

外来有害生物风险评估方法研究进展*

郭晓华** 齐淑艳 周兴文 孙晓扬

(沈阳大学生物与环境工程学院, 沈阳 110044)

摘 要 外来有害生物给生态环境、农业生产、人类健康带来的影响和造成的经济损失越来越受到人们的关注。与此同时, 对外来有害生物风险评估方法的研究及其应用也在逐步深入。通过对多指标综合评估法、农业气候相似距法、地理信息系统、生态气候模型评价、模糊综合评判等方法的分析, 概述了外来有害生物风险评估方法的含义和利弊, 探讨了不同外来物种在不同环境条件下的适生性, 综述了国内外评估方法应用的研究进展, 对该研究领域的发展趋势进行了展望。

关键词 外来有害生物; 风险评估; 适生性

中图分类号 S435 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2007)09-1486-05

Research progress on alien pest risk assessment methods. GUO Xiao-hua, QI Shu-yan, ZHOU Xing-wen, SUN Xiao-yang (College of Biological and Environmental Engineering, Shenyang University, Shenyang 110044, China). *Chinese Journal of Ecology* 2007 26(9):1486-1490.

Abstract: More and more attentions have been paid on the impacts of alien pests on eco-environment, agricultural production, human health and economy, and rapid progress has been made on the researches of pest risk assessment (PRA) methods and their applications. This paper analyzed the advantages and disadvantages of several PRA methods including multi-element synthetic assessment, agricultural climate analogies distance analysis, geographical information system (GIS), CLIMEX and fuzzy mathematic analysis, and discussed the viability of invasive species under different environmental conditions. Some research advances on the application of PRA methods at home and abroad were also reviewed, with the development trend of this research domain prospected.

Key words: alien pest; risk assessment; viability.

1 引 言

随着国际贸易往来的增多和各种人为因素影响的急剧增加, 外来有害生物入侵对环境和经济造成的影响越来越大, 降低生态系统的服务功能, 加快生物多样性的丧失, 破坏环境资源, 危害农林业生产, 对人体健康造成危害, 带来巨额经济损失(徐正浩和王一平, 2004)。这就使外来有害生物的风险评估(pest risk assessment, PRA)备受人们关注。广义的外来有害生物风险评估是预测有害生物传入一个国家(地区)以及定植后造成经济损失的可能性。狭义的风险评估是评价其传入(包括进入、定植)和

扩散的可能性、潜在的经济和环境影响等各项指标的风险大小, 对传入过程中的不确定事件进行识别、预测、处理, 使各种风险减小到最低程度的评价措施。就风险评估内容而言, 一是研究潜在外来物种的引入、载体和定居之前的传播途径, 使决策者做出特定条件下的准入、禁入决定; 二是控制外来物种定居在新地区后在稀有物种中的分布, 包括暴露在新环境下的状况、对突发事件的应急反应以及预测对环境、经济造成的损失。目前, 各国植物检疫机构普遍采用规范植物检疫行为的《实施动植物卫生检疫措施协议》中的有害生物风险分析的准则(Food and Agriculture Organization, 1996), 将定性与定量评估相结合, 建立各种较为科学的、系统的、操作性强的风险评估手段, 预测入侵物种的风险大小。

* 辽宁省科技厅科技攻关资助项目(2004214001)。

** 通讯作者 E-mail: zikexi@163.com

收稿日期: 2006-08-21 接受日期: 2007-06-07

2 外来有害生物风险评估的主要方法及应用

2.1 多指标综合评估法

多指标综合评估法是根据 PRA 分析准则,应用系统科学、生物学理论和专家决策系统的基本理论和方法,对有害生物各项风险指标进行等级划分、计算风险指数并建立数学模型的定量评估方法。

早在 20 世纪 80 年代,美国、澳大利亚就开始采用给有害生物打分的方法确定其危害性大小(Nix, 1986; Royer, 1989)。蒋青等(1994)建立了以生物因子为起点的综合指标评估体系,包括国内有否分布、潜在的危害程度、受害作物的经济重要性、移植的可能性、降低危险性的难易程度等,对后来的外来有害生物风险评估具有一定的指导意义。之后,该研究小组又在确定上述各项指标的评判标准、权重以及风险指数基础上,建立了风险评估模型(蒋青等, 1995)。随着《实施动植物卫生检疫措施协议》的生效,各种植物保护条例和公约相继出台。各成员国也在总原则下建立了各自的具体风险评估方法。90 年代至今,美国、加拿大、澳大利亚、新西兰等国在外来有害生物风险评估方面取得较大进展,中国在该领域的研究处于领先地位。有研究者对美洲豚草(*Ambrosia artemisiifolia*)在我国的气候适生性进行分析,建立了符合检疫性有害生物的地理和管理标准(郭琼霞等 2004)。黄茂俊等(2006)对刺桐姬小蜂(*Quadrastichus erythinae*)进行风险分析的结果是其中度偏高的有害生物。根据多指标综合评估的分析结果,郑华(2005)得出双钩异翅长蠹(*Heterobostrychus aequalis*)属于高度危险的林业有害生物。对松突圆蚧(*Hemiberlesia pitysophila*)进行定性和定量的多指标评估,确定其为高度危险的森林有害生物(黄振裕 2001)。

多指标综合评估方法是专家根据经验确定有害生物指标体系再予以分级、量化的方法,指标体系中包含许多不确定因素,如生物在不同品种间和变种间、不同年份之间、不同经济密集度的地域之间存在许多差异,这为准确进行风险评估带来一定困难和不确定因素,因此,外来有害生物风险评估指标体系的建立还有待于进一步完善。

2.2 农业气候相似距分析

农业气候相似距是魏淑秋(1984)建立的有害生物适生区分析方法,即在分析适生区气候指标的基础上(包括各地与疫区的气候相似程度、生物的

生态气候相似指标以及二者的相互结合等因素)确定有害生物的适生区。该方法是根据 Mayer 的“气候相似性”原理,将某一地点 m 种气候因素作为 m 维空间,计算地球上任意 2 点间多维空间相似距离 d_{ij} ,定量表示不同地点间的气候相似程度,预测有害生物潜在的适生区分布。

金瑞华等(1988)率先利用该系统对美国白蛾(*Hyphatiria cunea*)在我国的适生地分布进行了研究。通过气候相似比较并结合生态气候下限指标,蒋青(1994)分析了假高粱(*Sorghum halepense*)在世界的可能分布区及在我国的适宜分布区和不适宜分布区。在研究桔小实蝇(*Bactrocera dorsalis*)时,其结果是云南滇西北除 8 县为非适生区外,其余均为适生区(蒋小龙等 2001)。周卫川等(1998)建立了褐云玛瑙螺(*Achatina fulica*)在我国的高度适生区、适生区、轻度适生区和非适生区系模型。之后,他们又运用数学模型和气候数据库研究了高风险等级物种——硬雀麦(*Bromus rigidus*)在中国定植的可能性(周卫川和郭琼霞 2005)。有研究者利用此方法对甜菜锈病(*Uromyces betae*)和小麦矮腥黑穗病(*Tilletia controversa*)在中国的适生性进行了分析(徐汝梅等 2003)。

应用该方法进行有害生物潜在的适生性分布区域研究,可从气候条件出发宏观预测物种的适生区,但也有不足之处,如这些研究仅从环境条件方面考虑有害生物的可能分布,忽略了生物对不利环境条件的适应能力、生物与生物之间的相互作用,如植物的化感作用等(梅玲笑等 2005)。另外,有些气象站点之间的气候指标变化很大,气象站的资料不足以完全代表所有地点的气候条件,使研究的结果不够细致、全面。

2.3 地理信息系统

地理信息系统(geographical information system, GIS)是 20 世纪 60 年代发展起来的一个地理学研究科学和技术,它既是描述、存储、分析和输出空间信息的理论和方法的交叉科学,又是以地理空间数据为基础,根据多种空间和动态的地理信息,建立的地理模型技术系统。Liebhold(1993)率先将其应用于植物检疫研究。随后,该方法在有害生物风险性分析、疫情监测和检疫决策等方面发挥了重要作用。林伟和陈克(1996)在进行苹果蠹蛾(*Cydia pomonella*)风险评估时,建立了世界和中国约 3000 个点的气候和生物因子数据库,构建了地理信息系统数据

库(即图形库)将苹果蠹蛾分布图与各种因子图层(气候和寄主等)进行叠加分析,预测其潜在的适生区分布。白章红等(1997)在收集世界主要小麦产区的地理、气候、生物资料的基础上,对小麦印度腥黑穗病菌(*Tilletia indica*)在中国的适生性进行了分析。中美专家根据18年的气象数据,建立的小麦矮腥黑穗病菌地理植物病理学模型取得了国际领先的成果,绘制出TCK发生的风险区划图(USDA,1998;陈克等,2002)。周卫川(2004)研究福寿螺(*Ampullarium crosseana*)在中国的定殖风险的研究表明,福寿螺在我国危险区面积占60%左右,对我国的水稻生产和生态安全构成严重威胁。赵友福和林伟(1995)研究了梨火疫病(*Erwinia amylovora*)可能的分布区及其与生态因子(环境与寄主)的关系,确定了梨火疫病的生态限制因子指标。对云杉树蜂(*Sirex noctilio fabricius*)(殷玉生等,2002)、蔗扁蛾(*Opogona sacchari*)(鞠瑞亭等,2004)、稻水象甲(*Lissorhoptrus oryzophilus*)(王金伟和刘冬华,1997)的入侵风险以及西花蓟马(*Frankliniella occidentalis*)最适宜分布区和潜在适宜分布区也有人进行了评估(戴森等,2004)。彭正强等(2006)利用ArcView GIS(3.3版)对害虫椰心叶甲(*Brontispa longissima*)进行预测的结果表明,椰心叶甲在中国的高度适生范围大约在16.53°—25.73°N,97.85°—118.91°E,5个省(自治区)的58个点。

地理信息系统的出现不仅使定量的风险评估研究进一步深化,而且可从地理位置和气候分布的差异角度分析生物种群空间格局,使潜在外来有害生物的分布向图形和图像化发展,这为生态学领域中的物种入侵、种群分布、景观生态等研究提供了有效的方法。但该方法对气候、地理以外的因素未予考虑。

2.4 生态气候模型评价

生态气候模型评价(CLIMEX)是从生物对环境条件(主要是气候条件)的反应角度出发,用种群在不同温度、湿度、光照条件下的增长指数和滞育指数、冷、热、干、湿等条件下的逆境指数和逆境交互作用指数来反映物种适生状况,最终用生态气候指数(ecoclimatic index, EI)($EI = GI_A \times SI \times SX$, GI_A 为年增长指数, SI 为逆境指数, SX 逆境交互作用指数)模拟种群在已知地的参数,确定种群在未知分布地的生长模型。

Sutherst 和 Maywald(1985)建立了用于生态气

候评价分析的 CLIMEX 模型,并预测了2种角蝇在澳大利亚的适宜流行区分布。该模型是一种通过已发生地的气候条件预测其在其它地理位置的分布和相对丰盛度的动态仿真模型,早期曾被用于亚洲长角天牛(*Anoplophora glabripennis*)(MacLeod et al., 2002)分析中。程俊峰等(2006)将 CLIMEX 和 GIS 分析方法相结合,利用 GIS 的插值和叠加功能,并采用 CLIMEX 预测所得的 EI 值进行插值替换,分析了寄主和湖泊等因素对西花蓟马分布的影响。马骏等(2003)利用 CLIMEX 提出了豚草卷蛾(*Epiblema strenuana*)及其寄主豚草(*Ambrosia artemisiifolia*)、三裂叶豚草(*A. trifida*)与银胶菊(*Parthenium hysterophorus*)的生态气候风险分析法。宋红敏等(2004)经过对松材线虫(*Bursaphelenchus xylophilus*)的昆虫媒介——松墨天牛(*Monochamus alternatus*)的全球适生区研究,拟和出松材线虫在中国的潜在分布区域。荆玉栋等(2003)认为,褐纹甘蔗象(*Rhabdoscelus lineaticollis*)适宜生长范围与甘蔗的种植区相吻合,应超前进行入侵防控。梁宏斌等(1999)将 CLIMEX 软件中的参数值进行调试后,在模拟准确率达到90%情况下预测了新疆麦双尾蚜(*Diuraphis noxia*)在中国的适生区。日本金龟子(*Popillia japonica*)(张清芬等,2002)、沙棘木蠹蛾(*Holcocerus hippophaecolus*)(路常宽等,2006)、桔小实蝇(侯柏华和张润杰,2005)的潜在分布区域也先后被研究。

目前,应用 CLIMEX 系统软件进行有害生物预测的报道越来越多。该系统的优点是能综合考虑气候和生物的相互关系,但也存在缺陷,如假设生态气候指标的大小与种群潜在生长能力呈线性关系,但这种假设与实际情况有差距。另外,影响物种适生区除了气候因子外,还包括诸多非气候因子,故此方法预测的结果有一定的局限性。

2.5 模糊综合评判法

所谓模糊综合评判,就是借助模糊关系的原理,针对被评判事物各个相关因子的影响,对事物做出总的评价。设有 m 个评估地,选每一评估地的 n 个因素作为评判因子,根据每一评判指标的期望指标建立隶属函数,计算出各因子实际指标对期望指标的隶属度,每一评估地对各期望指标的隶属度就构成了一个 $n \times m$ 阶矩阵,由此计算出物种的适生值(张星耀,1999)。范京安和赵学谦(1994)选择了四川25个站点,30年的气象资料(1961—1990年)的7项生态因子,用模糊综合评判法研究了桔小寡

鬃实蝇 (*Dacus dorsalis*) 在四川省的适生分布范围。之后他们又采用专家系统咨询与规划决策中确定权重的重要方法——层次分析法 (AHP), 研究了 7 项生态因子对桔小实蝇生长发育影响 (范京安和赵学谦, 1997; 范京安, 1998)。张润杰和侯柏华 (2005) 采用模糊决策的基本理论和方法, 建立桔小实蝇传入风险的模糊综合评估模型。吕全等 (2005) 应用模糊综合评判的数学方法, 以 30 年全国 639 个台站的原始气象数据为依据, 定义 5 个因子的隶属函数, 建立模糊综合评判矩阵, 得出松材线虫不同程度适生值。

目前采用此方法进行的分析主要是基于气象因子, 未涉及寄主等生物因子, 有待于进一步发展。

2.6 其他风险评估方法

美国农业部动植物检疫局应用基于蒙特卡罗 (Monte Carlo) 模型的 @ risk 软件系统, 通过建模型、确定不确定性、模型仿真分析等过程进行有害生物风险评估 (徐汝梅等, 2003)。Nix (1986) 创建的 BIOCLIM 生物气候分析和预测系统对物种的过去、现在和未来的可能分布区进行了定量分析。Royer (1989) 曾建立了一个专门用于 PRA 的世界植物病原数据库, 在此基础上又建立了归纳法推理和神经网络系统的计算机辅助决策系统。Peterson 和 Co-hoor (1999a)、Yamamura 和 Katsumata (1999) 采用预设预测规则的遗传算法 (GARP), 以墨西哥实蝇为例建立了预测检疫性有害生物进口传播概率的数学模型, 分析了气候变化对物种分布的影响。王艳平和温俊宝 (2006) 将 GARP 生态位模型和风险性定量分析方法相结合, 预测刺桐姬小蜂在中国的潜在地理分布, 认为中国东南部大部分地区是该虫的适生区。沈佐锐等 (2003) 建立了生态模拟现实 ESR (ecologically simulated reality) 模型, 提出了 ESR 有害生物风险分析技术。

3 外来有害生物风险评估展望

3.1 完善风险评估的理论和研究方法

国内外的风险评估指导性原则和标准还处于早期发展阶段, 上述提到的任何一种方法在某些方面还有一定的不足之处, 迫切需要建立科学合理、可行性强、准确性高的风险识别、评估方法对外来有害生物的入侵风险进行预测。

3.2 建立定性定量相结合评估体系

计算机软件的应用和各种评估模型的建立为

PRA 量化分析提供了有效手段, 但软件和模型的应用是以数据为基础, 许多数据存在受主观因素影响、模糊、难以准确量化等现象, 所以绝对定量评估是不现实的, 应进一步发展定性定量相结合的评估体系。

3.3 发展宏观的时空环境预测与微观的分子生物学手段相结合的分析技术

随着 DNA 检测技术的快速发展, 多种 DNA 多态性标记分析等高科技手段被应用于物种鉴定、系统进化、遗传差异比较、有害生物监测等研究过程。目前, 各种 DNA 标记检测技术已在真菌、细菌、病毒、害虫等有害生物分析中发挥了重要作用, 应进一步使现有的风险评估方法与分子检测技术有机结合, 开辟用分子生物学手段研究外来有害生物与其传播媒介及其寄主关系的新途径。

3.4 建立科学、合理的预警机制和防控体系

为封锁、控制外来有害生物入侵和蔓延, 需在风险评估的基础上进一步完善检疫规则及风险评价制度, 建立有效的预警机制和防控体系, 实行预引种审查制度, 为物种是否准入提供准确的决策依据。

参考文献

- 白章红, 周国梁, 钱天荣, 等. 1997. 小麦印度腥黑穗病菌在中国适生性的初步研究. 植物检疫, 11(6): 331-334.
- 陈克, 姚文国, 章正, 等. 2002. 小麦矮腥黑穗病在中国定殖风险分析及区划研究. 植物病理学报, 32(4): 312-318.
- 程俊峰, 万方浩, 郭建英. 2006. 西花蓟马在中国适生区的基于 CLIMEX 的 GIS 预测. 中国农业科学, 39(3): 525-529.
- 戴森, 杜予州, 刘伟, 等. 2004. 西花蓟马在中国的适生性分布研究初报. 植物保护, 30(6): 48-51.
- 范京安, 赵学谦. 1994. 用模糊综合评判法研究桔小实蝇在四川的适生分布. 西南农业学报, 8(1): 41-46.
- 范京安, 赵学谦. 1997. 农作物外来入侵生物风险评估体系与方法研究. 植物检疫, 11(2): 57-62.
- 范京安. 1998. 用模糊综合评判法探讨桔小实蝇在中国的适生分布. 植物检疫, 12(2): 76-80.
- 郭琼霞, 黄可辉, 刘景苗. 2004. 美洲豚草 (*Ambrosia artemisiifolia*) 风险分析. 武夷科学, 20: 115-121.
- 黄振裕. 2001. 森林有害生物松突圆蚧的危险性分析. 华东昆虫学报, 10(2): 101-104.
- 黄茂俊, 刘建锋, 蔡卫群. 2006. 林木害虫刺桐姬小蜂风险分析. 植物检疫, 20(1): 22-24.
- 侯柏华, 张润杰. 2005. 基于 CLIMEX 的桔小实蝇在中国适生区的预测. 生态学报, 25(7): 1569-1574.

- 蒋青,梁忆冰,王乃杨,等. 1994. 有害生物危险性评价指标体系的初步确立. 植物检疫, **8**(6):331-334.
- 蒋青,梁忆冰,王乃扬,等. 1995. 有害生物危险性评价的定量分析方法研究. 植物检疫, **9**(4):208-211.
- 蒋青. 1994. 应用农业气候相似距分析假高粱在我国的适生范围. 植物检疫, **8**(5):257-262.
- 蒋小龙,和万忠,肖 枢,等. 2001. 桔小实蝇在云南边境生物学研究及适生性分析. 西南农业大学学报, **23**(6):510-517.
- 荆玉栋,任 立,张润志. 2003. 褐纹甘蔗象(*Rhabdoscelus lineaticollis* Heller)在中国的适生区分析. 昆虫知识, **40**(5):446-449.
- 金瑞华,魏淑秋,梁忆冰,等. 1988. 利用气候相似距研究美国白蛾在我国的地理分布//中国植物保护学会植物检疫协会. 第2届全国代表大会暨学术讨论会专刊:26-32.
- 鞠瑞亭,杜予州,戴 霖. 2004. 蔗扁蛾在中国的适生性分布研究初报. 植物检疫, **18**(3):129-133.
- 吕 全,王卫东,梁 军. 2005. 松材线虫在我国的潜在适生性评价. 林业科学研究, **18**(4):460-464.
- 路常宽,骆有庆,李镇宇,等. 2006. 沙棘木蠹蛾潜在分布区预测与分析. 北京林业大学学报, **28**(2):106-111.
- 林 伟,陈 克. 1996. 地理信息系统及其在植检领域的应用前景. 植物检疫, **10**(2):81-83.
- 梁宏斌,张润志,张广学. 1999. 麦双尾蚜在中国的适生区预测. 昆虫学报, **42**(S1):55-61.
- 马 骏,万方浩,郭建英,等. 2003. 豚草卷蛾在我国的生物气候相似性分析. 中国农业科学, **36**(10):1156-1162.
- 梅玲笑,陈 欣,唐建军. 2005. 外来杂草加拿大一枝黄花对入侵地植物的化感效应. 应用生态学报, **16**(12):2379-2382.
- 彭正强,程立生,鞠瑞亭,等. 2006. 椰心叶甲在中国的适生性分布. 热带作物学报, **27**(1):80-83.
- 宋红敏,张清芬,韩雪梅,等. 2004. CLIMEX:预测物种分布区的软件. 昆虫知识, **41**(4):379-386.
- 沈佐锐,马晓光,高灵旺,等. 2003. 植保有害生物风险分析研究进展. 中国农业大学学报, **8**(3):51-55.
- 魏淑秋. 1984. 农业气候相似距简介. 北京农业大学学报, **10**(4):427-428.
- 王金伟,刘冬华. 1997. 稻水象在吉林省的适生性分析及检疫对策. 植物检疫, **11**(S1):38-40.
- 王艳平,温俊宝. 2006. 新入侵种刺桐姬小蜂在中国的危险性评估. 昆虫知识, **43**(3):364-367.
- 徐汝梅. 2003. 生物入侵——数据集成、数量分析与预警. 北京:科学出版社:156,173.
- 殷玉生,徐金祥,安榆林. 2002. 云杉树蜂(*Sirex noctilio fabrivius*)的风险分析. 检验检疫科学, **12**(3):41-42.
- 徐正浩,王一平. 2004. 外来入侵植物的成灾机制及防除对策. 生态学杂志, **23**(3):124-127.
- 周卫川,蔡金发,陈德牛,等. 1998. 褐云玛瑙螺在我国的适生性研究. 动物学报, **44**(2):138-143.
- 周卫川,郭琼霞. 2005. 硬雀麦的进境风险评估. 植物检疫, **19**(6):96-98.
- 周卫川. 2004. 外来入侵生物福寿螺的风险分析. 检验检疫科学, **14**(6):37-39.
- 张润杰,侯柏华. 2005. 桔小实蝇传入风险的模糊综合评估. 昆虫学报, **48**(2):221-226.
- 张清芬,徐 岩,黄新凯. 2002. 日本金龟子在中国适生区的预测. 植物检疫, **16**(2):73-77.
- 张星耀. 1999. 森林病理学研究的生态数学方法. 北京:中国林业出版社:76-98.
- 赵友福,林 伟. 1995. 应用地理信息系统对梨火疫病可能分布的初步研究. 植物检疫, **9**(6):321-326.
- 郑 华. 2005. 双钩异翅长蠹的危险性分析与风险管理. 东北林业大学学报, **33**(3):85-86.
- Food and Agriculture Organization. 1996. International standards for phytosanitary measures. Part 1: Import regulations: Guidelines for pest risk analysis (Draft Standard). Secretariate of the International Plant Protection Convention, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- Liebholt AM, Rossi RE, Kemp WP. 1993. Geostatistics and geographic information systems in applied insect ecology. *Annual Review of Genetics*, **38**:303-327.
- MacLeod A, Evans HF, Baker RHA. 2002. An analysis of pest risk from an Asian longhorn beetle (*Anoplophora glabripennis*) to hardwood trees in the European community. *Crop Protection*, **21**:635-645.
- Nix NA. 1986. A biogeographic analysis of the Australian elapid snakes// Longmore R, ed. Atlas of Elapid Snakes: Australian Flora and Fauna (series number 7). Canberra: Australian Government Publishing Service:415.
- Peterson AT, Cohoon KP. 1999. Sensitivity of distributional prediction algorithms to geographic data completeness. *Ecological Modelling*, **117**:159-164.
- Royer MH. 1989. Integrating computerized decisions aids into the pest risk analysis process. NAPPO Annual Meeting, October 16-20. 1989, Quebec City, Quebec.
- Sutherst RW, Maywald GF. 1985. A computerized system for matching climates in ecology. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **13**:281-299.
- USDA. 1998. Risk assessment for the importation of US milling wheat containing teliospores of *Tilletia controversa* (TCK) into the People's Republic of China. Washington DC:USDA.
- Yamamura K, Katsumata H. 1999. Estimation of the probability of insect pest introduction through imported commodities. *Researches on Population Ecology*, **41**:275-282.

作者简介 郭晓华,女,1961年生,硕士,教授。主要从事生态安全及物种遗传资源教学和研究工作。E-mail: zikexi@163.com
责任编辑 王 伟