

厦门市外来物种入侵现状及其风险评价指标体系^{*}

欧 健¹ 卢昌义^{1,2**}

(¹ 厦门大学环境科学研究中心, 厦门 361005; ² 厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室, 厦门 361005)

摘 要 通过对厦门地区外来物种入侵状况的实地调查, 对已有文献资料的查阅和专家咨询, 整理了厦门市已入侵或值得警惕的外来植物名录。并从气候、土壤、植被生态群落结构、地貌特征、人为和自然干扰状况以及港口交通贸易等方面分析了厦门市外来生物入侵现状的原因。结合前人在外来生物入侵的风险评价方面的研究成果, 针对厦门市的外来植物入侵现状, 构建了适应厦门地区外来植物入侵风险评价指标体系框架, 该指标体系由“移居与建群的可能性”、“危害与影响”和“预防与控制”3大部分, 共计6个一级指标, 17个二级指标构成。

关键词 生物入侵, 外来入侵物种, 风险评价

中图分类号 X820.4 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2006)10-1240-05

Present situation of alien plants invasion and its risk assessment system in Xiamen City. OU Jian¹, LU Changyi^{1,2} (¹ *Research Center of Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361005, China;* ² *State Key Laboratory of Marine Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361005, China.* *Chinese Journal of Ecology*, 2006, 25(10): 1240~1244.

Based on the field survey of alien plant invasion and the consultation of related literatures and specialists, a list of invaded and potential alien plants in Xiamen City was compiled, and the causes of alien plant invasion in this city were analyzed from the aspects of climate, soil, vegetation community structure, geographical characteristic, natural and anthropogenic disturbances and transportation, etc. Based on the previous researches in bio-invasion risk assessment, and aiming at the present situation in Xiamen, a risk assessment system for alien plants invasion was established, which consisted of three parts, *i. e.*, probability of migration and establishment, hazard and impact, and prevention and control, and included 6 primary indexes and 17 secondary indexes.

Key words bio-invasion, alien invasive species, risk assessment.

1 引 言

按照世界自然保护同盟(IUCN)的定义, 所谓外来物种(alien species), 是指那些出现在其过去或现在的自然分布范围及扩散潜力以外的物种、亚种或以下的分类单元, 包括其所有可能存活、继而繁殖的部分、配子或繁殖体。而外来入侵物种(invasive alien species)则是指从自然分布区通过有意或无意的人类活动而被引入, 在当地的自然或半自然生态系统中形成了自我再生能力, 并给当地的生态系统或景观造成明显损害或影响的物种^[1]。

20世纪末以来, 生物入侵造成生态环境破坏和巨大经济损失的问题已成为影响全球环境变化的重要问题之一, 其严重后果已经逐步引起世人的重视。据中国首次外来入侵物种调查研究报告显示, 我国外来入侵物种共计283种, 其每年造成的直接及间接经济损失高达1198.76亿元, 为国内生产总值的

1.36%^[9]。因此, 防止生物入侵, 对保护生物多样性和维护生态系统良性循环均具有重大意义, 已成为生态保护的重要工作。

厦门地区外来物种入侵的问题亦不容乐观, 猫爪藤(*Macfadyena unguis-cati*)、互花米草(*Spartina alterniflora*)、凤眼莲(*Eichhornia crassipes*)和沙筛贝(*Mytilopsis sallei*)等入侵物种已在厦门地区造成了一定程度的危害和损失。由于外来物种入侵的危害严重, 并且一旦暴发成害, 根除的可能性很小, 因而研究哪些物种会成为入侵种, 入侵会在哪些地方造成危害以及造成什么样的危害就至关重要^[8]。而防止外来物种造成危害的关键是要阻止可能会成为入侵种的外来生物的传入, 这就要求对引入外来物种进行入侵风险评价。目前国内外对外来物种的

* 厦门市科技局科技项目(3502Z20022012)和厦门市环境保护科研所资助项目。

** 通讯作者

收稿日期: 2006-01-17 接受日期: 2006-07-15

风险评价着重于其对当地农、林、牧、渔业等社会经济方面的影响,而对于外来物种可能造成的生物多样性减少,生态环境破坏则涉及较少。

《厦门市环境保护条例》第2章第10条提出“引进生物、推广应用转基因技术,必须依法进行环境影响评价并接受有关行政主管部门的监督管理”,即要求对厦门市的外来生物引进实施环境风险评价。因此,对厦门市外来物种入侵现状及其原因进行调查、分析,构建适应厦门地区的外来植物入侵风险评价指标体系,对于外来物种在当地的引进管理和决策具有重大的现实意义。

2 厦门市外来物种入侵现状及其原因

2.1 厦门市外来物种入侵概况

厦门市($24^{\circ}24' \sim 24^{\circ}55' \text{N}$, $117^{\circ}53' \sim 118^{\circ}25' \text{E}$)位于福建省东南部九龙江入海处,背靠漳州、泉州平原,濒临台湾海峡。全市由厦门岛、鼓浪屿及内陆九龙江北岸沿海部分地区和同安组成,其主体——厦门岛面积约 132.5 km^2 ,海岸线蜿蜒曲折,全长 234 km ,港区外岛屿星罗棋布(29个岛屿),厦门港是条件优越的海峡性天然良港,是我国东南沿海对外贸易的重要口岸。

厦门地区主要的外来入侵物种包括猫爪藤、互花米草、凤眼莲和沙筛贝等。猫爪藤是鼓浪屿岛上危害最为严重的入侵植物,它与五爪金龙等入侵植物伴生,共同危害岛上的生态系统,这种藤本植物善于攀爬、覆盖、绞杀其他植株,使之生长不良或枯死。它已经占领了岛上的大片山体与园林并且还有继续扩张的趋势,其对鼓浪屿的植被群落和风貌建筑等旅游资源都造成了极大的破坏。凤眼莲主要分布在集美区杏林湾水库、九天湖流域,同安东西溪、官浔溪、泥山溪,翔安九溪及其支流,海沧北溪引水干渠灌溉渠道,以及厦门岛岛内湖边水库及其溢洪道等。凤眼莲暴发时往往占据了大片水面,造成水质恶化,水道受阻,每年要耗费大量人力物力予以清除。互花米草主要分布在东屿湾和海沧海堤外侧一线,大嶝海域一带亦有少量分布,互花米草萌芽快、扎根深、种子传播能力强,生长极快,其入侵破坏了潮间带原有的生态环境且对沿海红树林的生长造成了威胁。沙筛贝则主要生长在马銮湾内,通过与其它养殖贝类争夺附着基、饵料及生存空间,对当地海水养殖造成不利影响。

2.2 厦门市已入侵或值得警惕的外来植物名录

通过对厦门市外来植物种类的分布进行实地普查,文献资料的查阅、外来物种数据库查询以及专家咨询,整理了厦门市已入侵或值得警惕的外来植物名录(表1)。表1的69种外来植物是厦门地区出现过的、已入侵或可能造成危害、值得警惕的外来植物种类。

2.3 外来物种入侵现状原因分析

根据厦门地区的外来植物入侵状况的调查研究,分析造成其入侵现状的原因,可以从气候、土壤、植被生态群落结构、地貌特征、人为和自然干扰状况以及港口交通贸易等方面加以探讨。

2.3.1 气候与土壤因素 厦门市处于北回归线边缘,属南亚热带海洋性季风气候,气温变化小,厦门年平均气温 20.7°C ,极端最高气温 38.5°C ,极端最低气温 1.5°C 。年平均降水量约为 $1\,143.5 \text{ mm}$,全年降水的 pH 值 4.43 ,最低为 3.75 ,酸雨频率达 78.8% ,降水集中于春夏两季,形成比较明显的干湿季变化^[7]。年平均相对湿度为 77% ,在南亚热带气候影响下,厦门分布范围最广的地带性土壤为赤红壤,其次为水稻土、滨海盐土,还有少量红壤土和沙土。厦门的气候与土壤条件适合热带亚热带经济作物的生长与栽培,是进行植物引种和迁地保护的优良场所,同样也为外来物种的入侵、定殖与扩散提供了适宜的条件。

2.3.2 多样的生境类型 厦门地处南亚热带近海河口港湾区,具有河口、港湾、海岛、滨海湿地等多种类型的生态系统,为多种动植物提供了适宜的生境,同时也为外来物种入侵提供了充裕的生态位,有利于其生存和扩张。值得一提的是厦门拥有重要的生态系统——红树林生态系统以及中华白海豚(*Sousa chinensis*)、白鹭(*Egretta garzetta*)、文昌鱼(*Branchiostoma belcheri*)和中国鲎(*Tachypleus tridentatus*)等国内外珍贵、稀有的物种。外来物种入侵造成本土物种生存空间压缩、破坏亦不容小视,厦门海域互花米草疯长危及红树林生长从而造成赖此生存的物种减少就是很好的例证。

2.3.3 人为、自然干扰因素 厦门是中国最早的经济特区之一,由于经济建设的需要,几十年来进行的大规模城市基础设施建设,对原有的植被生物群落造成了很大的冲击,城市活动摧毁了原有的较为稳定的生态系统;每年 $5 \sim 6$ 次台风袭击以及干旱和近年来酸雨的发生,对植被的生长分布也有一定的影响。厦门地区的地带性植被为亚热带季风常绿阔叶

表1 厦门市已入侵或值得警惕的外来植物名录

Tab. 1 List of alien plants identified as current or future threats to Xiamen area

科名	种名	种数	科名	种名	种数
胡椒科 Piperaceae	草胡椒 <i>Peperomia pellucida</i>	1	玄参科 Scrophulariaceae	野甘草 <i>Scoparia dulcis</i>	3
荨麻科 Urticaceae	小叶冷水花 <i>Pilea microphylla</i>	1		波斯婆婆纳 <i>Veronica persica</i>	
藜科 Chenopodiaceae	土荆芥 <i>Chenopodium ambrasioides</i>	1		婆婆纳 <i>V. polita</i>	
苋科 Amaranthaceae	空心莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i>	4	紫葳科 Bignoniaceae	猫爪藤 <i>Macfadyena unguis-cati</i>	1
	刺花莲子草 <i>A. pungens</i>		菊科 Compositae	胜红蓟(藿香蓟) <i>Ageratum conyzoides</i>	14
	刺苋 <i>Amaranthus spinosus</i>			钻形紫菀 <i>Aster subulatus</i>	
	皱果苋(野苋) <i>A. viridis</i>			三叶鬼针草 <i>Bidens pilosa</i>	
紫茉莉科 Nyctaginaceae	紫茉莉 <i>Mirabilis jalapa</i>	1		香丝草 <i>Conyza bonariensis</i>	
落葵科 Basellaceae	心叶落葵薯 <i>Anredera cordifolia</i>	1		小蓬草 <i>C. canadensis</i>	
十字花科 Cruciferae	臭芥 <i>Coronopus didymus</i>	2		苏门白酒草 <i>C. sumatrensis</i>	
	北美独行菜 <i>Lepidium virginicum</i>			野苘蒿 <i>Crassocephalum crepidioides</i>	
豆科 Leguminosae	金合欢 <i>Acacia farnesiana</i>	4		假臭草 <i>Eupatorium catarium</i>	
	银合欢 <i>Leucaena leucocephala</i>			牛膝菊 <i>Galinsoga parviflora</i>	
	白香草木樨 <i>Melilotus albus</i>			银胶菊 <i>Parthenium hysterophorus</i>	
	含羞草 <i>Mimosa pudica</i>			裸柱菊 <i>Soliva anthemifolia</i>	
酢浆草科 Oxalidaceae	红花酢浆草 <i>Oxalis coxymbosa</i>	1		羽芒菊 <i>Tridax procumbens</i>	
大戟科 Euphorbiaceae	飞扬草 <i>Euphorbia hirta</i>	2		三裂螞蝗菊 <i>Wedelia trilobata</i>	
	蓖麻 <i>Ricinus communis</i>			一年蓬 <i>Erigeron annuus</i>	
锦葵科 Malvaceae	野西瓜苗 <i>Hibiscus trionum</i>	2	禾本科 Gramineae	野燕麦 <i>Avena fatua</i>	12
	赛葵 <i>Malvastrum coromandelianum</i>			地毯草 <i>Axonopus compressus</i>	
梧桐科 Sterculiaceae	蛇婆子 <i>Waltheria indica</i>	1		蒺藜草 <i>Cenchrus echinatus</i>	
西番莲科 Passifloraceae	龙珠果 <i>Passiflora foetida</i>	1		铺地黍 <i>Panicum repens</i>	
仙人掌科 Cactaceae	仙人掌 <i>Opuntia stricta</i>	2		假高粱(石茅) <i>Sorghum halepense</i>	
	单刺仙人掌 <i>O. monacantha</i>			蟋蟀草 <i>Echinochloa indica</i>	
伞形科 Umbelliferae	细叶芹 <i>Apium leptophyllum</i>	1		棕叶狗尾草 <i>Setaria palmifolia</i>	
旋花科 Convolvulaceae	五爪金龙 <i>Ipomoea cairica</i>	2		互花米草 <i>Spartina alterniflora</i>	
	圆叶牵牛 <i>I. purpurea</i>			香根草 <i>Vetiveria zizanioides</i>	
马鞭草科 Verbenaceae	马缨丹 <i>Lantana camara</i>	4		坚尼草 <i>Panicum maximum</i>	
	蔓马缨丹 <i>L. montevidensis</i>			两耳草 <i>Paspalum conjugatum</i>	
	假连翘 <i>Duranta repens</i>			红毛草 <i>Rhynchelytrum repens</i>	
	假马鞭草 <i>Stachytarpheta jamaicensis</i>		天南星科 Araceae	大 <i>Pistia stratiotes</i>	1
唇形科 Labiateae	山香(山薄荷) <i>Hyptis suaveolens</i>	1	雨久花科 Pontederiaceae	凤眼莲 <i>Eichhornia crassipes</i>	1
茄科 Solanaceae	曼陀罗 <i>Datura stramonium</i>	3	茜草科 Rubiaceae	阔叶丰花草 <i>Spermacoce latifolia</i>	1
	假烟叶树 <i>Solanum erianthum</i>		商陆科 Phytolaccaceae	美洲商陆 <i>Phytolacca americana</i>	1
	水茄 <i>S. torvum</i>			总计	69

林,原始森林已绝迹,现多为人工林、树种单一,植被类型、层次结构简单。植被群落类型主要包括常绿阔叶林、针阔混交林、红树林、竹林、灌丛、草丛、滨海沙生植被和农田类人工植被等类型,植物种类主要有马尾松(*Pinus massoniana*)、杉木林和相思树(*Acacia confusa*)林、木麻黄(*Casuarina equisetifolia*)、凤凰木(*Delonix regia*)以及低丘荒地上的灌草丛和滨海红树植物白骨壤(*Avicennia marina*)和秋茄(*Kandelia candel*)^[7]。人工栽培植被,主要是农作物和果树,还有绿化景观植物。普遍的观点认为,人为或自然原因导致的环境扰动可能加速外来物种的入侵,而城市活动是重要的干扰源之一。此外,物种组成丰富的群落即生物多样性高的群落对生物入侵

的抵抗能力较强,而生态结构简单的群落更容易遭受入侵,如退化的草场,单一的人工林、农田、空地等人为干扰的生态群落,是入侵和暴发容易发生的地区。厦门地区由于人为及自然的干扰,存在的广阔的农田景观及较为单一的城区人工植被,容易受到外来物种的入侵危害。

2.3.4 岛屿型生态系统 厦门地区岛屿众多,包括厦门本岛,有30个岛屿,存在着如厦门岛、鼓浪屿等海岛型生态系统,其它一些面积较小的岛屿生态条件差,受干旱和台风影响较大,且受人为干扰严重,树种单一,生物多样性较低,因而也为具有较强适生能力的外来物种的入侵创造了条件。

2.3.5 港口交通、贸易因素 作为我国东南沿海的

一个重要港口, 国内外交通和货运的枢纽, 厦门港口贸易往来频繁, 水陆域交通便利发达; 厦门又是著名的侨乡, 引种历史悠久。国际商贸交易与游客往来一直是外来物种入侵的便捷途径^[10]。如此便利的港口及陆域交通, 一旦稍有疏忽, 则可能有意或无意地引进更多的外来物种, 其中少数则可能造成危害。据国家针对外来物种入侵的重点攻关课题研究调查报告表明, 76.3%的外来入侵动物是由于检查不严, 随贸易物品或运输工具传入我国的。

3 厦门外来物种入侵风险评价指标体系的构建

3.1 国内外的案例与经验

在外来物种入侵风险评价指标体系的构建方面, 国内外已有一些风险评价的案例, 如, 由休斯顿大学环境学院在美国得克萨斯州东南部海港城市——加尔维斯敦进行的入侵物种风险评价, 通过由6条评价准则组成的评价体系对所辖区域主要的60种水生和陆生的外来入侵物种进行了评价。并为政府提供了防控措施优先顺序的建议; Daehler等^[14]编制的《夏威夷外来植物评价协议》主要从“入侵物种对生态系统的影响、物种生活特性、潜在的扩散能力及控制难度”4个方面对夏威夷及其它太平洋岛屿上可能造成入侵威胁的外来植物进行风险评价, 同时, 还对澳大利亚杂草风险评价系统进行改写应用于夏威夷地区的杂草风险评价; 美国墨西哥湾的不同河口地区也对当地的外来生物入侵状况进行了调查和评价。此外, 前人对外来物种风险评价所作的尝试与探讨也可以作为很好的借鉴, 如国外杂草风险预测方法的典型例子, 澳大利亚杂草风险评价系统(Weed Risk Assessment System)^[5], 它是根据物种生物地理、物种不受欢迎的特征、生物学或生态学特征等方面的一系列的问题库构成的。又如国内蒋青等^[11]提出的有害生物危险性评价指标体系, 季良^[4]对检疫性有害生物危险性分析; 范京安等^[9]的作物外来物种风险评价体系与方法, 向言词等^[3]对植物外来种的生态风险评价和管理以及农业部“八五”重点课题PRA课题组1997年确立的有害生物危险性评价体系^[9]等。

3.2 外来植物入侵风险评价指标体系

生物入侵是一个复杂的链式过程, 一般可分为引入阶段、定殖与建群阶段(时滞阶段)、扩散与危害阶段(即成为入侵生物)^[8]。越来越多的证据表明, 在入侵的不同阶段, 外来物种的入侵行为及表现出

来的特征并不相同。不同的阶段有着各自不同的入侵成功概率, 最终物种是否入侵成功是几个概率的累积结果。建立外来物种风险评价指标体系的关键就是要分析和确定影响外来物种入侵过程的各因素, 然后针对指标体系采取适当的评价方法进行定量或定性分析。在此本文提出厦门市外来植物入侵风险评价指标体系框架。本入侵风险评价指标体系分为三大部分, 分别是“移居与建群的可能性”、“危害与影响”和“预防与控制”。其下设置了6个一级指标。根据每个一级指标的内容, 设置了17个二级指标对外来入侵植物物种进行评价(表2)。

表2 外来植物风险评价体系指标权重

Tab. 2 Index weight of alien plants risk assessment system

一级指标(权重)	二级指标(权重)
1 传入的可能性(15%)	1.1 人为有意传播的可能性(4%) 1.2 人为无意传播的可能性(3%) 1.3 目前传入途径的管理现状(4%) 1.4 物种引入次数及引入的数量(4%)
2 定殖的可能性(15%)	2.1 是否适合厦门地区的气候及环境(5%) 2.2 物种自身的繁殖特性(10%)
3 扩散的可能性(15%)	3.1 可利用的传播媒介与距离(7%) 3.2 扩散的趋势(5%) 3.3 天敌的情况(3%)
4 入侵史与物种型(10%)	4.1 国内外该物种的入侵史(6%) 4.2 有潜在入侵危害的物种类型(4%)
4* 入侵的分布情况(10%)	4.1 当前入侵的波及范围(6%) 4.2 入侵区域中被严重影响的比例(4%)
5 危害与影响(30%)	5.1 对生态系统的影响(10%) 5.2 对本地物种多样性的影响(10%) 5.3 对经济及其它方面的影响(10%)
6 防治的可行性(15%)	6.1 防治的方法与效果(5%) 6.3 防治恢复的代价和时间(5%) 6.2 防治过程对本土物种的影响(5%)

注: *如果评价目标是已在厦门地区造成入侵危害的外来植物, 选用“当前入侵分布情况”这一评价指标, 括号内数值为指标权重。

由于外来入侵种的引入多是由于人为直接或间接作用下造成的, 因而在体系中“传入的可能性”一级指标, 着重从人为因素进行考虑, 设置了人为有意传播的可能性、人为无意传播的可能性、目前传入途径的管理现状和物种引入次数及数量4个二级指标。而在“定殖的可能性”和“扩散的可能性”2个一级指标中着重考虑了入侵物种自身的繁殖特性和扩散的能力, 并结合厦门地区的气候环境条件, 设置了适生条件评价指标, 应该指出的是, “是否适合厦门地区的气候条件及环境状况”是一个限制性指标, 如果针对这个二级指标评价得到的结论是“该入侵植

物种不适宜,无法生存”则认为该外来植物物种不存在入侵风险。现有的评估工具往往没有覆盖那些已经在本地造成危害的物种,以致无法通过对这些物种的评估确定受入侵地区生态环境的脆弱因素。针对“危害与影响”部分,本评价指标体系可同时适用于已入侵成功的物种及尚未引入或造成入侵危害的物种。针对不同的评价对象,第 4 个一级指标可有不同的选择,对于已在厦门地区造成入侵危害的外来植物,选用“入侵分布情况”这一评价指标,而针对那些尚未引入厦门地区,或仅在厦门地区出现,但尚未成害的外来植物,则选用“入侵史与物种型”指标进行评价。“危害与影响”从三方面进行考虑:分别是对生态系统及生态因子的影响、物种的影响以及对经济及其它方面的影响。最后,对于“防治的可行性”则是从防治的方法与效果、危害恢复的代价和时间以及防治过程对本土物种的影响三方面进行考虑的。

各级指标的权重采用层次分析法加以确定^[2,12],整个指标体系评价总分为 100 分,按不同的权重赋予各级指标不同的分值(表 2)。

某一外来植物的评价通过对 17 个二级指标的评价可以得到 6 个一级指标的评价分值,而它们的总和即为最终的评价结果。

参考国内外外来入侵植物风险分级方法^[9,13,14,15,16],设定风险分级标准(表 3)。

表 3 外来物种评价指标风险等级标准

Tab. 3 Rank of alien plants assessment risk

风险分级	分级标准	管理策略
可接受	0~30	可以引进
需进一步研究	30~60	有一定的风险,需要进一步的获取相关信息或采取防范监控措施
不可接受	60~100	入侵风险高,禁止引进

4 结 语

鉴于厦门地区的自然条件、生态环境、社会经济各方面造成了其生态系统的易侵入性,引进外来物种时对其进行入侵风险评价显得至关重要,然而,由于外来生物在不同生态系统危害状况的巨大差别,

适用于某一个地域(生态系统)的评价指标体系,绝不是放之四海而皆准的。因而,就有必要建立一个适应厦门地区的外来生物入侵风险评价指标体系。本文在对厦门地区外来植物入侵状况及其原因的调查、分析基础上,构建了外来植物入侵风险评价指标体系,为本地区外来物种引入及管理提供了决策依据和参考。

参考文献

- [1] 王亚民,曹文宣. 2006. 中国水生外来入侵物种对策研究[J]. 农业环境科学学报, 25(1): 7~13.
- [2] 王宗军. 1993. 多目标权重系数赋权方法及其选择策略[J]. 系统工程与电子技术, (6): 35~41.
- [3] 向言词,彭少麟,任海,等. 2002. 植物外来种的生态风险评估和管理[J]. 生态学杂志, 21(5): 40~48.
- [4] 季良. 1994. 检疫性有害生物危险性评价[J]. 植物检疫, 8(2): 100~105.
- [5] 陈良燕,徐海根. 2001. 澳大利亚外来入侵物种管理及对我国的借鉴意义[J]. 生物多样性, 9(4): 466~471.
- [6] 范京安,赵学谦. 1997. 农作物外来物种风险评估体系与方法研究[J]. 植物检疫, 11(2): 75~81.
- [7] 洪志猛,叶功富. 2003. 厦门城市防护林体系的规划与建设[J]. 中国城市林业, 1(3): 19~22.
- [8] 徐汝梅. 2003. 生物入侵数据集成、数量分析与预警[M]. 北京: 科学出版社, 4~8, 179~190.
- [9] 徐海根,王健民. 2004.《生物多样性公约》热点研究: 外来物种入侵生物安全遗传资源[M]. 北京: 科学出版社, 138~147, 166~181.
- [10] 秦大唐,蔡博峰. 2004. 北京地区生物入侵风险分析[J]. 环境保护, (1): 44~47.
- [11] 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定[J]. 植物检疫, 8(6): 331~334.
- [12] 曾珍香,李艳双. 2001. 复杂系统评价指标体系研究[J]. 河北工业大学学报, 30(1): 70~73.
- [13] 魏初奖. 2004. 植物检疫及有害生物风险分析[M]. 吉林: 科学技术出版社, 132~133.
- [14] Daehler CC, Denslow JS, Ansari S, et al. 2004. A risk assessment system for screening out invasive pest plants from Hawaii and other Pacific Islands. [J]. *Conserv. Biol.* 18: 360~368.
- [15] Tucker KC, Richardson DM. 1995. An expert system for screening potentially invasive alien plants in South African fynbos [J]. *J. Environ. Manage.*, 44: 309~338.
- [16] Weber E, Gut D. 2004. Assessing the risk of potentially invasive plant species in central Europe [J]. *J. Nat. Conserv.*, 12: 171~179.

作者简介 欧健,男,1977年生,博士研究生。主要从事外来物种及风险评价研究。E-mail: oukent@126.com
责任编辑 王伟