

引进植物及其携带 有害生物风险评估



王 焱 叶建仁·主编

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

引进植物及其携带有害生物风险评估 / 王焱, 叶建仁
主编. —上海: 上海科学技术出版社, 2017. 4

ISBN 978-7-5478-3409-1

I. ①引… II. ①王…②叶… III. ①植物—侵入种—
风险评估—中国 IV. ①Q94②Q16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 327127 号

引进植物及其携带有害生物风险评估

王 焱 叶建仁 主编

上海世纪出版股份有限公司 出版
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

上海世纪出版股份有限公司发行中心发行
200001 上海福建中路 193 号 www.ewen.co
印刷

开本 787×1092 1/16 印张 31.5 插页: 56
字数: 600 千

2017 年 4 月第 1 版 2017 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-3409-1/S·151

定价: 128.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换

内容提要

全书内容分四篇：第一篇，介绍引进植物入侵性风险分析与评估体系构建；第二篇，介绍引进植物可能携带有害生物分析与评估体系构建；第三篇和第四篇，具体介绍引进植物及其可能携带有害生物风险分析实例，分别介绍上海辰山植物园和上海迪士尼建设第一期工程与其他地区引进植物及可能携带有害生物风险评估。书末附录具体介绍引进林木种子、苗木检疫审批与监管规定，国际植物保护公约和区域植物保护组织名单。

本书以林业系统和植物检疫系统工作人员、科研工作者及高等林业院校师生为主要读者对象。

编写人员名单

主 编

王 焱 叶建仁

编 者

王 焱 叶建仁 韩阳阳 彭 冶 顾 慧

林司曦 高翔伟 李玉秀 吴广超 张岳峰

张洪良 樊斌琦 季 镭 冯 琛 黄卫昌

罗 萝 王 忠



主编简介

王 焱

博士,教授级高级工程师,现任上海市林业总站副站长,兼任农业部花卉产品质量监督检验测试中心(上海)主任、上海市林学会副理事长兼秘书长、上海市林业标准化委员会副主任兼秘书长,上海林业科技学报主编。

长期从事林业有害生物监测预警、检疫御灾、应急防控等科研和行业管理工作。先后主持国家林业局、上海市科委、上海市农委、上海市绿化和市容管理局等重大科研攻关项目 20 余项,荣获上海市科技进步二等奖一项、国家梁希林业科技进步二等奖一项,发表学术论文 40 余篇,出版专著 3 部,获国家发明专利 2 项。

先后被授予全国五一巾帼标兵、全国森林病虫害防治工作先进个人、全国优秀林业科技工作者、全国城乡妇女岗位建功先进个人,上海市三八红旗手,入选 2008 年上海领军人才、上海市新农村建设科技女精英,获第二届上海市五一巾帼创新奖和第三届上海市五一巾帼创新奖等荣誉 10 余项。



主编简介

叶建仁

南京林业大学副校长、党委常委。森林病理学教授,博士生导师。国家重点学科森林保护学学科带头人,江苏省有害生物入侵预防与控制重点实验室主任,国家林业局全国危险性林业有害生物检测鉴定技术培训中心主任。兼任:中国林学会森林病理学分会主任委员,江苏省植物病理学会理事长,南京林业大学学报副主编。

长期从事森林病理学的教学和科学研究。30多年来,先后致力于松针褐斑病、松树枯梢病、松材线虫病、樱花根癌病等重大森林病害研究。先后主持国家攻关项目、国家林业公益项目、国家自然科学基金、国家“948”项目、江苏省重点攻关项目等30余项省部级以上科研课题。已发表研究论文210余篇,主编教材3部;获国家科技进步二等奖1项,国家科技进步三等奖1项,教育部科技进步一等奖1项,林业部科技进步一等奖1项,上海市科技进步二等奖1项,梁希林业科技进步一等奖1项、二等奖3项;获国家发明专利26项,国家优秀专利奖1项。

1994年被评为江苏省高校优秀青年骨干教师,林业部有突出贡献中青年科技专家,1996年被选为林业部跨世纪学术和技术带头人,1997年入选国家人事部“百千万人才”工程国家级人选,1998年入选江苏省“333”学术带头人培养工程第二层次,1998年获国务院政府特殊津贴,2000年入选教育部《跨世纪优秀人才培养计划》,2002年获教育部高等学校优秀教师奖,2006年入选江苏省“六大人才高峰”,2010年获江苏省优秀科技工作者称号,2010年获全国优秀科技工作者称号,2013年入选江苏省“333”首席科学家(第一层次)。

前 言

随着全球经贸、运输等产业的高速发展,生物入侵与动植物栖息地丧失、全球气候变化已共同成为当今世界的三大环境问题,严重威胁着全球生物多样性,并且造成了巨大的经济损失,影响生态安全。

生物入侵,即原本不属于某一生态区域或地理区域的物种,通过不同的途径,被传播到一新的区域,并在新的栖息地定殖、建群、扩展和蔓延,同时对传入地的经济和生态带来一定的负面影响的过成。引起该入侵现象的物种即为新栖息地的外来入侵物种。主动人为引进、被动人为传入和自然扩散传人为生物入侵的三种方式。其中,主动人为引进是生物入侵的主要方式。据统计,在我国目前已知的外来生物入侵物种中,超过 50%的物种是人为主动引进造成的。

在植物引进方面,近年来,我国城镇园林绿化的发展非常迅速,绿化植物种类不断丰富,其中引进了不少的外来植物。合适的外来植物是对乡土植物资源的有效补充,对于园林绿化建设起到促进作用,如目前在城镇园林绿化应用中常见的一品红(*Euphorbia pulcherrima*)、三角梅(*Bougainvillea glabra*)、凤凰木(*Delonix regia*)、大王椰子(*Roystonea regia*)、酒瓶椰子(*Hyophorbe lagenicaulis*)、变叶木(*Codiaeum variegatum*)、合果芋(*Syngonium podophyllum*)等重要观赏植物最初都是从国外(含境外,下同)引进的。一些外来树种因为具有较强的抗逆性,已经成为立地条件较差地区的绿化先锋树种,如木麻黄(*Casuarina equisetifolia*)、湿地松(*Pinus elliottii*)等。此外,外来植物可满足人们对新奇植物的观赏需求,如仙人掌科、景天科、夹竹桃科、菊科等多种植物。引入的种类常常事先有选择性和目的性,因此引入的物种通常都能较好地适应当地环境;但是,当引入地缺乏某种制约因子时,就容易引发入侵危害。

目前,我国至少有 380 种入侵植物,40 种入侵动物,23 种入侵微生物。这些外

来生物的入侵给我国社会经济造成了巨大损失。如水葫芦、薇甘菊、互花米草、松材线虫、美洲斑潜蝇、马铃薯甲虫、稻水象甲、美国白蛾等,我国因为外来物种入侵造成的直接和间接损失每年约达 1 200 亿元。在全世界濒危物种名录中的植物,有 35%~46%是由外来生物入侵引起的。生物入侵已成为导致物种濒危和灭绝的第二位因素,仅次于生存环境的丧失。生物入侵不仅使生物多样性降低,还威胁着全球的生态环境和经济发展。外来种一旦入侵成功,要彻底根除往往极为困难,即使清除成功也会造成极大的损失,如上海因松材线虫病的疫点拔除造成上海佘山景区黑松的消失。

在从国外大量引进植物的过程中,必然涉及有害植物及其携带病原的潜在风险问题。根据联合国粮农组织(FAO, 1996)制定的国际植物检疫措施标准,有害生物风险分析(Pest Risk Analysis,简称 PRA)包括两部分内容,即有害生物风险评估(Pest Risk Assessment)和有害生物风险管理(Pest Risk Management)。有害生物风险评估是指根据可能实施的动植物卫生检疫措施来评价有害生物在进口国(或地区)境内传入、定居和传播的可能性,以及相关的潜在生物和经济后果;有害生物风险管理则是为降低检疫性有害生物传入风险的决策管理过程。

在当今世界各国全球化发展的过程中,评估和预测外来植物及其携带的有害生物(病虫害等)的潜在的风险、外来物种的入侵性,有害或潜在有害的入侵物种的分类、原产地、入侵分布地、生理、生态、传播途径等相关详细内容,研究相应的防控对策,防止外来入侵性植物大面积扩散,防范生态风险等已显得日趋紧迫。

本书基于本人所主持的上海绿化和市容管理局重大科技攻关项目“上海辰山植物园引进植物的风险评估、检疫控制策略及技术研究”中的国外引进植物和所可能潜在携带有害生物的风险评估研究内容,以及上海重大工程“迪士尼”建设项目等

所涉及国外引进植物和所携带的有害生物的风险评估和管理策略的内容,结合上海市的农林业资源,社会经济发展等实际情况,总结多指标体系风险评估体系的优缺点,围绕有害生物的传播是一个从入侵开始的动态、复杂、多因素影响的过程,建立符合华东地区引种外来植物入侵风险的多指标综合评价体系,对引种植物和其可能携带的有害生物进行系统评估与分析,并提出相应的管理策略。对引种植物开展引种风险评估,可以为林业生产、科研和城市绿化建设过程中的科学引进等提供参考和理论依据,真正做到在科学评估的基础上引进外来物种,这对于国土生态安全和促进生物多样性保护有重要意义。

书中系统介绍了引进植物和引进植物可能潜在携带有害生物的风险分析与评估体系框架构建的关键环节,综合考量物种的入侵性和地区的可入侵性,以物种生物学及生态特性、引种地环境状况、引种地的人类活动干扰状况,通过引进植物和可能潜在携带有害生物风险分析应用实例,科学分析、评价引进外来物种的安全性和风险性。本书的编写、出版是与南京林业大学副校长叶建仁教授及其团队的合作成果,同时得到国家林业局吴坚总工程师、王剑波副司长、赵宇翔处长的悉心指导和帮助,得到上海市林业局领导及上海市林业总站同仁们的支持和帮助,在此表示最衷心的感谢。

限于作者水平,书中不足和疏漏之处,恳请读者批评指正。



2017年3月

目 录

第一篇 引进植物入侵性风险分析与评估体系构建

一、引进植物入侵性风险分析的方法步骤	3
二、引进植物入侵性风险预评估的意义和方法	5
(一) 风险预评估的意义	5
(二) 风险预评估方法	5
三、风险评估体系框架与指标分级	7
(一) 构建风险评估体系框架的原则	7
1. 系统性	7
2. 可操作性	7
3. 准确性	7
(二) 构建风险评估体系框架的考虑因素	7
1. 物种本身特性与入侵性	8
2. 引种地自然环境与可入侵性	8
3. 人类活动干扰与可入侵性	9
4. 构建风险评估体系框架的其他考虑因素	9
(三) 风险评估体系各级指标框架的确立	10
四、风险评估体系各层次指标权重的配比	13
(一) 权重配比方法	13
(二) 权重值计算方法	14
1. 建立递阶层次结构模型	14

2. 构建矩阵	14
3. 计算层次指标权重值	15
4. 一致性检验	15
5. 计算组合权重	16
(三) 外来引种植物入侵风险评估体系	17
(四) 评估缺陷处理办法	26
五、风险评估体系检验	27
(一) 体系检验方法	27
(二) “已存在”状态风险评估体系检验结果	31
(三) “未引入”状态风险评估体系检验结果	34

第二篇 引进植物可能携带有害生物风险分析与评估体系构建

一、风险评估模型确立原则	42
(一) 整体性	42
(二) 层次性	43
(三) 重要性	43
(四) 客观性与实用性	43
二、多指标综合评价体系构建	44
(一) 指标因子定义和赋值原则	48
1. 进入的可能性(P_1)	48
2. 定殖的可能性(P_2)	48
3. 扩散的可能性(P_3)	48
4. 寄主经济重要性(P_4)	49
5. 危害性管理难度(P_5)	49
(二) 指标权重计算方法	50
1. 绘制外来入侵物种结构模型	50
2. 确定判断矩阵	50
3. 计算层次指标权重值	51
(三) 各准则层计算方法	51
1. 叠加关系	51
2. 替代关系	51

3. 连乘关系	51
(四) 多指标综合评价体系评价值量化计算	52
1. 指标层(P_j)量化计算	52
2. 准则层(P_i)量化计算	52
3. 目标层(R)量化计算	53
(五) 风险等级划分标准	53
(六) 多指标综合评价体系验证	54

第三篇 上海辰山植物园引进植物及其可能携带有害生物风险评估

一、上海辰山植物园引种陆生植物入侵风险分析	60
(一) 上海辰山植物园已引进植物入侵风险分析方法与步骤	61
1. 评估物种筛选	61
2. 对筛选物种进行系统风险评估	62
(二) 上海辰山植物园已引进 48 种植物入侵风险评估结果	62
大花金鸡菊 / 63	葵叶赛菊芋 / 111
堆心菊 / 66	马利筋 / 113
两色金鸡菊 / 69	挪威槭 / 116
橙黄山柳菊 / 72	美国白栉 / 119
欧蓍 / 74	柳叶马鞭草 / 121
柳枝稷 / 77	美国红栉 / 124
菊苣 / 80	起绒草 / 127
毛蕊花 / 83	竹叶菊 / 129
聚合草 / 85	黑矢车菊 / 132
绒毛狼尾草 / 88	欧白英 / 135
香根菊 / 91	小蔓长春花 / 138
肥皂草 / 94	戟叶马鞭草 / 141
荷兰菊 / 97	欧亚槭 / 143
欧洲山芥 / 100	匍匐十大功劳 / 146
黑心菊 / 102	美国紫菀 / 149
大麻叶泽兰 / 105	喀斯特十大功劳 / 152
洋常春藤 / 108	欧薄荷 / 154

鹰爪豆 / 157	美国梓树 / 176
少花紫菀 / 160	伞房决明 / 179
美国皂荚 / 163	绵毛荚蒾 / 181
蛇鞭菊 / 165	美洲朴 / 184
拟美国薄荷 / 168	大花田菁 / 187
欧洲女贞 / 171	美洲楸 / 189
具翅千屈菜 / 173	毛洋槐 / 192
(三) 物种现状说明	197
(四) 园区管理建议	198
二、上海辰山植物园 7 种引进植物在我国适生区分析	201
(一) 适生区预测对象	201
(二) 适生区分析方法	202
1. 软件	202
2. 数据	202
3. 方法	203
(三) 7 种引进植物在我国适生区分析结果	204
大花金鸡菊 / 204	聚合草 / 211
橙黄山柳菊 / 206	欧洲山芥 / 213
柳枝稷 / 208	马利筋 / 214
毛蕊花 / 210	
三、上海辰山植物园引进植物可能携带有害生物入侵风险分析与评估	218
(一) 上海辰山植物园已引进植物可能携带有害生物种类的确定及 预评估	218
1. 材料	218
2. 方法	218
3. 结果与分析	218
(二) 基于 Maxent 生态位模型 14 种有害生物在中国适生区预测	228
1. 理论依据	228
2. 研究对象	229
3. 软件	229
4. 环境变量数据	229

5. 地理数据	230
6. 方法	230
7. 结果与分析	231
无花果蜡蚧 / 231	蔗根象 / 237
新菠萝灰粉蚧 / 232	苹果花象 / 238
扶桑绵粉蚧 / 233	栗黑水疫霉 / 239
荷兰石竹卷蛾 / 234	天竺葵锈病菌 / 241
南洋臀纹粉蚧 / 235	葡萄皮尔斯病菌 / 242
长林小蠹 / 236	番茄环斑病毒 / 243
云杉树蜂 / 237	榆枯萎病菌 / 244
8. Maxent 模型预测能力验证	245
(三) 14 种可能有较大风险有害生物风险分析与评估	247
1. 材料	247
2. 方法	247
3. 结果与分析	248
无花果蜡蚧 / 248	蔗根象 / 267
新菠萝灰粉蚧 / 251	苹果花象 / 269
扶桑绵粉蚧 / 254	栗黑水疫霉 / 272
荷兰石竹卷蛾 / 257	天竺葵锈病菌 / 275
南洋臀纹粉蚧 / 259	葡萄皮尔斯病菌 / 277
长林小蠹 / 261	番茄环斑病毒 / 280
云杉树蜂 / 264	榆枯萎病菌 / 283
4. 结论	286

第四篇 上海迪士尼建设第一期工程与其他地区引进植物 及可能携带有害生物风险分析与评估

一、上海迪士尼建设第一期工程引种植物风险分析	292
二、上海迪士尼建设第一期工程引种植物可能携带有害生物风险分析	295
(一) 上海迪士尼建设第一期工程引进软树蕨苗木风险评估报告	297
1. 背景	297
2. 软树蕨在中国适生区预测和上海引种风险分析	298

3. 上海地区引种软树蕨传带有害生物风险分析	299
4. 从澳大利亚引进软树蕨苗木风险分析结论	299
5. 风险管理措施	300
(二) 上海迪士尼建设第一期工程引进滨藜叶分药花苗木的风险评估	302
1. 背景	302
2. 滨藜叶分药花上海引种风险分析	302
3. 上海地区引种滨藜叶分药花传带有害生物风险分析	303
4. 从意大利引进滨藜叶分药花苗木的风险分析结论	303
5. 风险管理措施	303
(三) 上海迪士尼建设第一期工程引进柏科植物 (美国花柏、北美香柏、美西侧柏)风险评估报告	305
1. 背景	305
2. 有害生物风险评估结果	307
松唐盾蚧 / 308	美柏肤小囊 / 313
3. 从德国引进柏科植物(美国花柏、北美香柏、美西侧柏) 风险分析结论	318
4. 风险管理措施	318
(四) 上海迪士尼建设第一期工程引进槭树属植物(银白槭、自由人槭) 风险评估报告	320
1. 背景	320
2. 有害生物风险评估结果	322
栗黑水疫霉 / 323	胡桃圆盾蚧 / 337
梨带蓟马 / 328	木质部难养细菌 / 342
荷兰石竹卷蛾 / 332	
3. 引进槭树属植物(银白槭、自由人槭)风险分析结论	347
4. 风险管理措施	347
(五) 上海迪士尼建设第一期工程引进蔷薇科植物风险评估报告	349
1. 背景	349
2. 有害生物风险评估结果	352
苹果绵蚜 / 354	荷兰石竹卷蛾 / 363
草莓滑刃线虫 / 359	梨火疫病 / 364

3. 引进蔷薇科植物风险分析结论	369
4. 风险管理措施	369
(六) 上海迪士尼建设第一期工程引进大西洋雪松风险评估报告 ...	371
1. 背景	371
2. 有害生物风险评估结果	372
松异带蛾 / 373	雪松疫霉根腐病菌 / 378
3. 引进大西洋雪松风险分析结论	382
4. 风险管理措施	383
三、2014~2015 年上海引进植物及可能携带有害生物风险分析与评估 ...	385
(一) 从巴基斯坦引进雪松苗木风险评估报告	385
1. 背景	385
2. 雪松(<i>Cedrus deodara</i>)在上海引种风险分析	386
3. 上海地区引种雪松(<i>Cedrus deodara</i>)传带有害生物风险分析 ...	386
4. 从巴基斯坦引进雪松苗木风险分析结论	389
5. 风险管理措施	389
(二) 从荷兰引进美人蕉种球风险评估报告	391
1. 背景	391
2. 美人蕉(<i>Canna indica</i>)在中国适生区预测和上海引种 风险分析	392
3. 上海地区引种美人蕉传带有害生物风险分析	404
菜豆黄花叶病毒 / 406	
4. 从荷兰引进美人蕉种球风险分析结论	410
5. 风险管理措施	411
(三) 从台湾地区引进台湾五针松苗木风险评估报告	413
1. 背景	413
2. 引种台湾五针松苗木在大陆适生区预测和上海引种风险 分析	414
3. 上海地区引种台湾五针松传带有害生物风险分析	415
松针褐枯病菌 / 420	松墨天牛 / 432
松材线虫 / 427	
4. 引进五针松风险分析结论	438
5. 风险管理措施	438

(四) 从台湾地区引进真柏苗木风险评估报告	441
1. 背景	441
2. 引种真柏苗木在上海引种风险分析	441
3. 上海地区引种真柏传带有害生物风险分析	442
4. 引进真柏风险分析结论	444
5. 风险管理措施	445
参考文献	447
附录一 引进林木种子、苗木检疫审批与监管规定	456
附录二 国际植物保护公约	468
附录三 区域植物保护组织	479

图版目录

- 图版 1 大花金鸡菊、聚合草
- 图版 2 橙黄山柳菊、欧洲山芥
- 图版 3 柳枝稷、马利筋
- 图版 4 毛蕊花、欧蓍
- 图版 5 美国白桤、柳叶马鞭草
- 图版 6 香根菊、肥皂草
- 图版 7 美国梓树、欧薄荷、拟美国薄荷
- 图版 8 无花果蜡蚧、新菠萝灰粉蚧、扶桑绵粉蚧
- 图版 9 荷兰石竹卷蛾、长林小蠹
- 图版 10 云杉树蜂、蔗根象
- 图版 11 苹果花象、天竺葵锈病菌
- 图版 12 软树蕨、滨藜叶分药花、忍冬
- 图版 13 草莓树、瓜子横杨、紫药女贞
- 图版 14 美国花柏、北美香柏、美西侧柏
- 图版 15 松唐盾蚧、美柏肤小蠹
- 图版 16 梨带蓟马、苹果绵蚜
- 图版 17 欧洲火棘、石斑木、百合
- 图版 18 西南栒子、山樱花、大西洋雪松
- 图版 19 梨火疫病、松异带蛾
- 图版 20 松墨天牛、合欢双条天牛、苹果壳色单隔孢溃疡病菌
- 图版 21 松材线虫中国适生区预测
- 图版 22 大花金鸡菊中国适生区预测
- 图版 23 橙黄山柳菊中国适生区预测

- 图版 24 柳枝稷中国适生区预测
- 图版 25 毛蕊花中国适生区预测
- 图版 26 聚合草中国适生区预测
- 图版 27 欧洲山芥中国适生区预测
- 图版 28 马利筋中国适生区预测
- 图版 29 无花果蜡蚧中国适生区预测
- 图版 30 新菠萝灰粉蚧中国适生区预测
- 图版 31 扶桑绵粉蚧中国适生区预测
- 图版 32 荷兰石竹卷蛾中国适生区预测
- 图版 33 南洋臀纹粉蚧中国适生区预测
- 图版 34 长林小蠹中国适生区预测
- 图版 35 云杉树蜂中国适生区预测
- 图版 36 蔗根象中国适生区预测
- 图版 37 苹果花象中国适生区预测
- 图版 38 栗黑水疫霉中国适生区预测
- 图版 39 天竺葵锈病菌中国适生区预测
- 图版 40 葡萄皮尔斯病菌中国适生区预测
- 图版 41 番茄环斑病毒中国适生区预测
- 图版 42 榆枯萎病菌中国适生区预测
- 图版 43 软树蕨中国适生区预测
- 图版 44 松唐盾蚧中国适生区预测
- 图版 45 美柏肤小蠹中国适生区预测
- 图版 46 梨带蓟马中国适生区预测
- 图版 47 胡桃圆盾蚧中国适生区预测
- 图版 48 苹果绵蚜中国适生区预测
- 图版 49 草莓滑刃线虫中国适生区预测
- 图版 50 梨火疫病中国适生区预测
- 图版 51 松异带蛾中国适生区预测
- 图版 52 雪松疫霉根腐病菌中国适生区预测
- 图版 53 美人蕉中国适生区预测
- 图版 54 菜豆黄花叶病毒中国适生区预测
- 图版 55 松针褐枯病菌中国适生区预测
- 图版 56 松墨天牛中国适生区预测

图 版

第一篇

引进植物入侵性风险分析 与评估体系构建

我国作为世界第二大经济体,经济活动和对外贸易十分活跃和频繁。在大量的物资进出口过程中,生物入侵事件频繁发生,许多具有高危险性的物种被传入并在传入地大量繁殖和扩散,造成巨大的经济损失。据报道,我国因外来生物入侵每年造成的经济损失就达1 200亿元。目前我国有544种外来入侵物种,其中大面积发生、危害严重的达100多种。我国防范外来生物入侵的形势十分严峻。

由于外来生物种类繁多,传入途径多样,传入地区环境因子又各不相同,决定传入风险的各主要因子在不同地区的重要性也不尽相同,因而很有必要针对不同的区域构建适应该地区入侵生物风险分析的评估体系。

华东地区是我国经济贸易最活跃的地区。本篇主要针对华东地区外来植物及其引种地的地域特点,构建相应的外来植物入侵风险评估体系,在有意引种外来植物时,在引入前进行准确的系统入侵风险综合评估,根据评估结果获得的入侵风险大小再决定引入与否,以及制定引入以后对应的管理防治措施。虽然华东地区区域内的气候、地貌、土壤类型等也有一定差异,评估体系可以在充分考虑这些差异存在的情况下,以地区内一些共有特征和影响因素为重要评估因子,建立适宜华东地区外来陆生植物风险分析的综合评估体系。

本研究参考国内外多个外来物种风险评估体系,结合中国华东地区的实际情况,构建外来引种植物入侵风险评估体系。体系中所涉及的“引种地”均对应外来陆生植物的引入地,包括具体引种地点与所在市(县)。该体系对非人为引种的外来陆生植物在传入地风险性的评估亦具有一定的参考性。

一、引进植物入侵性风险分析的方法步骤

目前国内外针对外来植物入侵风险等级评定的方法,最常见的有风险等级评估体系和多指标综合评价法。事实上,这两类方法属于同一类评估方法,主要是应用系统科学、生态学理论、专家决策系统的基本理论和方法,通过研究和分析影响外来物种的各种影响因素以及这些因素的重要性和相互之间的关系,来建立对外来物种的多层次、多指标综合风险评估体系。

多层次多指标风险评估体系主要从物种来源地与评估区域(引种地)相对比的适宜度、物种生活史和生物学特性、地理分布状况、危害程度、防治和管理难易等方面作为切入点,展开多层次、多指标的综合分析,从而对该外来物种入侵风险进行综合评价。也有研究者从入侵过程的时间顺序入手,从传入、定殖、扩散、危害影响、防控等各阶段的物种特性和入侵可能性来分析物种的入侵风险性。

本研究选择采用多层次、多指标的综合风险评估体系方法,以华东地区为主要引种地,构建国外(含境外,下同)引种植物入侵风险评估体系。由于不同生境中植物的生长、繁殖、扩散、适宜环境等不尽相同,因此本研究所建立的风险评估体系仅针对陆生的外来植物。

在构建外来引种植物入侵风险评估体系中,借鉴 Weber 和 Gut 构建的中欧地区外来杂草的评估方法,在体系中先设立一套预评估办法。通过预评估先除去一部分不存在入侵可能性的物种,经过预评估确定可能有入侵风险的物种才进入风险评估体系进行综合风险分析。这样在充分保证评估准确性的基础上,可大大提高风险评估的工作效率。

评估体系的构建要考虑体系的科学性和系统性、物种信息的可得性与准确性、操作的实用性等多方面,以确定指标的选择与定位。本研究构建的风险评估体系综合考量物种的入侵性和地区的可入侵性,以物种生物学及生态特性、引种地环境

状况、引种地人类活动干扰状况三方面为总目标,将这三个方面设为评估体系的一级指标层,在三项一级指标下各自设立对应的二级指标层,二级指标下再设立具体执行操作的三级指标,从而构成完整的评估体系。本体系针对外来物种是否已存在及未引种两种状态,在“已存在”状态下多设立一项“生长与逃逸状况”的二级指标层。

本体系的权重赋值采用管理学上常用的层次分析法(the analytic hierarchy process, AHP)对不同指标层中的指标进行权重赋值。该方法模拟思维过程中的基本特征,对问题进行分层次、拟定量、规范化的处理,同时加入统计检验的方法,用于多目标、多准则的决策。赋以权重值的评估体系可以进行具体的打分评估,每个指标累加所得的总分即为物种最后得分。

外来引种植物风险评估体系的构建将按照如下步骤进行:

(1) 确立预评估方法,主要在有大量待评估物种或待评估物种风险性明确存在较大差异的情况下使用。

(2) 构建风险评估体系的主体框架,确定指标层次与具体指标项内容。

(3) 使用层次分析法(AHP)对两种不同状态(已存在、未引入)下的评估体系各层次各项指标进行权重赋值。

(4) 选择一定数量且入侵风险性高低较为明确的外来陆生植物。这些植物包括已存在及尚未存在于华东地区的物种,使用两种状态的风险评估体系对这些植物进行评估,所得结果与实际情况比对,以验证所构建体系的准确性与可使用性。

(5) 根据体系检验结果,对体系进行一定的修正和处理,最后确定可行且准确的风险评估体系。

二、引进植物入侵性风险预评估的意义和方法

(一) 风险预评估的意义

当面对实际的外来物种风险评估时,会面对许多不同类型的待评估物种。这些物种所具有的特质或在本地的适应性都不尽相同。当待评估的物种数量较为庞大,或者待评估物种特质差异较大时,为了提高风险评估体系使用的效率和有效性,在进行风险评估之前,需要设立一定的风险预评估方法,将不同类型的物种导入不同状态的风险评估体系,更重要的是能够排除许多不需要或不适宜使用风险评估体系进行评估的物种。

国内外目前有不同的风险预评估方法,预评估的目的与方法都较为接近。本研究参考并简化已有的风险预评估方法,确定了适宜于华东地区外来陆生植物入侵风险的风险预评估方法。

(二) 风险预评估方法

本风险预评估方法,以筛选出适宜在所构建的风险评估体系进行风险评估的外来陆生植物为目标,并根据物种实际情况导入“已存在/未引入”两种不同状态的体系。而主要作用则是筛去没有必要或不适宜进行系统综合风险评估的物种。

本研究所确定的风险预评估方法见图 1-1。

纵观当前多数入侵植物,可以发现几乎所有的入侵植物在入侵地都具有良好的适应性,同时具有较宽的生态位,多数在露天环境中可以进行大量繁殖并扩散。如果某外来物种在引入地缺乏良好的适应性,或者缺乏进行繁殖或扩散的条件,则该物种就可以被在引入地认为不具有入侵风险性。

因此,在风险预评估流程中,“在华东地区明确不具有逸生可能”的判断标准主

要包括：

(1) 该物种在华东地区露天生长条件下,明显具有不适应性,如热带的兰科植物、高寒地区的报春花科植物等；

(2) 该物种在华东地区不具备繁殖或扩散条件,如缺乏有性繁殖媒介等；

(3) 该物种本身的繁殖或扩散能力非常弱,或在华东地区的繁殖或扩散能力非常弱,如大部分裸子植物、仙人掌科等的多肉植物。

当具备这些显著特征时,该外来植物便可直接排除具有入侵的可能性,在经过病虫害检验检疫后,便可允许引入。

经过风险预评估筛选所得的外来物种可以在风险评估体系中进行综合的风险评估,但前提需要保证该物种的信息是否完整及准确。

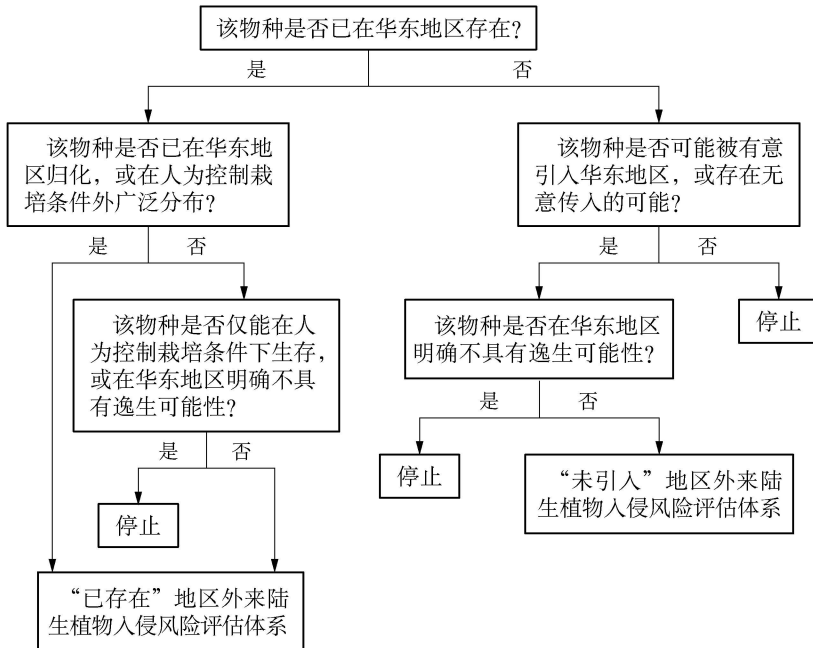


图 1-1 华东地区外来引种陆生植物风险预评估方法

三、风险评估体系框架与指标分级

(一) 构建风险评估体系框架的原则

在构建风险评估体系之前,首先需要构建体系的框架。体系的框架从构建原则入手,从主要考虑方面展开。体系框架包括层次的设置和各层次指标的确立。

构建风险评估体系的框架时,需要遵循以下原则。

1. 系统性

评估体系应完整地从一个方面铺展,全面而多层次地展现影响植物入侵的各类因素,并根据各因素之间的关系和重要性,将它们有机地结合在一起,串连成系统的整体。

2. 可操作性

评估体系所选择的各级指标应能保证待评估物种可获得充分且准确的信息,不仅适用于某一类特定的评估,还可复制于多种类型的评估。

3. 准确性

评估体系的各级指标应具有明确的指向性,表达方式应清晰而准确,各级指标直接不存在交叉内容。

(二) 构建风险评估体系框架的考虑因素

造成外来植物入侵的原因多样且复杂。目前已有许多关于入侵机制的理论研究,然而究其根本,外来植物入侵不仅受到内在的物种特性影响,很大程度上更是受到了引入地环境的影响。

综合各种入侵机制的研究,本研究将决定外来植物入侵的因素分为内因和外因两方面。内因是指外来植物的潜在入侵性,外因是指引种地的可入侵性。内因主要针对外来植物本身的特性展开,外因则包括了引种地的自然环境和人类活动干扰两方面。

1. 物种本身特性与入侵性

从狭义层面来讲,物种本身特性往往指物种的生物学特性。许多关于入侵植物的研究也主要集中在入侵植物生物学领域内。大量的证据显示,入侵植物在入侵地区具有很强的环境适应性,同时也具备很强的繁殖和扩散能力,甚至相当一部分能够分泌化感物质。这些外来植物利用本身的这些能力,对入侵地区产生不同程度的生态影响,如造成生态系统结构的改变,生物多样性降低,营养物质循环的阻断,水土流失等。因此,从外来物种对于环境的反应和对生态的作用来看,物种本身特性除了自身的生物学特性,还广义地包括了在本地的环境适应性、在不同地域的分布情况、对本地生态系统的影响等。

所以,从外来植物本身的特性方面来看,不仅可以是外在表象型的特性,还包括内在的物种特质。

选择适宜用于体系框架构建的因素应包括:

- (1) 环境适应性,包括其原产地、全球分布状况,在本地的适应度等;
- (2) 在国内外的人侵记录;
- (3) 生物学特征,包括有性及无性繁殖能力、生境类型、耐胁迫能力等与入侵性相关的多方面因素;
- (4) 扩散方式与能力,包括物种的传播扩散方式、扩散能力强弱、扩散制约因素等;
- (5) 潜在危害与影响,包括对生境的占领能力强弱,是否具有化感作用,以及对生态、经济、社会的潜在危害等。

2. 引种地自然环境与可入侵性

除了外来物种本身特性以外,物种所处的自然环境对物种的传入、定殖、扩散、危害、防治各阶段都有显著的影响。通常来说,岛屿、开阔的平原河谷地区具有相对较高的可入侵性,而植被覆盖率高且生物多样性较高的地区则很少会产生严重的外来植物入侵。关于引种地的生物多样性与生物入侵的关系,当前各类研究所持观点并不一致,争议的焦点在于地域尺度。生物多样性高低本身与不同地域尺

度的气候类型、人类活动干扰有关；而人类活动干扰与生物多样性对外来植物的可入侵性都具有影响；外来植物入侵对生物多样性又具有显著的负面影响，因而其中的作用是相互交织的。但多数学者仍认为一个地区的物种丰富度高低与其可入侵程度具有一定的相关性。

所以，在引种地的自然环境状况方面，适宜用于体系评估的因素包括：

(1) 引种地的地理概况，包括引种地的地区类型，以及引种地及周边的地貌类型；

(2) 引种地的自然概况，包括引种地总体的植被覆盖率、植物种类丰富度、林地(湿地、草甸等)自然景观的面积比例。

3. 人类活动干扰与可入侵性

引种地的自然环境对外来物种的入侵固然有一定的影响，但引种地的人类活动对外来物种入侵的影响则显得更为重要。有数据显示，生物入侵与入侵地的经济发达程度、人口数量、交通发达程度等均有不同程度的正相关性。据统计，我国外来植物入侵最严重的省份基本集中在东部沿海发达地区，而且呈现由东部沿海向西部内陆递减的显著趋势。显然东部沿海高密度的人类活动对外来植物入侵具有非常重要的推进作用。

从人类活动对引种地可入侵性的影响角度来看，体系可以从引种地的这些方面入手选择体系指标：

(1) 引种地人类活动的概况，需要考虑引种地的人口密度及城市化程度；

(2) 引种地的交通概况，包括引种地的交通位置及其与周边的联系程度；

(3) 引种地农林牧业概况，农田、牧场、苗圃、采伐林场等地区往往具有较高的可入侵性，而这些地区的经营(放牧、采伐)强度则对地区可入侵性有进一步的影响；

(4) 引种方法及具体引种地点对引种植物的管理，包括对引种植物信息登记完善度、引种责任管理、隔离带设置、隔离带有效性几方面。

4. 构建风险评估体系框架的其他考虑因素

除了以上关于物种本身特性，以及外在的自然环境和人类活动干扰因素以外，构建风险评估体系时还需要考虑设置一定的矫正指标，主要用于客观指标之外的主观补充。矫正指标主要针对其他指标而设置，包括通过物种信息可得程度反应的物种入侵性识别难度，物种实际情况中的监控难度，以及根据物种特性与环境、科技手段反应的物种防治难度与成本。通过这几项评估，可以增强评估体系的灵

活度,达到对其余客观指标的微调目的。由于这几项考虑因素均与物种相关,因而适宜归为物种特性方面。

在确立评估体系时,体系将分为两种状态,即“已存在”风险评估体系和“未引入”风险评估体系,分别针对已经存在于华东地区的待评估外来植物和尚未存在于华东地区的待评估外来植物。两种状态的体系基本构建思路一致,由于“已存在”风险评估体系的物种在本地已有具体的存在情况,因而在选择指标时,比“未引入”评估体系多一部分物种的生长与逸生状况内容,增加评估的准确性。

(三) 风险评估体系各级指标框架的确立

综合考虑以上因素,本研究所要构建的外来引种陆生植物入侵风险评估体系框架可分为3个指标层,自上至下分别为一级指标层(总目标指标层)、二级指标层(分目标指标层)、三级指标层(操作指标层)。

一级指标层,包括物种本身特性、引种地自然环境、引种地人类活动3个总目标指标。

二级指标作为总目标指标的延伸,将对一级指标进行细化。在“已存在”状态下的评估体系,具体的二级指标有13个:物种本身特性下设二级指标7个,引种地自然环境下设二级指标2个,引种地人类活动下设二级指标4个。

二级指标下设具体的三级指标,即操作性指标,总共有45个。

在“未引入”状态下的评估体系,只比前者少一项物种本身特性下的“生长与逃逸状况”二级指标,因而“未引入”状态下的评估体系二级指标共有12个,三级操作指标为40个。

具体的外来引种植物入侵风险评估体系框架见表1-1。

表1-1 外来引种植物入侵风险评估体系框架

一级指标	二级指标	三级指标
1. 物种本身特性	(1) 环境适应性	① 原产地
		② 全球分布范围
		③ 主要自然分布区
	(2) 入侵史	① 国内是否有入侵记录
		② 国内是否有同属植物入侵记录
		③ 国外是否有入侵记录