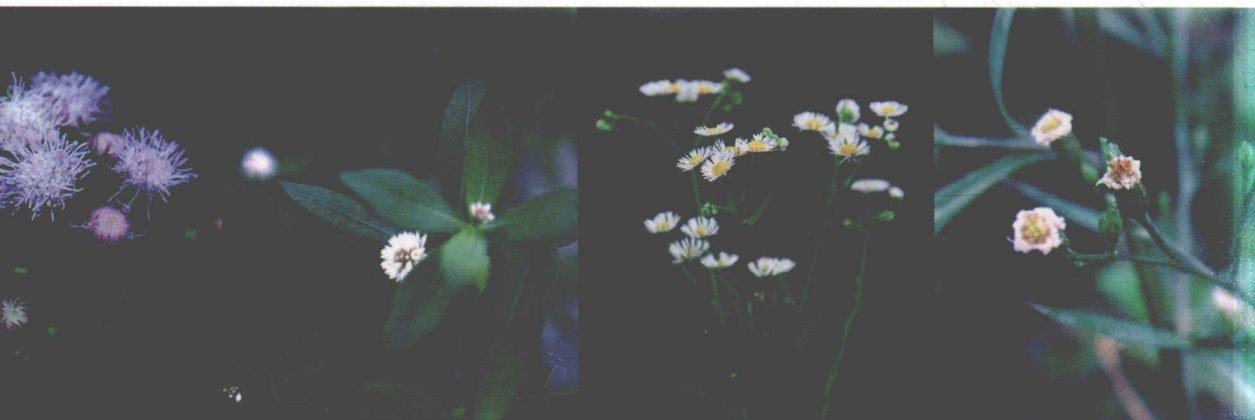


赵彩云 李俊生 柳晓燕 主编

中国

主要外来入侵物种 风险预警与管理

Risk Warning and Management on
the Main Invasive Alien Species in China



中国环境出版社

中国主要外来入侵物种 风险预警与管理

Risk Warning and Management on the
Main Invasive Alien Species in China

赵彩云 李俊生 柳晓燕 主编

中国环境出版社·北京

图书在版编目（C I P）数据

中国主要外来入侵物种风险预警与管理 / 赵彩云等主编. —北京：中国环境出版社，2016.11
ISBN 978-7-5111-2870-6

I . ①中… II . ①赵… III . ①外来种—侵入种—风险管理—中国 IV .
① Q16

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2016）第 181620 号
国审字（2016）第 2193 号

出 版 人 王新程
策划编辑 王素娟
责任编辑 赵楠婕
责任校对 尹 芳
封面设计 宋 瑞

出版发行 中国环境出版社（100062 北京市东城区广渠门内大街16号）
网 址：<http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱：bjgl@cesp.com.cn
联系电话：010-67112765 编辑管理部
010-67162011 生态（水利水电）图书出版中心
发行热线：010-67125803 010-67113405（传真）

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2016年11月第1版
印 次 2016年11月第1次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 15
字 数 330千字
定 价 66.00元

【版权所有。未经许可，请勿翻印、转载，违者必究。】
如有缺页、破损、倒装等印装质量，请寄回本社更换。

《中国主要外来入侵物种风险预警与管理》 编委会

主 编 赵彩云 李俊生 柳晓燕 赵相健
宫 璐 罗建武 肖能文

编 者（按姓氏拼音为序）

胡里乐 宫 璐 关 潇 李俊生 柳晓燕 刘勇波
罗建武 罗遵兰 王 伟 肖能文 徐 靖 赵彩云
赵相健 张风春 张殷波

前 言

自查尔斯·埃尔顿 1958 年在《动植物入侵生态学》一书中首次提出生物入侵以来,外来入侵物种逐渐被人类认识并引起关注。近半个多世纪以来,全球经济快速发展,交通日益便利,进一步加速了外来物种在世界各地的交流与传播,新的外来物种不断被发现,生物入侵的威胁日益严重,外来物种入侵已经成为导致生物多样性丧失的主要因素之一。

我国地域辽阔,横跨五个气候带,来自世界各国的外来物种都可能在我国找到合适的生境,因此,我国是世界上遭受外来入侵物种危害严重的国家之一。国家非常重视外来入侵物种的管理,为了保护生物多样性、维护生态系统功能,预防和控制外来物种入侵,中华人民共和国环境保护部(以下简称环境保护部)联合中国科学院,发布了三批外来入侵物种名单,为我国外来入侵物种的管理提供了依据。然而这些外来入侵物种主要分布在哪些区域,未来将会向哪些区域扩散,哪些是外来入侵物种重点管理区域,如何开展有效的管理,尚需要我们深入探索与研究。

外来入侵物种分级与分区管理在新西兰、澳大利亚等地区被广泛推进,本书在充分学习国外先进管理理念的基础上,围绕环境保护部公布的三批外来入侵物种名单,运用 MAXENT 生态位模型对名录中外来入侵物种进行潜在分布区预测;基于外来入侵物种分布范围、潜在分布区、区域生物多样性保护重要性等方面构建外来入侵物种分级管理指标体系,并从生物多样性保护的角度出发,制订外来入侵物种分级管理方案,提出我国外来入侵物种分级管理对策,以期将有限的经费和精力投入到最需要管理的区域,为有效降低外来入侵物种对生物多样性的威胁提供科技支撑。

《中国主要外来入侵物种风险预警与管理》是在查阅大量国内外文献资料、深入开展潜在风险预测和指标体系构建的基础上形成的,并提供了三批外来入侵物种分布区和潜在分布区域分析资料。全书共分为六章,第一章重点介绍了国内外外来入侵物种排序分析体系研究;第二章介绍了国际上常用的外来入侵物种潜在风险分析方法;第三章着重介绍了 49 种外来入侵物种的潜在分布区域;第四章综合分析了国家级自然保护区内外来入侵物种对生物多样性的影响;第五章构建了指标体系,实现国家级

自然保护区外来入侵物种的分级优先管理；第六章在分级管理的基础上提出了国家级自然保护区不同级别的管理战略。

许多专家和学者参与本书的初稿撰写和审阅工作，本书是集体智慧凝练的成果。其中，前言由赵彩云执笔；第一章由宫璐执笔；第二章由柳晓燕执笔，第三章由柳晓燕、赵相健执笔；第四章由李俊生和赵彩云执笔，柳晓燕、宫璐、罗建武等做了大量工作；第五章、第六章由赵彩云执笔，柳晓燕协助作图，肖能文对第五章内容做了相应的补充和修改。全书由赵彩云统稿，并经过李俊生多次审阅、修改后定稿，赵相健、宫璐、柳晓燕在本书的编辑与整理过程中做了大量的具体工作，在此对各位的辛勤劳动表示衷心的感谢。

本书在编写过程中得到环境保护部生物安全管理办公室井欣处长的支持和帮助，得到环境保护部自然生态司和规财司的支持，在此一并表示感谢。本书的出版得到了国家重点研发计划“生物安全关键技术研发”重点专项“主要入侵生物生态危害评估与防制修复技术示范研究（2016YFC1201100）”、中国环境科学院中央级公益性科研院所基本科研业务经费项目“中国外来入侵物种优先区域分析（2012-YSKY-05）”和环境保护部事业经费项目“我国典型自然保护区外来入侵物种调查”的资金资助，在此表示深深的谢意。

由于资料和学识水平所限，本书仅仅是对国家级自然保护区外来入侵物种管理方法的初步探索，书中内容难免存在不足之处，期望得到有识之士和专家学者的批评指正。

编 者

2016年1月20日于北京

目 录

第一章 外来入侵物种风险管理研究	1
第一节 国外外来入侵物种风险管理研究	1
第二节 国内外外来入侵物种风险管理研究	9
参考文献	12
第二章 外来入侵物种适生区风险分析方法研究	16
第一节 外来入侵物种数据库构建	16
第二节 外来入侵物种适生区风险分析常用模型	18
第三节 外来入侵物种适生区风险分析模型选择策略	27
参考文献	35
第三章 主要外来入侵物种适生区风险评估	38
第一节 紫茎泽兰适生区风险评估	38
第二节 薇甘菊适生区风险评估	41
第三节 空心莲子草适生区风险评估	43
第四节 豚草适生区风险评估	46
第五节 毒麦适生区风险评估	49
第六节 互花米草适生区风险评估	51
第七节 飞机草适生区风险评估	54
第八节 凤眼莲适生区风险评估	57
第九节 假高粱适生区风险评估	59
第十节 马缨丹适生区风险评估	62
第十一节 三裂叶豚草适生区风险评估	64

第十二节 大藻适生区风险评估 67

第十三节 加拿大一枝黄花适生区风险评估 69

第十四节 蒺藜草适生区风险评估 72

第十五节 银胶菊适生区风险评估 74

第十六节 黄顶菊适生区风险评估 76

第十七节 土荆芥适生区风险评估 79

第十八节 刺苋适生区风险评估 81

第十九节 落葵薯适生区风险评估 83

第二十节 反枝苋适生区风险评估 86

第二十一节 钻形紫菀适生区风险评估 88

第二十二节 三叶鬼针草适生区风险评估 90

第二十三节 小蓬草适生区风险评估 93

第二十四节 苏门白酒草适生区风险评估 95

第二十五节 一年蓬适生区风险评估 97

第二十六节 假臭草适生区风险评估 100

第二十七节 刺苍耳适生区风险评估 102

第二十八节 圆叶牵牛适生区风险评估 104

第二十九节 长刺蒺藜草适生区风险评估 107

第三十节 蔗扁蛾适生区风险评估 109

第三十一节 湿地松粉蚧适生区风险评估 112

第三十二节 强大小蠹适生区风险评估 114

第三十三节 美国白蛾适生区风险评估 117

第三十四节 非洲大蜗牛适生区风险评估 120

第三十五节 福寿螺适生区风险评估 122

第三十六节 牛蛙适生区风险评估 125

第三十七节 桉树枝瘿姬小蜂适生区风险评估 127

第三十八节 稻水象甲适生区风险评估 130

第三十九节 红火蚁适生区风险评估 132

第四十节 克氏原螯虾适生区风险评估 135

第四十一节 苹果蠹蛾适生区风险评估 138

第四十二节 三叶草斑潜蝇适生区风险评估 140

第四十三节 松材线虫适生区风险评估 143

第四十四节 松突圆蚧适生区风险评估 145

第四十五节 椰心叶甲适生区风险评估 148

第四十六节 红棕象甲适生区风险评估 151

第四十七节 悬铃木方翅网蝽适生区风险评估 154

第四十八节 扶桑绵粉蚧适生区风险评估 157

第四十九节 刺桐姬小蜂适生区风险评估	159
参考文献	162
第四章 自然保护区主要外来入侵物种潜在风险评估	177
第一节 主要外来入侵物种潜在分布区综合分析	177
第二节 自然保护区外来入侵物种分布现状分析	180
第三节 自然保护区外来入侵物种潜在风险分析	186
参考文献	188
第五章 自然保护区外来入侵物种分区管理方案	192
第一节 自然保护区外来入侵物种分区准则	192
第二节 自然保护区外来入侵物种分区方法	193
第三节 自然保护区外来入侵物种分区布局	195
参考文献	199
第六章 自然保护区外来入侵物种管理战略	201
第一节 自然保护区外来入侵物种管理战略	201
第二节 自然保护区外来入侵物种管理方案	202
参考文献	210
附录 I 我国进行过外来入侵物种调查的国家级自然保护区名单	211
附录 II 我国国家级自然保护区外来入侵物种名录	215
附录 III 国家级自然保护区潜在外来入侵物种数量分布状况	224

第一章 外来入侵物种风险管理研究

第一节 国外外来入侵物种风险管理研究

对外来入侵物种进行排序、进而开展针对性的管理，可以用较小的成本有效降低外来物种入侵的不良影响。新西兰、澳大利亚、美国等国家很早就开展了外来入侵物种排序研究，并出台了一系列的政策指南。在已开展的外来入侵物种排序研究中，外来入侵植物尤其是外来入侵杂草的排序研究占了很大部分。如澳大利亚在外来杂草的排序研究和治理方面开展了大量的工作，其杂草风险评估体系在世界各国的进出口检疫中被广泛应用（伏建国等, 2009）；还有南非开展的“working for water”（WfW）项目中，关于外来入侵植物排序体系方面也获得颇多的研究成果。美国、新西兰、加拿大等国家也开展了相关研究，制订了国家级风险评估体系或地方级管理清单（见表 1-1）。

表 1-1 部分国家和地区的外来入侵物种清单

国家	清单名称	发布部门	参考文献
澳大利亚	国家级重要杂草（WoNS）	—	Thorp <i>et al.</i> (2000)
新西兰	受保护地的生态杂草	—	Owen(1997)
美国	加利福尼亚州外来入侵植物	加利福尼亚入侵植物理事会	Cal-IPC(2006)
美国	佛罗里达州外来入侵物种清单	佛罗里达外来有害植物理事会植物编目委员会	Fleppc
加拿大	加拿大自然生境外来入侵植物	—	White <i>et al.</i> (1993)
南非	南非入侵植物	农业研究委员会植物保护研究所	Henderson(1995)

虽然外来入侵物种排序研究已经开展了很多工作，但仍存在几个方面的问题。①国家级外来入侵物种清单制订过程中，通常采用问卷调查的方式获取相关信息。首先基于外来入侵物种的生态影响、入侵性、目前和潜在的分布状况、控制的可能性等几方面开展问卷调查（Randall *et al.*, 2008），再根据调查结果对单个外来入侵物种进行评估，然后对所有的评估数值进行排序。然而在实际操作中，由于数据的缺乏，评价系统中

关于入侵物种在某一具体方面的危害和影响的信息往往就会被包含在更高一级的指标中进行评估,从而忽略了产生的真正影响(Downey *et al.*, 2010)。②指标体系的设定和分析也是至关重要的,不同的分析方法对于排序结果影响较大,但各研究中分析方法并不一致,其中应用较多的是多重分析法,尤其是层次分析法(analytical hierarchy process, AHP)可以灵活地确定指标及权重,是多重分析法中应用较为广泛的方法(Forsyth *et al.*, 2012)。③物种排序后优先管理物种筛选存在较大的困难,主要是各地区筛选目标物种的方式和标准方面相差较大(Paynter *et al.*, 2009)。④同样的困难还来自评估的准确性,评估所涵盖的物种范围越大,评估体系的设计就越难以做到准确和灵活。对指标进行定量的判定会使排序体系更为精确,使用数据来进行定量判定是十分必要的,然而数据的获得并非一朝一夕的事情,这需要更多的前期工作作为铺垫,获取更多的数据、开发更好的决策工具,后期才可能创建一个更为客观的排序体系。

如果有更为明确的研究目标或对象,可以更为精确地对外来入侵物种进行排序。在外来入侵物种的管理实践过程中,要根据待排序的目标构建符合实际要求的排序体系。通过文献阅读和整理归纳,本节针对不同物种(杂草或乔木等)、不同地区(应用范围)和不同防控方法(生物防治、种群清除)对国外外来入侵物种排序体系进行总结和归纳。

一、基于生物多样性保护的外来入侵物种排序

外来物种入侵成为继生境破坏之后导致生物多样性丧失的第二大因素,在对外来入侵物种的排序中如何反映外来入侵物种对生物多样性的影响,在初期的外来入侵物种风险评估体系中并未充分体现。早期针对外来入侵物种产生的生态影响构建评价体系,诸如Parker(1999)所建立的影响指数(I)评估体系,使用分布范围(range)、丰富度(abundance)和影响(effect)来共同表征($I=R \times A \times E$),然而这样构建的影响指数太过于简单,不能反映外来入侵物种对生物多样性的影响。美国大自然保护协会(The Nature Conservancy)最早提出需要用一种科学的方法分析外来植物对生物多样性的危害,之后有许多国家,包括美国、澳大利亚、南非、加拿大、新西兰等的政府机构和保护组织创建了各自的威胁生物多样性的外来植物清单(Randall *et al.*, 2008)。

以杂草的排序为例。杂草是被广泛承认的对生物多样性产生威胁的因素之一,然而很少有研究评估受到威胁的生物多样性情况,或者对生物多样性产生威胁的杂草种类以及它们是如何影响本地物种的(Coutts-Smith and Downey, 2006)。部分原因在于定量数据的搜集存在困难,而缺乏量化的数据,管理决策也便缺乏强有力的支撑。

澳大利亚新南威尔士州(New South Wales)在早期即关注到杂草对生物多样性的影响。最早评估外来入侵物种对生物多样性的影响通常是对单个外来入侵物种如何影响单个本地物种的科学调查,随着“杂草影响本地物种”(weed impact to native species, WINS)这一评估方法的使用,相关的研究大量涌现(Downey and Coutts-Smith, 2006)。WINS 评估体系包括四个步骤:①文献的总结与归纳;②咨询土地管理

者或植物学家,得到关于杂草种类或杂草生长范围的本地物种种类信息并对其进行整理和分析;③对临时性潜在受危害物种清单进行严格评估和检验;④使用模型的方法对修订后的清单进行排序。应用此方法,Downey (2006)对新南威尔士州南部的卵叶天门冬 (*Asparagus asparagoides*) 和非洲天门冬 (*aethiopicus*) 进行生物多样性影响评价,鉴定出受卵叶天门冬威胁的物种 52 种,受非洲天门冬威胁的物种 97 种。然而这些对生物多样性影响的评估是在不同水平(遗传、个体、种群、群落和生态系统)、主要针对单一杂草影响单个本地物种而进行评估的,缺乏杂草对生物多样性影响的数据,使得判断更多种类的本地物种或产生影响的杂草变得困难。因此,需要采取新的方法途径来评估杂草对生物多样性的影响,尤其是评估多种杂草种类的方法。

Coutts-Smith 和 Downey (2006) 对新南威尔士州影响生物多样性的杂草进行评估时,以受威胁的生物类别、濒危(endangered)物种数量、易危(vulnerable)物种数量、受威胁物种总数、受杂草威胁的物种数量等几个项目数据为依据,对受威胁物种保护草案(Threatened Species Conservation Act 1995, TSC Act)以及相似的立法中所列物种进行评估。结果显示,127 种杂草对 419 个所列物种产生威胁,占全部受威胁的 945 个物种的 45%,包括 279 种植物、62 种动物、14 种濒危种群及 64 种濒危生态群落。虽然该方法对多种受威胁物种同时进行评估,也找到威胁生物多样性的相应杂草种类或杂草集合,但是该方法并没有对影响生物多样性的杂草进行等级划分。

大量如上的关于杂草的优先级排序都是基于回答单个杂草物种的一系列问题而完成的,这样的排序体系仅仅是针对物种—物种的评价,他们不能对给定区域的全部物种进行评价,而针对全部物种的评价体系也并没有对物种进行真正的排序。为进一步表征外来入侵物种对生物多样性的影响,Randall 等(2008)和 Downey 等(2010)创建了更为科学合理的排序体系。Randall 等(2008)在充分总结基于危害生物多样性的外来植物清单基础上构建了外来入侵物种影响排序系统,该系统基于四个一级指标评价外来入侵物种对生物多样性的影响:①单位面积内外来入侵物种生态影响强度;②外来入侵物种在评价区域的分布范围;③外来入侵物种的扩散速率,作为表征其在未来 5 年乃至 50 年的潜在分布状况;④管理建群种的难易程度,并用 20 个二级指标详细阐述了一级指标,对每一个二级指标赋分,根据不同权重指标加和的总分值大小对外来入侵植物进行高、中、低、无影响四个级别的划分。Downey 等(2010)也提出了基于杂草对生物多样性影响的入侵杂草优先排序体系,首先使用归化程度和杂草种类(农业杂草/环境杂草/其他)两个指标对杂草进行筛选,并基于空间威胁、对本地物种影响、入侵能力、潜在受威胁的本土物种数量和入侵栖息地类型五个属性特征,以及对每个属性特征赋权重构建排序模型。排序的计算公式如下:

$$\text{优先级排序} = \sum \frac{\text{植物分区} \times \text{潜在威胁 [A1]} + \text{加权后的空间威胁 [A]} \times \text{物种影响 [B]} \times \text{入侵能力 [C]} \times \text{受威胁本地物种多样性 [D]} \times \text{生境类型 [E]} / \text{最大生境类型 [E}_{\max}]}$$

利用此排序模型,Downey 等(2010)对澳大利亚新南威尔士州清单中的 1 665 种

杂草进行评估,认为其中 340 种杂草对当地的生物多样性产生影响,且将其影响排序成极端高、非常高、高、中和低五个等级。

目前基于生物多样性保护的杂草的排序仍是有一些缺陷,也可以说是几乎所有排序体系所面临的问题:比如“影响”的数据受限于专家的判断,缺乏实验或定量判定的支持,不同来源的数据集处理的方式可能不统一等。如何进一步量化外来入侵物种对当地生物多样性的影响,开展除杂草之外其他外来入侵物种的排序,构建相应的排序系统,还需要进一步开展相应的工作。

二、从区域角度对外来物种入侵地的治理进行排序

如何控制与管理已经建群的外来入侵物种,研究者曾尝试开展区域管理。区域管理的目标主要是控制外来入侵物种的扩散和蔓延,关注于不同区域的生物多样性保护价值、不同区域的外来入侵物种成功控制技术以及地区外来入侵物种管理资金的投入等。

在过去的几个世纪,大量的外来植物被引入到南非,它们已经大面积入侵到当地植被中,并且到如今仍在扩散。南非长期以来是一个水资源十分短缺的国家,水资源是限制南非发展的最大要素。外来物种入侵不仅直接威胁到南非丰富的生物多样性,也威胁到水环境安全、自然生态系统的服务功能以及土地生产能力,同时加重了火灾、干旱和土壤侵蚀。据估算,外来入侵植物降低了南非年均径流量的 7%,每年南非由于外来入侵物种引起的损失高达数十亿兰特 (<https://www.environment.gov.za/projectsprogrammes/wfw>; Turpie *et al.*, 2008)。1995 年南非设立“working for water”(WfW)项目,该项目为政府、半官方和非政府组织提供资源以便从事外来入侵植物,尤其是外来乔木和灌木的清除行动,在此项目的资助下,南非开展了外来入侵植物大范围的管理和应用研究。WfW 重点聚焦在水资源的保护上,由此外来入侵物种的管理形式也是围绕水流域的管理展开。该项目将南非水流域划分为 21 个一级水流域,这些成为水资源管理的最高级别,这些一级水流域又被分为二级、三级、四级更小的流域,其中以四级水流域为管理的最小单位。在南非和莱索托一共有 1 911 个这样的四级水流域管理基本单位,与潮湿的地方相比,在干燥的地方这些四级水流域的面积更大,管理压力也更大 (Forsyth *et al.*, 2012)。

Van Wilgen 等 (2007) 对“WfW”中 1 911 个四级水流域进行了管理等级的排序。使用南非外来入侵植物清单中选取的 13 种对水文环境有影响的外来入侵植物数据,基于四个指标综合评价管理区域,并运用地理信息系统绘制了外来入侵物种管理区域。四个指标为:现有外来物种分布情况、预测的外来物种分布情况、水文栖息地的缺失程度以及水压力的程度。每一指标下根据实际情况赋 1、2、3、4 分,且每一指标权重相同,将每个流域下四个指标的得分情况相加,根据得分情况将 1 911 个四级水流域分成高、中、低三个管理等级。最后结果显示 650 个四级水流域被划分为高等级优先管理区域,占全部四级水流域的 1/3,分值最高的有 273 个四级水流域,占总数的

14%。这一水流域优先管理排序并不是对外来入侵植物影响水资源这个问题进行全面而详细的分析,而是在保护重要性、入侵风险性以及保护水资源的有利性等方面进行水流域的优先管理排序上提出一个灵活可行的操作方案。

Forsyth 等 (2012) 针对 “WfW” 的一级水流域开发出其下的四级水流域优先管理排序方法。研究聚焦南非西开普地区 (Western Cape Region) 的 6 个一级水流域、309 个四级水流域。使用 AHP 法进行优先级排序体系的指标筛选和权重赋值,排序体系包含 6 个一级指标和 15 个二级指标,从控制外来物种的持续性、对水资源保护的有利程度、受外来入侵物种的威胁程度、生物多样性保护的重要性、对本地作物利用的重要性、减轻贫困创造工作机会的能力六方面对所有指标赋予不同的权重。他们特别强调了水流域空间分布的重要性,利用水流域的空间数据集产生相应权重,将其导入 AHP 法所建立的排序体系中,然后对每一个四级水流域进行计算。结果鉴定出 17 种以上外来入侵植物在四级水流域的排序中应该被考虑到,同时鉴定出一些国有土地面积比例较高、位于保护区、水压力较大、产水量也较大的四级水流域为最高优先级的管理区域。此方法结合了股东投入和数据驱动的模式解决法,既包含了客观事实、专家知识和专家意见,也包含了股东的意见。

除了 “WfW” 所关注的水流域,研究者在南非也进行了其他的外来入侵物种区域管理的排序工作。Roura-Pascual 等 (2009) 以南非西南部开普区系界 (Cape Floristic Region, CFR) 外来木本植物的治理为例,使用驱动力—压力—状态—影响—响应 (driving forces-pressure-state-impacts-responses, DPSIR) 框架和 AHP 工具设计外来入侵物种优先管理的策略,提出一个区域范围的管理方案。筛选出地点属性、物种属性、社会环境 3 个一级指标以及 28 个主要影响因素,通过赋予不同指标不同权重,最终按不同等级划分了管理区域。此策略明确指出决定外来入侵物种分布、丰富度、传播以及影响因素,增强了外来入侵物种管理成效中的客观性。

Mgidia 等 (2010) 基于南非外来植物名单 (Nel *et al.*, 2004) 开发出与气候相匹配的方法,并对其中筛选出的 28 个 “刚出现” 的物种进行了分布的预测,确定哪些地区的气候适合外来植物的入侵,最可能出现问题,从而进行管理区域的划分;其预测结果认为,南非东部地区最可能遭受外来植物的入侵。物种分布模型 (species distribution models, SDMs) 可以鉴定出与外来物种入侵相关的环境特点,并且推断出其他区域是否因为具有相似的特点而有可能被入侵,因而物种分布模型常被用于管理区域的鉴定 (Robinson *et al.*, 2010)。但是,也有学者质疑,由于外来入侵物种较广的生态幅和在新的环境中还未达到平衡,这种方法的使用不是特别合适,而最大的问题是对不确定的分布数据的处理。Robinson 等 (2010) 则提出了一个与管理应用相匹配的新的策略方法,该策略仅利用已有的数据和专家意见进行模型标准的设定,利用现有或缺失的数据评估物种的潜在分布区,将决策法 (decision strategies, DSs) 和阈值确定法 (threshold determination methods, TDMs) 结合起来使用,并且此种方法被认为是与特定管理目标相结合的最合适的方法。

三、基于生物防治的外来入侵物种排序

为了更好地控制外来入侵物种，从控制措施的可行性角度进行外来入侵物种的管理排序，为实现外来入侵物种的有效管理提供了依据。生物防治被认为是外来入侵杂草的管理中比较有效的手段之一，因此许多国家开展了基于杂草生物防治的杂草排序体系。

McClay(1989)对加拿大亚伯达省 138 种农田杂草进行生物防治的可行性评估，该体系筛选了 16 个杂草生物学特征，包括地理分布、相对丰度、生活史、生境、种间变异、繁殖能力、其他地方生物防治成功案例、利益冲突等与生物防治密切相关的特征。该体系提出 97 种外来入侵杂草可用于生物防治，其他 41 种不适合生物防治；由于 McClay 体系并没有解释这些外来入侵杂草在经济或者环境方面的重要性，因此 Peschken 和 McClay (1995) 共同对该体系进行修改，修改后的体系选出了 12 种相关的生物特性，还强调生物防治可用媒介的特性，并通过比较六种生态特性来估算杂草的重要性。修改后的体系虽然估算了杂草的重要性，但并没有评估目标杂草所造成的环境破坏，因此 Syrett (2002) 在针对新西兰具有环境重要影响的杂草生物防治优先管理系统中，在 Owen (1997) 的计分方法上进行了改良，增加了杂草对环境的影响指标，并评估每种杂草的生物防治可行性。以上体系主要根据杂草的特征进行生物防治可行性的排序。根据天敌重要性和防治可行性，美国动植物检疫局植物保护与检疫处 (USDA-APHIS-PPQ) 对可应用于杂草生物防治的潜在天敌进行了评估 (Hansen and Bloem, 2006)，并且使用一种标准化的计分体制对每种杂草进行评估，最终确认了 16 种杂草种类可用于优先管理。Palmer 和 Miller (1996) 建议使用优化模式来增强治理的效率和资源的整合，他们提出应该根据生物防治研究分值、项目可行性成果（五种合适的防治媒介）以及问题范围（生产影响、环境影响以及其他防治方式有效性的总量）对项目进行排名。

上述基于生物防治的杂草排序体系主要根据杂草的影响或控制的经济成本（如问题的大小）、生物防治的可行性（如预计影响）对杂草进行评分。有研究指出，这些方法过于依赖主观判断，忽略了对有关生物防治效果的证明。因此，在 2009 年由澳大利亚水土保持局领导开展的“改善澳大利亚杂草生物防治工程目标”的研究 (Paynter *et al.*, 2009) 中，除了包含之前排序系统中的两个主要特性（除草的重要性以及预测生态控制的影响），还使用了南非、美国等数据通过假设检验来建立生物防治的影响，并以此为基础提出了国家层面的外来入侵杂草优先应对系统。最终基于 3 个模块构建杂草的生态控制项目优先等级框架：杂草的重要性及生态控制必要性，获得生态控制媒介的难度及宿主范围测试，预测生态控制的潜在影响，并对每一模块制订相应的细则并给予具体的赋值，通过不同的权重，将 3 个模块整合在一起，计算出最后的得分。计算公式如下：

$$\text{最终得分} = \text{杂草重要性} \times \text{杂草的影响} \times \text{杂草控制的投入}$$

该体系目前被应用于澳大利亚国家级主要杂草 (weeds of national significance,

WoNS) 与澳大利亚杂草委员会 (australian weeds committee, AWC) 上杂草的排序。

四、基于种群水平的外来入侵物种排序

目前关于外来入侵物种的管理主要是通过评估外来入侵物种对生态系统产生的现实和潜在的影响将外来物种进行排序, 对列出的每一个外来物种提出的管理建议是管理或清除其特定区域内的全部种群。这样的处理默认为物种的影响水平、传播潜能和控制的难易程度在这个区域内是一致的。然而种群增长的速率可能由于环境的异质性而不同, 环境适宜性可以随着资源的可获得性的改变而发生暂时性变化。除此之外, 不同环境下同一物种的影响也是不同的, 管理与控制外来入侵物种的目标也不同。因此用同样的方法处理不同生境的种群, 可能导致管理上的不力和资源的浪费 (Rew *et al.*, 2007; Darin *et al.*, 2008)。

Rew 等 (2007) 指出制订外来入侵物种的管理计划应该强调整体的土地管理目标, 就如森林服务区在不同地区会有不同的管理目标, 外来物种的管理也应该随着这些目标的不同而发生变化。他们认为对于外来入侵物种的管理应该在种群水平实施, 而非物种水平, 于是他们提出了一个种群水平的外来入侵物种优先级管理框架 (见图 1-1)。该框架将从土地管理目标、调查、监测、评估和优先级判定这四个主要阶段来实施, 在每个阶段都从种群而非物种管理的角度进行考虑。同时, Rew 等 (2007) 也在外来入侵物种分布区域预测、入侵性和影响性评价以及治理经费投入等方面给出方法和建议。该管理框架通过模型模拟的评估, 对于降低外来入侵物种大种群的扩大可起到重要作用。

Darin 等 (2008) 则是以清除外来入侵物种为目标, 提出相应的种群水平优先级评价体系。研究使用 19 个美国加利福尼亚州 A 清单的杂草物种, 首先剔除大种群和生物控制效果较好的种群, 结合地理信息系统 (GIS) 中的数据和 29 个二级指标对 100 个杂草种群的影响、入侵性、清除的花费和难易程度这三方面进行评估。此方法可以得到具体地点的杂草种群分值, 空间位置不同种群得分也会不同, 由此避免了同一物种下不同种群的相同处理方式。在此评价体系的基础上, 2011 年 Darin 又加入了一些物种水平的指标, 创建了混合具有物种和种群指标的评价体系——加入了一些物种, 并认为此种外来入侵物种的排序方法对于土地管理者来说是最有效的。然而 Darin (2011) 同时也指出, 这种种群水平的排序系统并不能完全代替物种水平的排序系统, 但是对于制订杂草的风险管理决策来说, 可以起到一定的修正作用 (见表 1-2)。

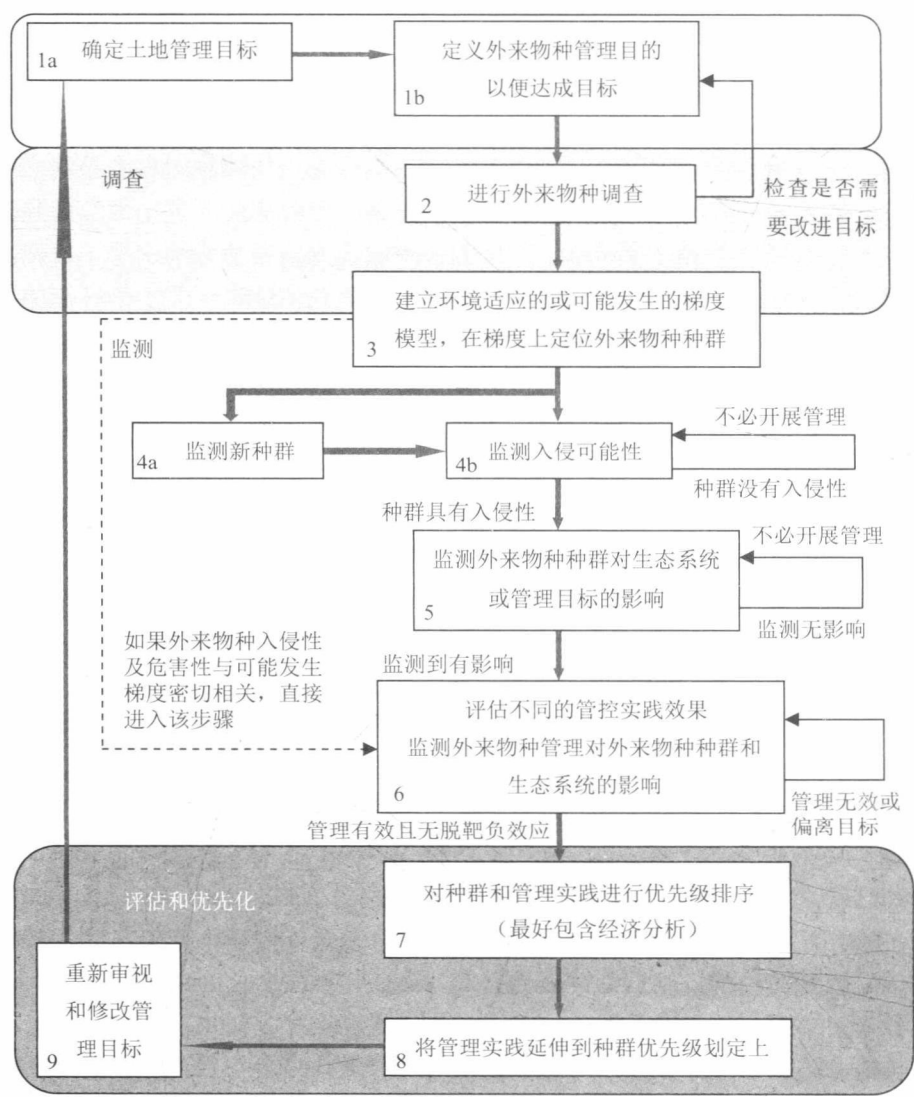


图 1-1 外来入侵物种种群水平优先管理框架（Rew et al. 2007）

表 1-2 部分国外外来入侵物种排序体系

排序体系	一级指标	权重设置	应用情况
生物多样性保护角度			
Randall 等 (2008)	生态影响、分布范围、扩散速率、管理的难易程度	专家判定	影响生物多样性的美国国家级外来植物清单
Downey 等 (2010)	基于空间威胁、对本地物种影响、入侵能力、潜在受威胁的本土物种数量、入侵栖息地类型	AHP	澳大利亚 NSW 杂草清单