的连续天数均超过了指标体系,满足其生长发育要求。从表 1 还可以看出:不同海拔、不同年份 1 月份温度平均在 -7.31 ~ 0.99 °C,即使在 1 553.0 m 海拔最高的山顶其温度均值为 -7.31 °C,符合金瑞华等(1991)美国白蛾适生性评价指标中温度范围在 -4 ~ 16 °C 第 3 级别范围,而其他低海拔地区符合第 1 级别温度范围。7 月份海拔 726.8 m 以下的温度均值在 22.69 ~ 26.26 °C,属于第 1 级别 >21.1 °C 的范畴;而处于海拔 926.8 m 处,则温度均值为 21.48 °C,介于第 1 级别和第 2 级别之间;最高海拔 1 553 m 处的 7 月份温度范围均值为 18.15 °C,处于第 3 与第 4 级别之间。这说明不同海拔高度 1 月份和 7 月份的温度可以满足美国白蛾生长发育,海拔越低越适合。

2.2 泰山风景区 6—9 月的光照时间 查阅泰山 2001—2009 年的光照资料,其每年 6—9 月光照时间统计结果见表 2。

表2 泰山风景区6—9月光照时间

Tab.2 Illumination time from June to September in Mount Tai Scenic Area

时间 Time	月份 Month			
	6	7	8	9
日出时间 Time of sunrise	04:43—04:45	04:47—05:07	05:08—05:32	05:32—05:55
日落时间 Time of sunset	19:10—19:20	19:07—19:20	18:31—19:05	17:46—18:29
光照时间 Illumination time/h	14.4~14.6	14.0~14.6	13.0~14.0	12.0~13.0

从表2可以看出:泰山6—9月份光照时间均在4h左右说明泰山景区光照充足,可以满足美国白蛾生长发育对光照的需求。

2.3 泰山风景区有效积温及美国白蛾发生世代数

表3 泰山风景区不同海拔、不同年份有效积温(>10℃)及美国白蛾发生世代数

Tab.3 Effective accumulative temperatures(>10℃) and generation number of *H. cunea* at different elevation and different years in Mount Tai Scenic Area

海拔 Elevation/m	年份 Year									均值 Mean/℃	世代数 Generation
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009		
126.8	2 444.8	2 488.9	2 336.4	2 353.0	2 442.9	2 560.6	2 413.7	2 434.5	2 676.6	2 461.3	2.8
326.8	2 181.0	2 227.7	2 070.6	2 080.0	2 176.7	2 281.5	2 150.4	2 221.8	2 602.6	2 221.4	2.5
526.8	1 925.9	1 978.2	1 816.8	1 821.6	1 917.2	2 014.8	1 898.1	1 984.7	2 377.3	1 970.5	2.2
626.8	1 803.5	1 856.1	1 696.2	1 696.3	1 794.5	1 886.4	1 776.8	1 811.6	2 225.9	1 838.6	2.1
726.8	1 684.6	1 738.8	1 579.2	1 575.3	1 677.0	1 762.5	1 646.7	1 711.8	2 125.4	1 722.4	2.0
926.8	1 568.3	1 625.4	1 470.7	1 456.6	1 561.8	1 642.1	1 535.4	1 464.6	1 817	1 571.3	1.8
1 553.0	905.7	891.5	762.4	810.7	905	957.5	930.3	901	952	890.7	1.0

从表3可以看出:泰山风景区不同海拔的有效积温均可满足美国白蛾生长发育需求,1年内低海拔地区(126.8~626.8m)完成的世代数处于2.1~2.8之间,说明可以完成2~3代,中海拔地区(626m以上)处于1.8~2.0之间,说明可以完成1~2代,最高海拔地区可以完成1代。

2.4 泰山风景区不同海拔美国白蛾寄主分布调查

泰山风景区美国白蛾寄主主要为阔叶树及林下的灌木、草本。阔叶林主要包括麻栎(*Quercus acutissima*)林、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)林、元宝槭(*Acer truncatum*)林、杂木林、果树林5个群系。麻栎林分布最高海拔为1000m,其林下灌木以荆条(*Vitex negundo* var. *heterophylla*)、胡枝子(*Lespedeza bicolor*)等,林下草本植物主要有野古草(*Arundinella* sp.)、鹅观草(*Roegneria kamoji*)等;刺槐林分布可达海拔1000m,但以500~900m最为集中,林下草本植物为水杨梅(*Geum aleppicum*)等;元宝槭林主要分布于1000m以下,林下灌木以荆条、三裂绣线菊(*Spiraea trilobata*)等为主,草本植物主要有大披针藎草(*Carex lanceolata*)、白羊草(*Bothriochloa ischaemum*)、野古草等;杂木林主要分布在低海拔地区,主要树种为毛白杨(*Populus tomentosa*)、枫杨(*Pterocarya stenoptera*)、辽东桤木(*Alnus sibirica*)、赤杨(*Alnus japonica*)、山槐(*Albizia kalkora*)等;果树林

通过对2001—2009年泰山不同海拔温度的统计,其有效积温(>10℃)及美国白蛾发生世代数计算结果见表3。

主要分布在泰山风景区周边地区,组成树种主要有板栗(*Castanea mollissima*)、胡桃(*Juglans regia*)、苹果(*Malus pumila*)、柿树(*Diospyros kaki*)、山杏(*Armeniaca sibirica*)等。上述不同海拔的阔叶树种及林下灌木草本大多为美国白蛾喜食或可食寄主,一旦美国白蛾到达该海拔区域,可以满足其食料需求。

2.5 泰山风景区美国白蛾的适生性综合分析

汇总泰山不同海拔2001—2009年各种气象因子的均值和美国白蛾不同海拔的寄主进行适生性分析,同时参照金瑞华等(1991)黑头型美国白蛾适生性评价指标进行综合评判,结果见表4。

参照金瑞华等(1991)黑头型美国白蛾适生性评价指标进行综合评判,从表4可以看出,泰山不同海拔的所有气象因子和寄主分布均可满足美国白蛾的生长发育需求,在海拔最高处(1553.0m),美国白蛾1年可以完成1代,低海拔和中海拔地区可以完成2~3代或1~2代。

3 结论与讨论

泰山风景区不同海拔的气象因子均适合美国白蛾的生长发育,在海拔最高处(1553.0m),1年至至少可以完成1代,而低海拔和中海拔地区可以完成2~3代或1~2代。结合美国白蛾泰山风景区寄主地理分布和产卵特性,可以预测美国白蛾一旦进入

表 4 泰山风景区美国白蛾适生性分析结果

Tab. 4 The adaptability analysis on American white moth in Mount Tai Scenic Area

气象因子 Meteorological factors	海拔 Elevation/m						
	126.8	326.8	526.8	626.8	726.8	926.8	1 553.0
平均日平均气温 > 15 °C 连续天数 The continuous days of daily mean temperatures above 15 °C	178	169	157	152	145	128	84
7 月平均气温 Mean temperature in July/°C	26.26	25.06	23.86	23.26	22.69	21.48	18.15
1 月平均气温 Mean temperature in Jan./°C	-0.99	-2.19	-3.39	-3.99	-4.59	-5.79	-7.31
有效积温(>10 °C) Effective accumulative temperatures(>10 °C)/(d°C)	2 461.3	2 221.4	1 970.5	1 838.6	1 722.4	1 571.3	890.7
6 月光照 Illumination time in Jun./h	14.4 ~ 14.6	14.4 ~ 14.5	14.4 ~ 14.6	14.4 ~ 14.6	14.4 ~ 14.6	14.4 ~ 14.6	14.4 ~ 14.6
8 月光照 Illumination time in Aug./h	13.0 ~ 14.0	13.0 ~ 14.0	13.0 ~ 14.0	13.0 ~ 14.0	13.0 ~ 14.0	13.0 ~ 14.0	13.0 ~ 14.0
9 月光照 Illumination time in Sept./h	12.0 ~ 13.0	12.0 ~ 13.0	12.0 ~ 13.0	12.0 ~ 13.0	12.0 ~ 13.0	12.0 ~ 13.0	12.0 ~ 13.0
1 年内可能发生的世代数 The possible generations within a year	2 ~ 3	2 ~ 3	2 ~ 3	2 ~ 3	1 ~ 2	1 ~ 2	1

风景区,发生的风险和危害极大。因此,加强美国白蛾的风险管理,建立完善的预警和测报制度,十分重要和必要。

目前国内外农林有害生物的适生性和风险分析多在气候变化背景下根据有害生物已发生区域的气候因素及有害生物的生物生态学特性进行潜在发生区域种群可能分布区域进行分析,为有害生物的监测预警和风险管理提出依据。目前农林有害生物适生性和风险分析主要应用 CLIMEX 系统模拟模型、ArcView GIS(王峰等,2007;何善勇等,2011)、DIVA-GIS/软件中的 BIOCLIM 生态位模型(Linda *et al.*, 2005;葛泉卿等,2006;胥勇等,2008;Paul *et al.*, 2011)、GARP(周国梁等,2007;李红梅等,2005;刘静远等,2008)、Maxent 生态位模型与地理信息系统相结合方法(曾辉等,2008;赵文娟等,2009;王颖等,2009;冯益明等,2009;Stevens *et al.*, 2011),上述方法需要的技术参数多,泰山现有的相关数据和参数无法使用上述分析软件进行相关研究。本研究主要依据金瑞华等(1991)提出的气候相似距库方法所建立的美国白蛾适生性多指标评价体系,该方法是根据 Mayr 的“气候相似性”原理,将某一地点的 m 种气候要素(如光、温、水等)作为 m 维空间,计算世界上任意 2 个地点间“多维空间相似距离 d_{ij} ”,定量地表示不同地点间的气候相似程度,采用多元分析中聚类分析方法,预测有害生物潜在的适生区分布,该方法主要是从环境因子方面研究有害生物的适生地分布(沈文君等,2004)。本研究在此评价指标体系的基础上,添加了美国白蛾的

寄主因子,使泰山美国白蛾的适生性分析更加合理。结合泰山低海拔区 400 m 以下目前已发生区域的实地调查结果,发现该区域美国白蛾一年发生 3 代,以蛹越冬,与依据泰山不同海拔有效积温计算的世代数结果相同,同时也与金瑞华等(1991)利用有效积温与世代数的指标相吻合,验证了金瑞华等(1991)提出的多指标体系的合理性和科学性。本研究首次明确了美国白蛾在泰山风景区不同海拔的适生性分布情况,预警了泰山风景区防控美国白蛾形势的严峻性,建议相关政府职能和技术部门采取一切可能的综合措施,确保泰山风景区的生态安全,本研究结果对于泰山美国白蛾的风险预警和防控具有重要指导作用。

参 考 文 献

- 褚 栋,刘开昌,张 正,等. 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.
- 冯益明,梁 军,吕 全,等. 2009. 松突圆蚧在我国潜在的适生性分析. 林业科学研究, 22(4): 563-567.
- 葛泉卿,温孚江. 2006. 葡萄金黄色花病和葡萄带叶蝉在中国的潜在分布区. 植物保护学报, 33(1): 51-58.
- 何善勇,朱银飞,阿地力·沙塔尔,等. 2011. 枣实蝇在中国的风险评估. 林业科学, 47(3): 107-116.
- 蒋星华,董爱珍,池友军. 2008. 金华市美国白蛾风险分析. 现代农业科技 (2): 89-90, 99.
- 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.
- 李红梅,韩红香,薛大勇. 2005. 利用 GARP 生态位模型预测日本松干蚧在中国的地理分布. 昆虫学报, 48(1): 95-100.
- 李淑贤,高宝嘉,张东风,等. 2009. 美国白蛾危险性评估研究. 中国

- 农学通报, 25(10): 202-206.
- 林 伟. 1991. 美国白蛾在中国适生性的初步研究. 北京农业大学硕士学位论文.
- 刘海军, 骆有庆, 温俊宝, 等. 2005. 北京地区红脂大小蠹、美国白蛾和锈色粒肩天牛风险评估. 北京林业大学学报, 27(2): 81-88.
- 刘静远, 陈洪俊, 李志红, 等. 2008. 基于 GARP 的杏小食心虫在中国的潜在分布研究. 植物保护, 34(5): 39-43.
- 秦绪兵, 李东军, 邵文惠, 等. 2000a. 美国白蛾在山东的发生与防治. 植物检疫, 14(1): 48-49.
- 秦绪兵, 李东军, 邵文惠, 等. 2000b. 山东省查治美国白蛾存在问题与建议. 森林病虫害通讯, 19(5): 41-43.
- 沈文君, 沈佐锐, 李志红. 2004. 外来有害生物风险评估技术. 农村生态环境, 20(1): 69-72.
- 王 峰, 王志英, 喻盛甫. 2007. 基于 ArcView GIS 的松材线虫传入云南风险评估. 云南农业大学学报, 22(5): 639-644.
- 王 颖, 章桂明, 杨伟东, 等. 2009. 基于 MAXENT 的大豆南北方茎溃疡病菌在中国适生区的预测. 植物检疫, (4): 14-17.
- 胥 勇, 周平阳, 王 扬, 等. 2008. 应用 BIOCLIM 生态位模型对松材线虫传入云南的风险评估. 云南农业大学学报, 23(6): 746-753.
- 杨宝山, 梁 伟, 曲士松. 2008. 济南市美国白蛾调查及控制措施. 济南大学学报, 22(3): 292-294.
- 杨忠岐. 2004. 利用天敌昆虫控制我国重大林木害虫研究进展. 中国生物防治, 20(4): 221-227.
- 曾 辉, 黄冠胜, 林 伟, 等. 2008. 利用 Maxent 预测橡胶南美叶疫病菌在全球的潜在地理分布. 植物保护, 34(4): 88-92.
- 张连生, 庞建军. 1999. 美国白蛾生活史观察及防治技术研究. 天津: 天津园林科学研究所, 2-3.
- 赵文娟, 陈 林, 丁克坚. 2009. 利用 MAXENT 预测玉米霜霉病在中国的适生区. 植物保护, 35(2): 32-38.
- 周国梁, 陈 晨, 叶 军. 2007. 利用 GARP 生态位模型预测桔小实蝇在中国的适生性区域. 生态学报, 27(8): 3362-3369.
- Stevens K B, Pfeiffer D U. 2011. Spatial modelling of disease using data and knowledge driven approaches. Spatial and Spatio-Temporal Epidemiology, 2(3): 125-133.
- Linda J B, Lesley H, Michael P. 2005. Predicting species distributions: use of climatic parameters in BIOCLIM and its impact on predictions of species current and future distributions. Ecological Modelling, 186(2): 251-270.
- Paul H E, Sunil K, Thomas J S, et al. 2011. Assessing forest vulnerability and the potential distribution of pine beetles under current and future climate scenarios in the interior west of the US. Forest Ecology and Management, 262(3): 307-316.

(责任编辑 朱乾坤)