

潜蝇亚科六种昆虫在中国的适生区预测

史 丽^{1*}, 申荣荣¹, 高雪峰¹, 李顺德¹, 徐思远¹, 秦誉嘉²

(1. 内蒙古农业大学农学院, 呼和浩特 010019; 2. 中国农业大学植物保护学院, 北京 100193)

摘要 蛇潜蝇属 *Ophiomyia* Braschnikov、黑潜蝇属 *Melanagromyza* Hendel、潜蝇属 *Agromyza* Fallen 是在世界范围内对蔬菜、花卉、林木等构成威胁或潜在威胁的重要有害属。本文用 DIVA-GIS 的 BIOCLIM 模型预测了 3 属 6 种潜蝇在我国的适生区, 研究结果表明, 日本稻潜蝇 *Agromyza oryzae* (Munakata) 有潜在的入侵可能性; 仅在我国局部地区分布的木豆黑潜蝇 *Melanagromyza obtusa* (Malloch)、豆根皮蛇潜蝇 *Ophiomyia centrosematis* (Meijere)、菜豆蛇潜蝇 *O. phaseoli* (Tryon)、萱草蛇潜蝇 *O. kwansonis* Sasakawa、马缨丹蛇潜蝇 *O. lantanae* (Froggatt) 有潜在的扩散蔓延趋势。

关键词 适生性分析; DIVA-GIS; 潜蝇; 双翅目

中图分类号: S 41 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2017.02.007

Prediction of potential geographical distribution of six agromyzids (Agromyzidae: Agromyzinae) in China

Shi Li¹, Shen Rongrong¹, Gao Xuefeng¹, Li Shunde¹, Xu Siyuan¹, Qin Yujia²

(1. College of Agronomy, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, China; 2. College of Plant Protection, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract The three genera *Agromyza*, *Melanagromyza* and *Ophiomyia* have economic importance to vegetables, flowers and woods in the world. Suitability analysis of six species in the global and Chinese fauna was conducted in this study. The BIOCLIM model of DIVA-GIS suggested that the species *Agromyza oryzae* (Munakata) had invasion potential; the five species *Melanagromyza obtusa* (Malloch), *Ophiomyia centrosematis* (Meijere), *O. phaseoli* (Tryon), *O. kwansonis* (Sasakawa) and *O. lantanae* (Froggatt) had spread potential.

Key words suitability analysis; DIVA-GIS; Agromyzidae; Diptera

世界潜蝇科目前已知 2 亚科(潜蝇亚科 Agromyzinae 和植潜蝇亚科 Phytomyzinae) 34 属 2 500 余种^[1]。其中, 有害类群达 17 属 158 种, 而危险性或对蔬菜、花卉、林木等构成威胁或潜在威胁的重要害虫约 8 属 75 种^[2-4], 以斑潜蝇属 *Liriomyza* Mik 为首, 蛇潜蝇属 *Ophiomyia* Braschnikov、黑潜蝇属 *Melanagromyza* Hendel、潜蝇属 *Agromyza* Fallen 均在其内。潜蝇害虫主要以幼虫和蛹随寄主植物及其包装铺垫物等经人为活动进行远距离传播扩散。在蔬菜、花卉、禾谷牧草和苗木产地、边贸及口岸出入境检验检疫中, 应防止国外有害潜蝇类群的传入。

众所周知, 美洲斑潜蝇 *Liriomyza sativae* Blanchard、南美斑潜蝇 *L. huidobrensis* (Blanchard) 和三叶

草斑潜蝇 *L. trifolii* (Burgess) 从海南入侵我国后, 在蔬菜、瓜类、花卉等农业生产中造成严重危害, 且扩散蔓延极快, 经济损失巨大。而本文研究的木豆黑潜蝇 *Melanagromyza obtusa* (Malloch)、豆根皮蛇潜蝇 *Ophiomyia centrosematis* (Meijere)、菜豆蛇潜蝇 *O. phaseoli* (Tryon)、萱草蛇潜蝇 *O. kwansonis* Sasakawa、马缨丹蛇潜蝇 *O. lantanae* (Froggatt) 和日本稻潜蝇 *Agromyza oryzae* (Munakata), 虽未列入检疫名单, 但它们的寄主植物与我们的生活息息相关且在国内栽培较广(见表 1)。除日本稻潜蝇在国内尚未分布外, 其余 5 种潜蝇均在我国南方地区有分布。Talekar^[5]报道了木豆黑潜蝇的危害, 印度和我国台湾分别造成木豆 *Cajanus cajan* (L.) 减产 90% 和 30%。

收稿日期: 2016-03-26 修订日期: 2016-05-20

基金项目: 内蒙古农业大学博士科研启动基金(BJ10-13); 内蒙古杰出青年培育基金(2015JQ03); 国家自然科学基金(31260525)

* 通信作者 E-mail: lirui2003@imau.edu.cn

木豆黑潜蝇和豆根皮蛇潜蝇均被世界大百科全书 (Encyclopedia) 收录为重要经济作物害虫。Peter 等^[6]报道豆根皮蛇潜蝇和菜豆蛇潜蝇在坦桑尼亚为害菜豆 *Phaseolus vulgaris*, 造成菜豆减产 40%。2006—2011 年, 萱草蛇潜蝇在美国对园林花卉造成危害, 降低了园林绿化的观赏性^[7]; Shi 等^[8]报道了马缨丹蛇潜蝇在中国大陆的首次发现, 且马缨丹 *Lantana camara* Linn. 是我国南方地区重要的园林绿化植物, 被广泛栽培, 有扩散蔓延的可能。日本稻潜蝇为害水稻, 是日本稻产区的主要害虫^[15], 而我国也是水稻进出口大国, 有入侵可能。

商胜华等^[9]、黄振等^[10]开展了南美斑潜蝇的适生性和风险分析; 陈洪俊^[11]、汪兴鉴等^[12]、雷仲仁

等^[13]、刘海军等^[14]使用 CLIMEX 生态气候模型和 GARP 生态位模型对三叶斑潜蝇开展了适生性分析和潜在分布预测。李志红等^[15]、饶玉燕等^[16]和吕文诚^[17]基于 DIVA-GIS、CLIMEX、DYMEX 等预测了实蝇科昆虫潜在的地理分布区, 开展了实蝇科昆虫适生性比较研究。

本研究采用 DIVA-GIS 的 BIOCLIM 模型, 对潜蝇亚科 3 属 6 种潜蝇在我国的适生区进行预测, 旨在为水稻、豆类作物和花卉植物上重要潜蝇的入侵、防控和生物防治利用等方面奠定基础。

1 材料与方法

1.1 潜蝇生物学信息

表 1 潜蝇亚科 6 种昆虫的为害方式和寄主植物

Table 1 The types of injury and host plants of six species in Agromyzinae

种名 Species	为害方式 Types of injury	寄主植物 Host plant
木豆黑潜蝇 ^[18] <i>Melanagromyza obtusa</i>	幼虫潜食荚内种子	木豆属 <i>Cajanus</i> sp., 菜豆属 <i>Phaseolus</i> sp., 千斤拔属 <i>Flemingia</i> sp.
豆根皮蛇潜蝇 ^[19] <i>Ophiomyia centrosematis</i>	幼虫潜茎、根	大豆属 <i>Glycine</i> sp., 距瓣豆属 <i>Centrosema</i> sp., 斑鸠菊属 <i>Vernonia</i> sp., 菜豆属 <i>Phaseolus</i> sp., 野豌豆属 <i>Vicia</i> sp., 紫花豌豆属 <i>Pisum</i> sp., 灰毛豆属 <i>Tephrosia</i> sp.
菜豆蛇潜蝇 ^[20] <i>Ophiomyia phaseoli</i>	幼虫潜茎、根	菜豆属 <i>Phaseolus</i> sp., 大豆 <i>Glycine max</i> Merr., 豇豆属 <i>Vigna</i> sp.
萱草蛇潜蝇 ^[21] <i>Ophiomyia kwansonis</i>	幼虫潜叶	萱草 <i>Hemerocallis fulva kwanso</i> Regel
马缨丹蛇潜蝇 ^[22] <i>Ophiomyia lantanae</i>	幼虫潜果	马缨丹属 <i>Lantana</i> sp.
日本稻潜蝇 ^[23] <i>Agromyza oryzae</i>	幼虫潜叶	稻 <i>Oryza sativa</i> L.

1.2 气候数据和软件工具

本研究数据来源于 WORLDCLIM (<http://www.worldclim.org>), 空间分辨率 5 min, 包括 19 个生物气候变量; 物种分布数据来源于 EPPO Global Database (<https://gd.eppo.int/>) 和 Catalogue of Life: 2016 Annual Checklist (<http://www.catalogueoflife.org/col/>); 世界地图来源于 DIVA-GIS 网站 (<http://www.diva-gis.org/>); 中国国界和省界地图, 来源于中国国家基础地理信息中心主办的中国地理信息系统网站 (<http://nfgis.nsd.gov.cn/>)。DIVA-GIS 7.5.0 和 SPSS17.0 从网上免费下载。

1.3 分析方法

采用 SPSS 软件之主成分分析模块对 19 个生物气候变量进行分析, 得出因子载荷矩阵, 采用方差极大正交旋转, 要求因子载荷矩阵各列元素方差总和最大, 筛选关键气候变量。

在 DIVA-GIS 中, 将 6 种潜蝇的地理分布信息, 按照 BIOCLIM 模型的要求, 按照物种名、分布点的经度和纬度顺序储存成后缀名为 .txt 格式的文件; 将已经筛选出的关键气候变量在 Stack/Make Stack 中形成一个图栈; 分别导入已储存的 6 种潜蝇的地理分布经纬度信息和制作好的图栈, 运行 Modeling/Bioclim 模块, 即可得出 6 种潜蝇在中国的潜在适生区图。

2 结果与分析

2.1 主要影响因子分析

采用 SPSS 软件的主成分分析模块、因子载荷矩阵、方差极大正交旋转, 筛选得出影响 6 种潜蝇分布的关键气候变量 (见表 3)。影响 6 种潜蝇分布的 10 个气候变量分别为: 最湿季节的降水量、年平均气温、气温季节性变化、最干季节的降水量、最湿月

降水量、最干月降水量、降水的季节变化、最湿月的平均气温、最热季节的平均气温、最冷季节的平均气温。不同种由于其分布范围不同,影响其分布的关键变量明显不同。年平均气温、最湿季节的降水量、降水的季节变化是影响日本稻潜蝇分布的 3 个关键变量;最冷季节的平均气温、最湿月的降水量、最干月的降水量是影响木豆黑潜蝇分布的 3 个关键变量;气温季节性变化、最湿月的平均气温、最湿月的

降水量、最干季节的降水量是影响豆根皮蛇潜蝇分布的 4 个关键变量;年平均气温、气温季节性变化、最干月的降水量、最湿季节的降水量、最干季节的降水量是影响菜豆蛇潜蝇分布的 5 个关键变量;年平均气温、最湿季节的降水量、最干季节的降水量是影响萱草蛇潜蝇分布的 3 个关键变量;最热季节的平均气温、降水的季节变化、最湿季节的降水量是影响马缨丹蛇潜蝇分布的 3 个关键变量。

表 2 潜蝇亚科 6 种昆虫的分布信息

Table 2 The distribution list of six species in Agromyzinae

(Data are from EPPO Global Database-<https://gd.epppo.int/> and <http://www.catalogueoflife.org/col/>)

种名 Species	分布 Distribution
木豆黑潜蝇 <i>Melanagromyza obtusa</i>	中国(广东、台湾);印度,斯里兰卡,印度尼西亚,日本,马来西亚,缅甸,尼泊尔,巴基斯坦,菲律宾,泰国,越南,澳大利亚,巴布亚新几内亚,多米尼加共和国,法属瓜德罗普岛,海地,波多黎各,美国,孟加拉国
豆根皮蛇潜蝇 <i>Ophiomyia centrosematis</i>	中国(湖北、福建、台湾),日本,印度,马来西亚,印度尼西亚,澳大利亚,肯尼亚,坦桑尼亚,乌干达
菜豆蛇潜蝇 <i>Ophiomyia phaseoli</i>	中国(福建、台湾),以色列,日本,缅甸,越南,印度,尼泊尔,斯里兰卡,菲律宾,马来西亚,泰国,印度尼西亚,澳大利亚,斐济,关岛,美拉尼西亚,密克罗尼西亚,夏威夷,新赫布里底群岛,巴布亚新几内亚,布隆迪,埃及,埃塞俄比亚,肯尼亚,利比亚,马拉维,马里,毛里求斯,尼日利亚,卢旺达,塞内加尔,南非,苏丹,坦桑尼亚,乌干达,扎伊尔,赞比亚,津巴布韦
萱草蛇潜蝇 <i>Ophiomyia kwansonis</i>	中国(台湾),日本,美国
马缨丹蛇潜蝇 <i>Ophiomyia lantanae</i>	中国(云南、台湾);美国,墨西哥,波多黎各,古巴,洪都拉斯,哥斯达黎加,巴拿马,特立尼达和多巴哥,澳大利亚,夏威夷,印度,越南,新加坡,斯里兰卡,肯尼亚,南非
日本稻潜蝇 <i>Agromyza oryzae</i>	日本(北海道、本州),俄罗斯(东西伯利亚)

表 3 影响 6 种潜蝇分布的气候因子比较

Table 3 The environmental variables affecting potential distribution of six species

气候变量 Environmental variable	木豆黑潜蝇 <i>Melanagromyza obtusa</i>	豆根皮蛇潜蝇 <i>Ophiomyia centrosematis</i>	菜豆蛇潜蝇 <i>Ophiomyia phaseoli</i>	萱草蛇潜蝇 <i>Ophiomyia kwansonis</i>	马缨丹蛇潜蝇 <i>Ophiomyia lantanae</i>	日本稻潜蝇 <i>Agromyza oryzae</i>
年平均气温 Annual mean temperature			+	+		+
月平均昼夜温差 Mean diurnal range						
平均日温/年温变化范围 Mean daily/annual temperature range						
气温季节性变化 Temperature seasonality		+	+			
最热月的最高温 Max temperature of warmest month						
最冷月的最低温 Min temperature of coldest month						
气温年变化范围 Temperature annual range						
最湿月的平均气温 Mean temperature of wettest quarter		+				
最干月的平均气温 Mean temperature of driest quarter						

续表 3 Table 3(Continued)

气候变量 Environmental variable	木豆黑潜蝇 <i>Melanagromyza obtusa</i>	豆根皮蛇潜蝇 <i>Ophiomyia centrosematidis</i>	菜豆蛇潜蝇 <i>Ophiomyia phaseoli</i>	萱草蛇潜蝇 <i>Ophiomyia kwansonis</i>	马缨丹蛇潜蝇 <i>Ophiomyia lantanae</i>	日本稻潜蝇 <i>Agromyza oryzae</i>
最热季节的平均气温 Mean temperature of warmest quarter					+	
最冷季节的平均气温 Mean temperature of coldest quarter	+					
年降水量 Annual precipitation						
最湿月的降水量 Precipitation of wettest month	+	+				
最干月的降水量 Precipitation of driest month	+		+			
降水的季节变化 Precipitation seasonality					+	+
最湿季节的降水量 Precipitation of wettest quarter			+	+	+	+
最干季节的降水量 Precipitation of driest quarter		+	+	+		
最暖季节的降水量 Precipitation of warmest quarter						
最冷季节的降水量 Precipitation of coldest quarter						

2.2 6种潜蝇在中国的适生性分析

DIVA-GIS 的 BIOCLIM 模型自动将预测结果分为 6 级。根据预测结果,结合 6 种潜蝇实际发生程度,参考雷仲仁等^[13]、吕文诚^[17]的前期研究,将其在中国的适生区域划分为 4 个等级,如表 4。

表 4 6 种潜蝇的适生性评判标准

Table 4 The evaluation standard of potential geographic distributions of six species

适生区划分 Division of potential geographic range	适宜值范围 Range of values	适生区描述 Character of potential geographic range
非适生区 Impossible distribution area	发生概率=0	不能生存
低度适生区 Lower potential distribution area	0<发生概率≤25%	不太适宜生存
中度适生区 Moderate potential distribution area	25%<发生概率≤50%	较适宜生存
高度适生区 Highly potential distribution area	50%<发生概率≤100%	适宜生存

日本稻潜蝇 *Agromyza oryzae* 在中国的适生情况(如图 1)如下:高度适生区包括西藏东南部的零星地区,云南西北部、中东部和东南部,贵州中南部,四川中部、南部、东部的零星地区,重庆北部和南

部的零星地区,湖南西部,湖北西部、中部、东部和东南部的部分地区,陕西南部,安徽的西南部和东南部部分地区,浙江的北部和中部,江西的西北部部分地区;中度适生区包括云南、贵州、广西、广东、福建、浙江、江西、江苏、安徽、河南、陕西、湖北的大部分地区,黑龙江和吉林的东南部的部分地区,西藏、四川和湖南的零星地区,海南中部地区;低度适生区包括西藏、云南、贵州、广西、广东、福建、浙江、江苏、安徽、山东、河南、陕西、山西、四川、贵州、湖北、湖南、江西、黑龙江、吉林的零星地区。

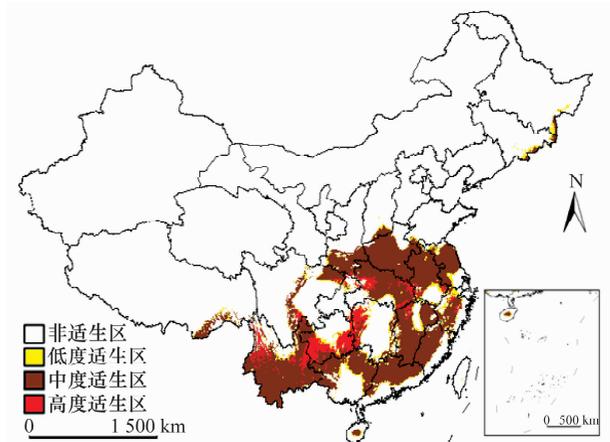


图 1 日本稻潜蝇 *Agromyza oryzae* 在中国的适生性
Fig. 1 The potential geographic range of *Agromyza oryzae* in China using BIOCLIM of DIVA-GIS

木豆黑潜蝇在中国的适生情况如图 2 显示: 高度适生区包括云南中部和南部的大部分地区和北部的零星地区, 广西西北和西南的部分地区, 海南中部地区; 中度适生区包括云南的大部分地区, 贵州南部、广西西部和东南部, 广东、福建东南部的部分地区, 西藏南部、四川南部的部分地区; 低度适生区包括西藏南部、云南北部、四川、贵州西南部、广东北部、广西北部、江西南部、福建、湖北北部、甘肃南部的部分地区。

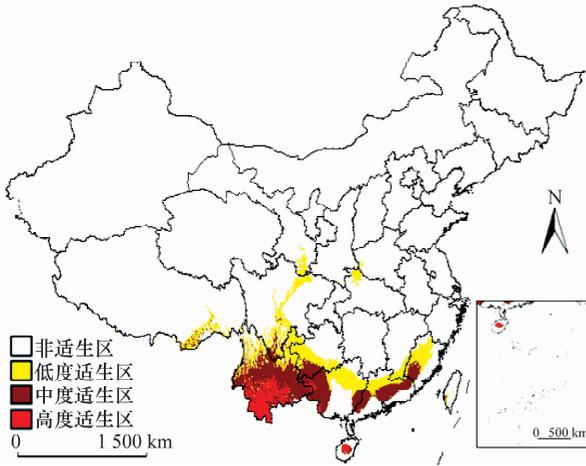


图 2 木豆黑潜蝇 *Melanagromyza obtusa* 在中国的适生性

Fig. 2 The potential geographic range of *Melanagromyza obtusa* in China using BIOCLIM of DIVA-GIS

豆根皮蛇潜蝇在中国的适生情况如图 3 显示: 高度适生区包括云南和海南的部分地区; 中度适生区包括西藏南部、四川东部和中南部、重庆市中部、贵州南部、湖南南部、湖北东南部、安徽西南部、江苏南部的部分地区, 云南、广西、广东、福建、江西、浙江的大部分地区, 海南、台湾的部分地区; 低度适生区包括四川东南部和中南部、湖南中南部和东南部、湖北东南部、江西北部、浙江北部、江苏南部的部分地区。

菜豆蛇潜蝇在中国的适生情况如图 4 显示: 高度适生区包括云南南部、海南中南部的大部分地区, 台湾中西部和中东部的部分地区; 中度适生区包括西藏南部、四川南部、贵州南部、台湾中部的零星地区, 云南的大部分地区, 广西、广东、福建东南部、海南北部的部分地区; 低度适生区包括西藏南部、四川中部、贵州南部、云南中部的部分地区, 广西、广东、福建、台湾北部的大部分地区。

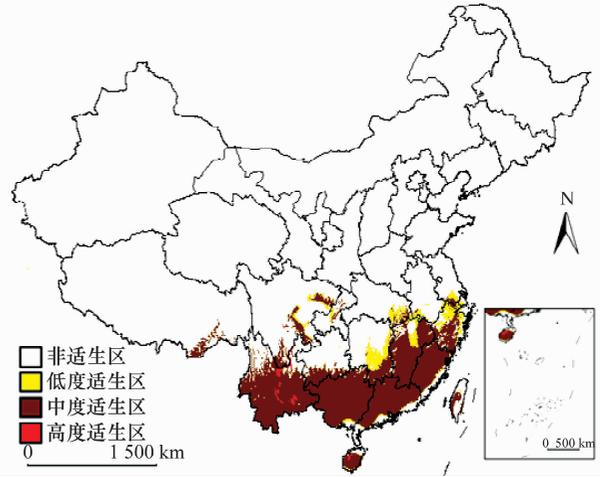


图 3 豆根皮蛇潜蝇 *Ophiomyia centrosematis* 在中国的适生性

Fig. 3 The potential geographic range of *Ophiomyia centrosematis* in China using BIOCLIM of DIVA-GIS

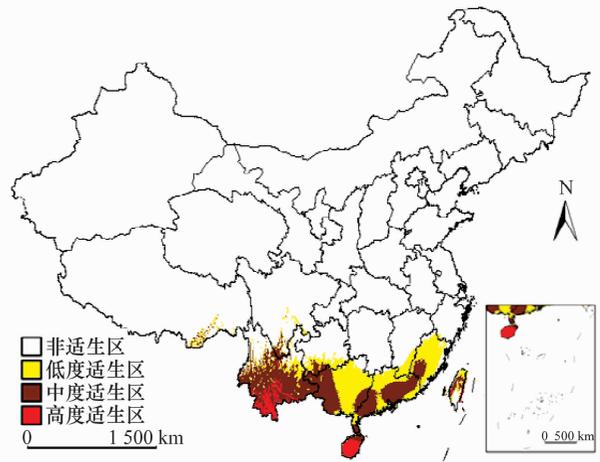


图 4 菜豆蛇潜蝇 *Ophiomyia phaseoli* 在中国的适生性

Fig. 4 The potential geographic range of *Ophiomyia phaseoli* in China using BIOCLIM of DIVA-GIS

萱草蛇潜蝇在中国的适生情况如图 5 显示: 无高度适生区; 中度适生区包括贵州东南部、广西北部、广东中部和北部、福建的大部分地区, 重庆东南、湖南西北的部分地区, 江西西北、东北、南部的零星地区, 安徽中西部、湖北中东部的零星地区; 低度适生区: 贵州、广西、广东、福建、湖北南部的零星地区, 湖南西北部、江西、安徽、浙江的部分地区。

马缨丹蛇潜蝇在中国的适生情况如图 6 显示: 高度适生区包括西藏南部的零星地区, 云南的大部分地区, 海南的中部地区; 中度适生区包括西藏南部的零星地区, 云南的大部分地区, 海南的中部地区, 四川、贵州、广西、广东、福建的部分地区; 低度适生

区包括西藏、四川、贵州、广西、广东、福建、海南的部分地区。

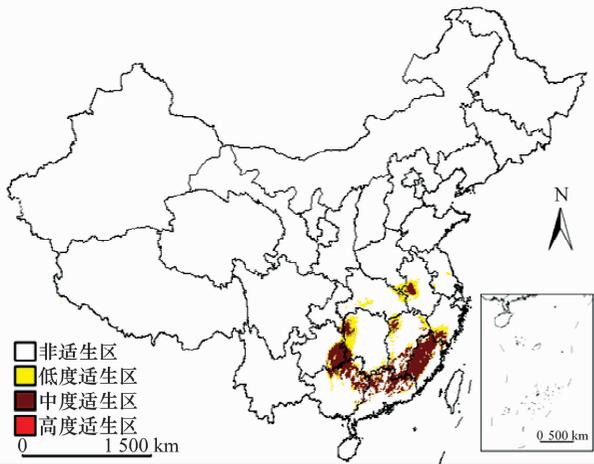


图5 萱草蛇潜蝇 *Ophiomyia kwansonis* 在中国的适生性

Fig. 5 The potential geographic range of *Ophiomyia kwansonis* in China using BIOCLIM of DIVA-GIS

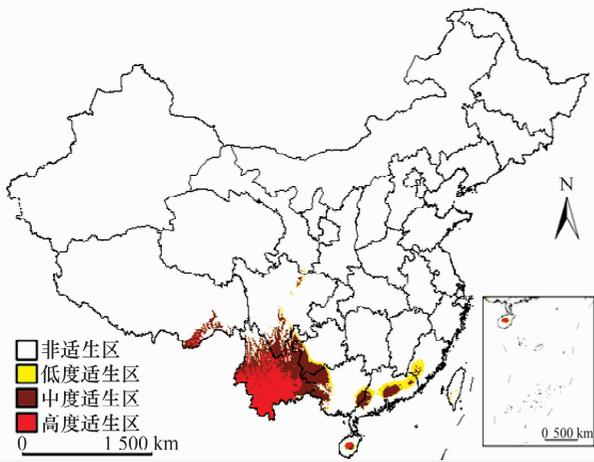


图6 马缨丹蛇潜蝇 *Ophiomyia lantanae* 在中国的适生性

Fig. 6 The potential geographic range of *Ophiomyia lantanae* in China using BIOCLIM of DIVA-GIS

3 结论与讨论

3.1 6种潜蝇的适生性比较

本文使用 DIVA-GIS 的 BIOCLIM 模型,开展了6种潜蝇的适生性预测。从中国的动物地理区划^[24]角度来看,日本稻潜蝇的适生区主要集中于华北区、西南区、华中区和华南区,而木豆黑潜蝇、豆根皮蛇潜蝇、菜豆蛇潜蝇、马缨丹蛇潜蝇则在西南区和华南区,萱草蛇潜蝇则在西南区、华中区和华南区。

3.2 稻类和豆类作物潜蝇防控建议

我国水稻的集中产区在长江流域以南地区,而

日本稻潜蝇在我国的预测适生区恰好和我国水稻产区基本一致,因此,要加强水稻生产中的潜叶蝇类昆虫的准确鉴定和入境检疫,严防其成为新的入侵种。

我国豆类作物产区主要分为北方春大豆区、黄淮海夏大豆区、长江流域春夏大豆区、东南春夏秋大豆区、华南四季大豆区。对3种潜蝇的适生分布预测结果显示,木豆黑潜蝇、豆根皮蛇潜蝇、菜豆蛇潜蝇为害长江流域春夏大豆区、东南春夏秋大豆区和华南四季大豆区,要加强对大豆产区潜叶蝇种类的普查和准确鉴定,摸清不同地区、不同作物品种上的优势潜蝇种和发生规律,制定恰当的防治策略^[6],避免重大经济损失。

相君成等^[25]、王凯歌等^[26]、益浩^[27]均开展了美洲斑潜蝇、南美斑潜蝇和三叶斑潜蝇的种间竞争研究,以期防治策略制定提供参考。目前,豆秆黑潜蝇 *Melanagromyza sojae* (Zehntner)在我国广布于各大豆产区,豆梢黑潜蝇 *Melanagromyza dolichostigma* (Meijere)已经危害长江流域春夏大豆区、东南春夏秋大豆区和华南四季大豆区。这两个种与木豆黑潜蝇 *Melanagromyza obtusa*、豆根皮蛇潜蝇 *Ophiomyia centrosematis* 和菜豆蛇潜蝇 *Ophiomyia phaseoli* 同域分布时,是否存在种间竞争,还需进一步研究。

3.3 萱草蛇潜蝇防控建议

萱草 *Hemerocallis fulva* (L.)原产于中国、西伯利亚、日本和东南亚。1930年以后,美国一些植物园、园艺爱好者收集中、日等国所产萱草植物,进行杂交育种,现品种已达万种以上,成为重要的观赏及切花花卉,也是百合科花卉中品种最多的一类。2006年美国首次报道萱草蛇潜蝇至今,已有15个州有该虫发生。对萱草蛇潜蝇的适生性预测结果显示,美国东南部地区和欧洲的零星地区属于高度适生区,而我国不在高度适生区范围,贵州、广西、广东、福建、重庆、湖南、江西、安徽、湖北省的部分地区均列入中度适生区范围,这些地区也是我国早期栽培萱草科植物的原产地。随着人民生活质量的提高,国际花卉贸易的增加,萱草蛇潜蝇很可能成为中国大陆的新入侵种,需要加强从美国和欧洲进口的百合科萱草属植物及其繁殖材料的检疫力度。

3.4 马缨丹蛇潜蝇生物防治建议

马缨丹 *Lantana camara* Linn. 是一种原产巴西、秘鲁和乌拉圭等热带美洲的植物^[28-29],明朝末年

就被引入到台湾, 现在我国广东、海南、福建、台湾、广西等作为园林观赏植物有栽培, 且已逸为野生。因其繁殖能力很强, 已经成为中国大陆的入侵种, 特别是马缨丹在云南被列为 II 级危害程度的外来入侵植物^[30]。马缨丹蛇潜蝇以幼虫蛀食马缨丹属植物的种子, 曾被用来控制马缨丹属植物的入侵^[31-32]。我国尚未开展此类研究, 希望通过研究马缨丹蛇潜蝇的生物学特性和生态学习性, 利用昆虫与植物的自然控制作用, 大大减轻野生马缨丹植物对当地农业生产和水资源生态系统的影响。

参考文献

- [1] Scheffer S. Agromyzidae [EB/OL]. <http://agromyzid.myspecies.info/agromyzidae-leafmining-flies>. 2010.
- [2] Spencer K A. Agromyzidae (Diptera) of economic importance [J]. Series Entomologica, 1973, 9: 14 - 18.
- [3] 汪兴鉴, 陈小琳. 潜蝇科常见有害属的分类鉴定[J]. 植物保护, 2000, 26(6): 14 - 18.
- [4] 汪兴鉴, 陈小琳. 世界 13 种黑潜蝇害虫名录及分类鉴定[J]. 植物检疫, 2001, 15(4): 201 - 207.
- [5] Talekar N S. Agromyzid flies of food legumes in the tropics [M]. New Delhi: Wiley Eastern Ltd., 1990: 1 - 297.
- [6] Peter K H, Swella G B, Mushobozy D M K. Effect of plant populations on the incidence of bean stem maggot (*Ophiomyia* spp.) in common bean intercropped with maize [J]. Plant Protection Science, 2009, 45(4): 148 - 155.
- [7] 周贤. 美国佛罗里达州首次在萱草上发现萱草潜叶蝇[J]. 植物检疫, 2012, 26(5): 97.
- [8] Shi L, Jin C Y, Gao X F. First report of *Ophiomyia lantanae* (Froggatt) (Diptera: Agromyzidae) on the Chinese mainland, with a checklist of known species of *Ophiomyia* in China [J]. Entomotaxonomia, 2015, 37(1): 59 - 71.
- [9] 商胜华, 徐明勇, 武祖荣. 南美斑潜蝇在贵州烟区的适生性及其危险性分析[J]. 中国烟草科学, 2007, 28(6): 39 - 43.
- [10] 黄振, 黄可辉. 南美斑潜蝇在中国的定性及定量风险分析[J]. 江西农业学报, 2009, 21(1): 83 - 86.
- [11] 陈洪俊. 西花蓟马和三叶草斑潜蝇在中国的风险评估及管理对策研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2005.
- [12] 汪兴鉴, 黄顶成, 李红梅, 等. 三叶草斑潜蝇的入侵、鉴定及在中国适生区分析[J]. 昆虫知识, 2006, 43(4): 540 - 545.
- [13] 雷仲仁, 姚君明, 朱灿雄, 等. 三叶斑潜蝇在中国的适生区预测[J]. 植物保护, 2007, 33(5): 100 - 103.
- [14] 刘海军, 陈洪俊, 吴佳教, 等. 基于 CLIMEX 与 GARP 的三叶草斑潜蝇在中国的潜在分布预测[J]. 广东农业科学, 2012(7): 88 - 91.
- [15] 李志红, 吕文刚, 饶玉燕, 等. 实蝇适生性分析中 DYMEX 与 DIVA-GIS 的比较研究[M]// 成卓敏. 粮食安全与植保科技创新. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2009: 921.
- [16] 饶玉燕, 黄冠胜, 李志红, 等. 基于 DYMEX 和 DIVA-GIS 的昆士兰果实蝇潜在地理分布预测[J]. 植物保护学报, 2009, 36(1): 1 - 6.
- [17] 吕文诚. 葡萄花翅小卷蛾在中国的潜在地理分布研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2012.
- [18] Malloch J R. Formosan Agromyzidae [J]. Annales Historico-naturales Musei Nationalis Hungarici, 1914, 12: 306 - 336.
- [19] Meijere J C H de. Uber *Melanagromyza centrosematis* n. sp. aus Java nebst Bemerkungen uber andere tropische Melanagromyzen (Dipter. Agrom.) [J]. Tijdschrift voor Entomologie, 1940, 83: 128 - 131.
- [20] Tryon H. The bean maggot [J]. Transactions of the Natural History Society of Queensland, 1895, I (1892-3-4): 4 - 7.
- [21] Sasakawa M. A study of the Japanese Agromyzidae (Diptera) Part 2. [J]. Pacific Insects, 1961, 3(2/3): 307 - 472.
- [22] Froggatt W W. The Lantana fly (*Agromyza lantanae*) [J]. The Agricultural Gazette of New South Wales, 1919, 30: 665 - 668.
- [23] Kato S. A taxonomic study on the rice leaf-miner, *Agromyza oryzae* (Munakata) (Dipt., Agromyzidae) [J]. Bulletin of the National Institution of Agricultural Science of Japan, 1956, Series C, 6: 25 - 34.
- [24] 张荣祖. 中国动物地理[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 124 - 135.
- [25] 相君成, 雷仲仁, 王海鸿, 等. 三种外来入侵斑潜蝇种间竞争研究进展[J]. 生态学报, 2012, 32(5): 1616 - 1622.
- [26] 王凯歌, 益浩, 雷仲仁, 等. 两种外来入侵斑潜蝇在海南地区的竞争取代调查分析[J]. 中国农业科学, 2013, 46(22): 4842 - 4848.
- [27] 益浩. 美洲斑潜蝇和三叶草斑潜蝇不同虫态间的竞争研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2014.
- [28] 林英, 戴志聪, 司春灿, 等. 入侵植物马缨丹 (*Lantana camara*) 入侵状况及入侵机理研究概况与展望[J]. 海南师范大学学报 (自然科学版), 2008, 21(1): 87 - 93.
- [29] Hiremath A J, Sundaram B. The Fire—*Lantana* cycle hypothesis in Indian forests [J]. Conservation and Society, 2005, 3(1): 26 - 42.
- [30] 丁莉, 杜凡, 张大才. 云南外来入侵植物研究[J]. 西部林业科学, 2006, 35(4): 98 - 103, 108.
- [31] Spencer K A. A synopsis of the Oriental Agromyzidae (Diptera) [J]. Transactions of the Royal Entomology Society of London, 1961, 113: 55 - 100.
- [32] Spencer K A. Host plant specialization in the world Agromyzidae (Diptera) [J]. Series Entomologica, 1990, 45: 1 - 444.

(责任编辑: 田 喆)