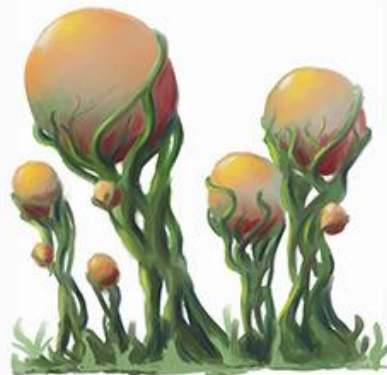


入侵生态学

北京林业大学 生态与自然保护学院



特别报道 | 假如武汉的警铃有机会被拉响， 可以是哪天？

第一财经
YiMagazine

武汉疫情核心时间线

● 医护感染 ● 卫健委通报 ● 湖北、武汉两会 ● 境外反馈 ● 关键点

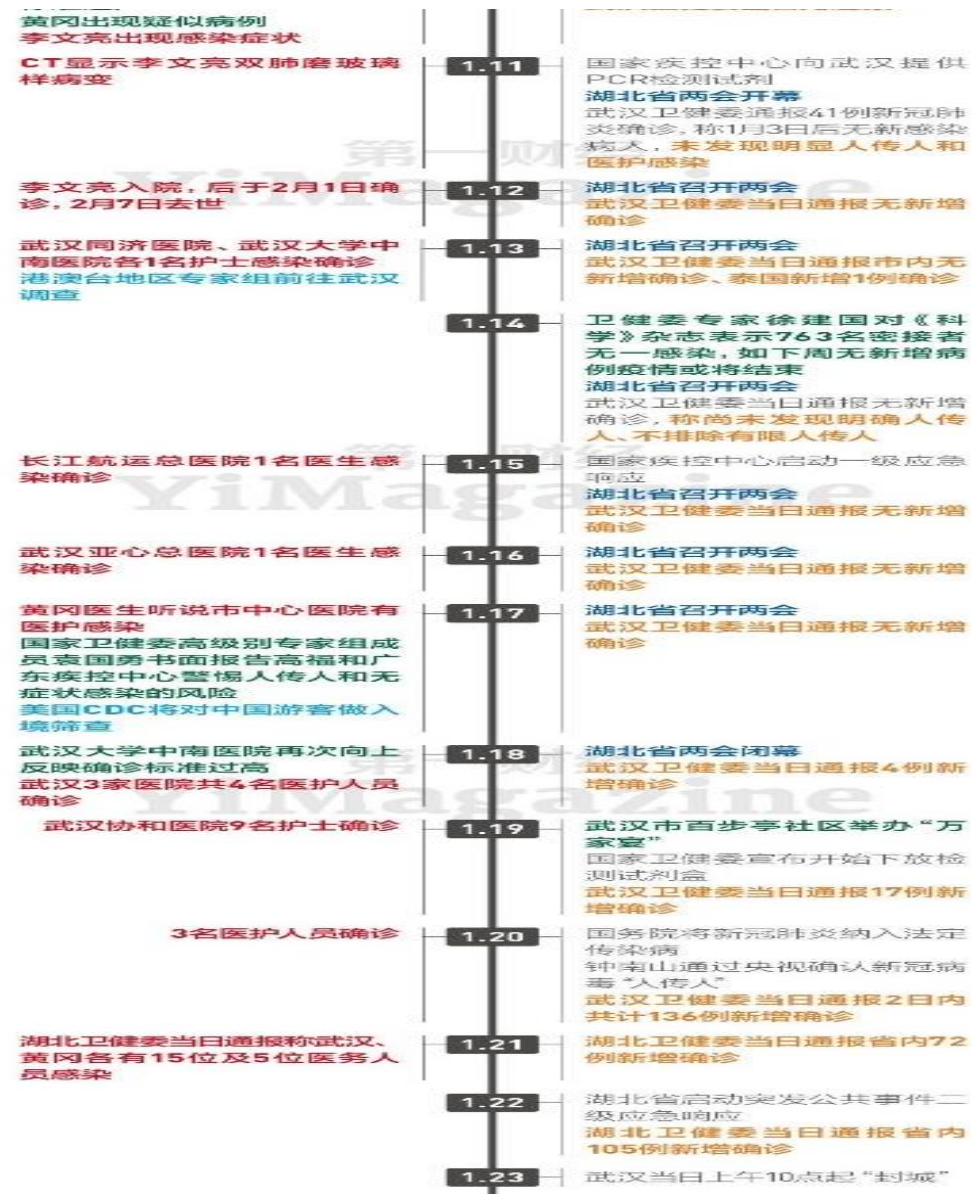


特别报道 | 假如武汉的警铃有机会被拉响， 可以是哪天？



特别报道 | 假如武汉的警铃有机会被拉响， 可以是哪天？

特殊时期， 特殊的学习
方式，希望大家可以相互理解；



自我介绍

南京大学生命科学院生态学专



- 研究兴趣
- | **湿地生态学**: 全球变化下湿地植物的生态适应, 植被的恢复与重建
- | **入侵生态学**: 外来植物入侵机制
- | **克隆植物生态学**: 克隆植物对环境的适应机制
- | 湿地保护与管理

自我介绍

目前主持的项目

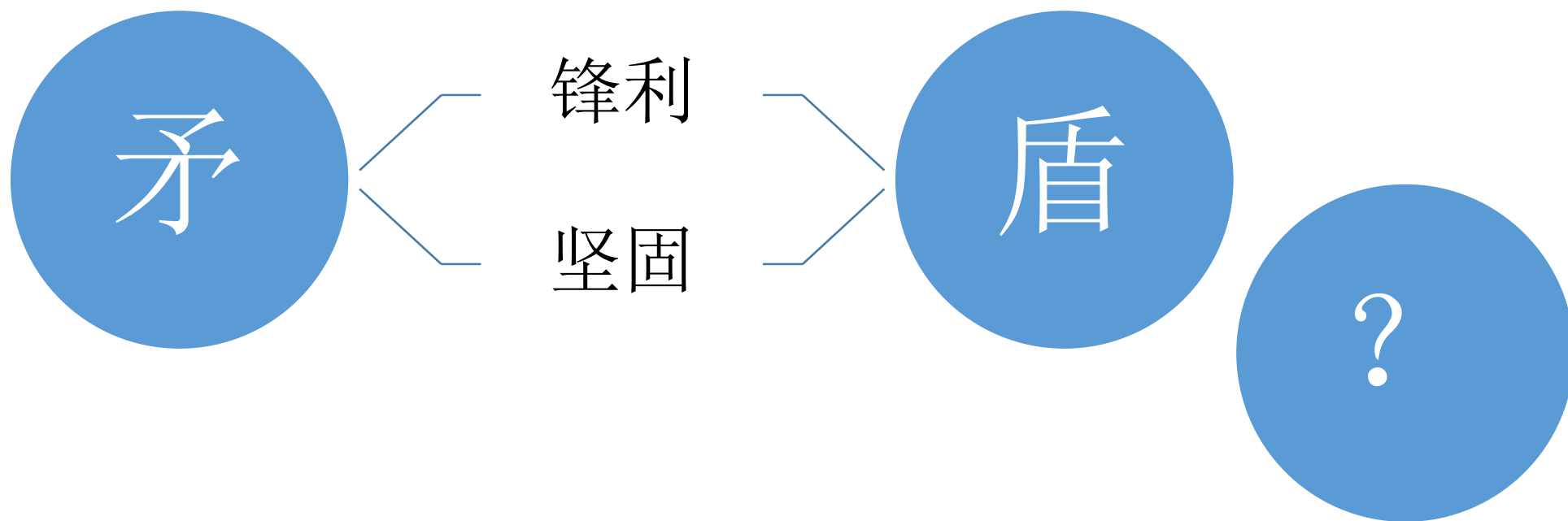
- 国家自然科学基金面上项目“基因型多样性对外来植物入侵性的影响机制”（2014-2018，主持）
- I 国家重大研发计划“主要入侵生物生态危害评估与防制修复技术示范研究”（2016.7-2018.12；项目骨干）
- I 北京林业大学青年教师中长期项目（2015-2020；执行主持）
- I 国家自然科学基金青年基金“外来湿地克隆植物大米草入侵和衰退的水文驱动机制”（2013-2015, 主持）



先来看一个小案例-自相矛盾



难以回答的问题



背景

- 随着全球经济一体化的飞速发展，生物入侵(Biological invasions)已成为与一个国家的经济发展、生态安全、国际贸易与政治利益紧密关联的重大科学问题，也是国际社会、各国政府、科学家与民众共同关心的社会热点。
- 在近几十年的时间里面，生物入侵理论体系已经得到了很好的完善，而且生物入侵预防和控制技术也在实际应用中得到开发，从而极大地提高了对生物入侵的认识和管理水平，促进了经济和社会的可持续发展。

背景

- **入侵生态学(Invasion ecology)**是研究外来种的入侵性与生态系统的可入侵性，以及外来入侵种的预防与控制的科学，是一门多领域交叉的学科。
- 本章主要介绍(1)生物入侵对人类经济、生态和社会的影响；(2)入侵生态学的基本概念、(3)研究历史与现状及研究范围等。

目录

第一节 生物入侵对经济、生态和社会的影响

第二节 入侵生态学的基本概念

第三节 入侵生态学的研究历史与现状

第四节 入侵生态学的研究范畴

第一节 生物入侵对经济、生态和社会的影响

- 外来种入侵能够改变原有的生物地理分布，打乱生态系统的原有结构与功能，给农林鱼牧业带来严重经济损失，而且对人类的生存环境、健康和文化造成不利的影响。
- 世界范围内，世界自然保护联盟(IUCN)-物种存续委员会(Species Survival Commission, SSC)成立了专门的入侵物种专家组(the invasive species group, ISSG)，经评估于2001年公布了全球100只能最具威胁的入侵种名录。

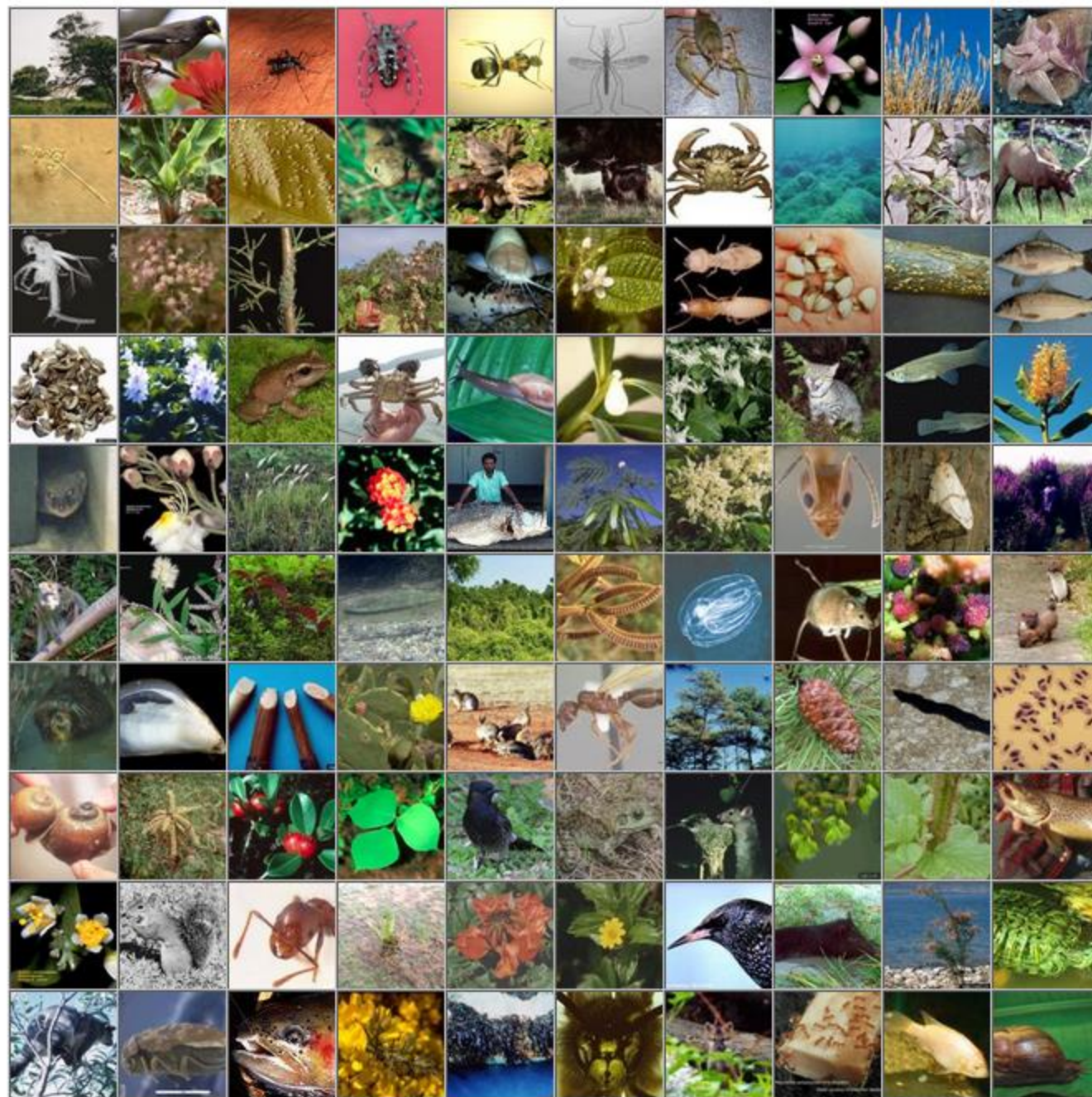


Invasive Species Specialist Group

- 微生物 7种
- 水生植物 5种
- 陆地植物 32种
- 水生无脊椎动物 9种
- 陆生无脊椎动物 17种
- 两栖动物 3种
- 鱼类 8种
- 鸟类 3种
- 爬行动物 2种
- 哺乳动物 14种

http://www.issg.org/worst100_species.html

View 100 of the World's Worst Invasive Alien Species



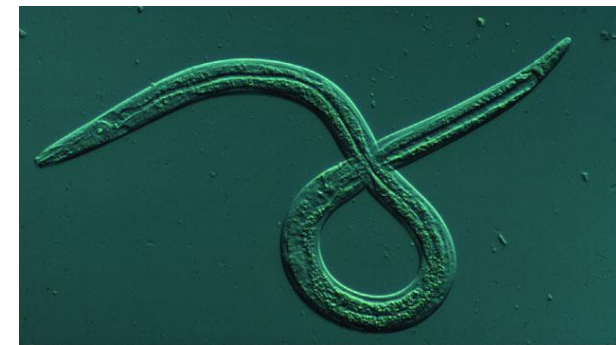
Invasive Species Specialist Group

- 在中国，截止2013年10月，入侵我国大陆的外来种已有544种，其中产生明显危害的达100种。
- 据估算紫茎泽兰、豚草、水稻象甲、美洲斑潜蝇、松材线虫、美国白蛾等13种入侵种每年给农林渔牧业生产造成的经济损失达470多亿(万方浩等，2005)



Invasive Species Specialist Group

- 在中国，截止2013年10月，入侵我国大陆的外来种已有544种，其中产生明显危害的达100种。
- 据估算紫茎泽兰、豚草、水稻象甲、美洲斑潜蝇、松材线虫、美国白蛾等13种入侵种每年给农林渔牧业生产造成的经济损失达470多亿(万方浩等，2005)



第一节 生物入侵对经济、生态和社会的影响

- 生物入侵将会导致严重的生态灾害。生物入侵可降低本地种的遗传多样性，甚至造成遗传多样性丧失；使群落结构趋于简单，群落部分功能弱化，物种多样性下降；导致生态系统多样性降低，系统的结构与功能被破坏。



第一节 生物入侵对经济、生态和社会的影响

- 豚草和三裂叶豚草的花粉可引发过敏性皮炎和支气管哮喘等疾病。



UGA5138076



第一节 生物入侵对经济、生态和社会的影响

- 红火蚁生性凶猛，常把蚁穴筑在居民区附近，当蚁穴受到人或畜生干扰后，常表现出很强的攻击行为。

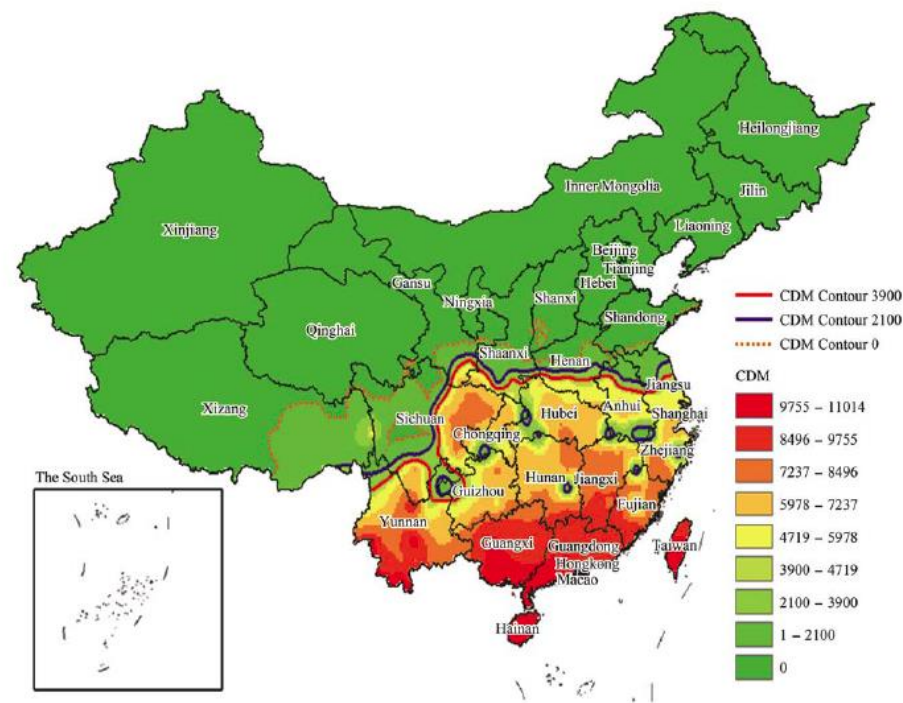


图 2 种群动态模型预测结果

Fig. 2 Prediction result of colony dynamic model

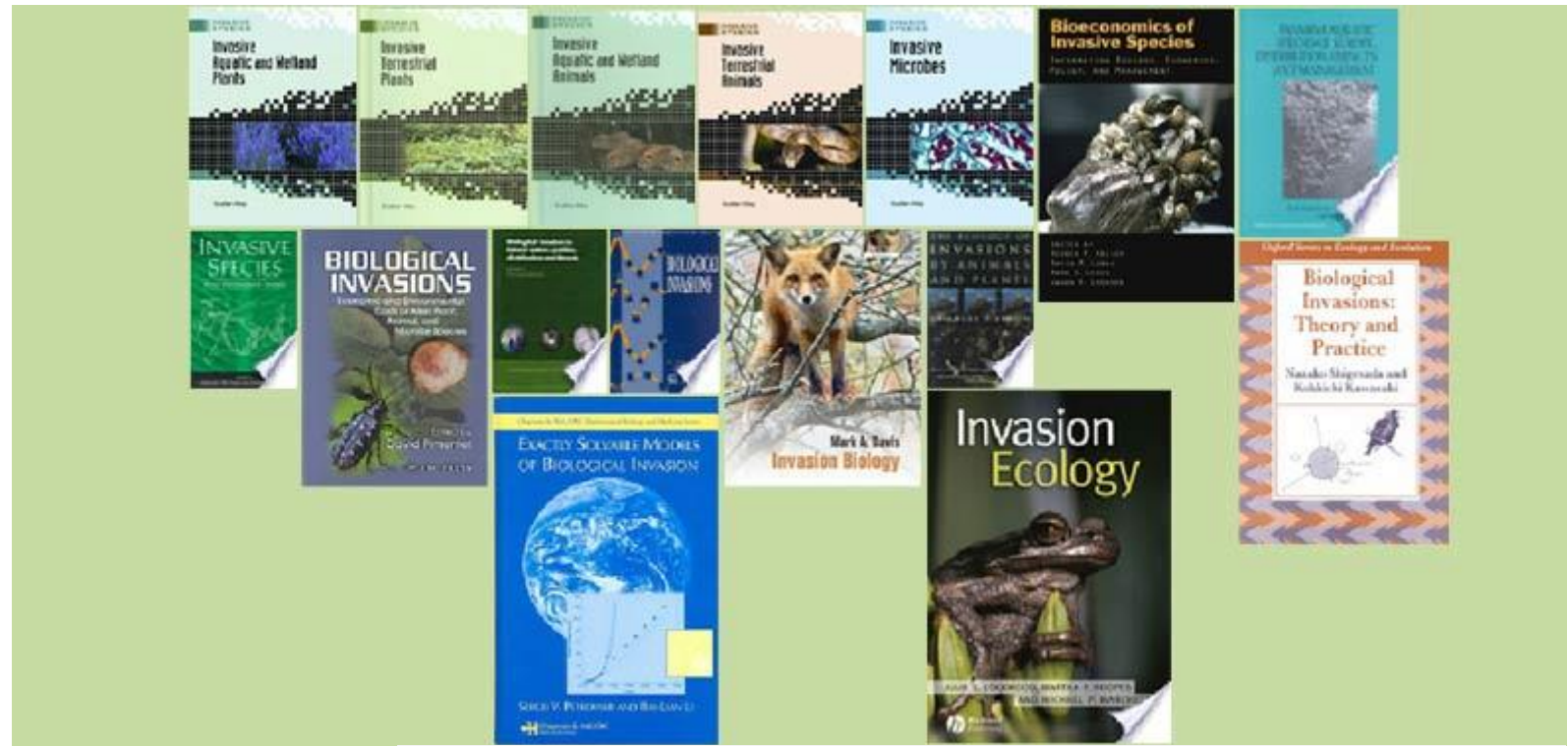
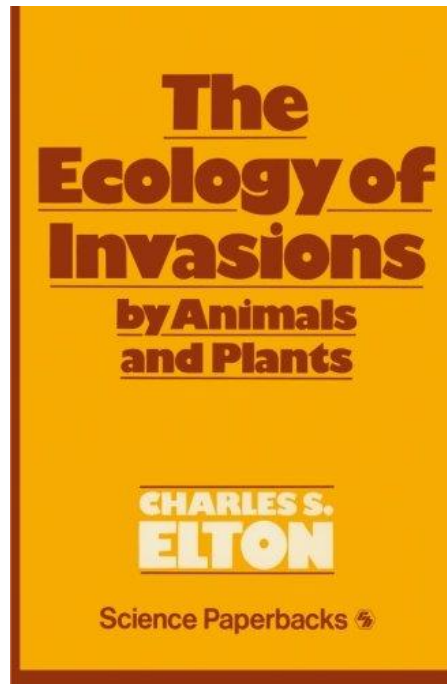
注：红火蚁入侵定殖风险如图例所示，红色为高危地区，绿色为免疫地区，红色向绿色过渡区域表示入侵定殖风险逐渐降低。入侵风险评定标准为年均繁殖有翅蚁数量 A_a 。Note: The red color demonstrates high probability invaded by *S. invicta* through annual average production of alates, the green area are immune from *S. invicta*, from the color red to green, the dangerousness decreased.

第二节 入侵生态学的基本概念

1. 入侵的、入侵性、入侵
2. 外来入侵生物、外来有害生物、外来入侵种
3. 本地种、外来种
4. 传入种、临时种、归化种与入侵种

第二节 入侵生态学的基本概念

- 从萌芽、快速发展到逐渐成熟，入侵生态学学科走过了半个多世纪的时间，而该学科中所涉及的定义与范畴在不断地发展和演化。



第二节 入侵生态学的基本概念

- 从萌芽、快速发展到逐渐成熟，入侵生态学学科走过了半个多世纪的时时间，而该学科中所涉及的定义与范畴在不断地发展和演化。

Diversity and Distributions
A Journal of Conservation Biogeography



Edited By: Janet Franklin
Impact Factor: 4.391
ISI Journal Citation Reports © Ranking: 2016: 7/54 (Biodiversity Conservation); 24/153 (Ecology)
Online ISSN: 1472-4642
Associated Title(s): [Global Ecology and Biogeography](#), [Journal of Biogeography](#)

Biological Invasions

ISSN: 1387-3547 (Print) 1573-1464 (Online)

Description

Biological Invasions publishes research and synthesis papers on patterns and processes of biological invasions in terrestrial, freshwater, and marine (including brackish) ecosystems. Also of interest are scholarly papers on management and policy issues as they relate to conservation programs and the global amelioration or control of invasions. The journal will consider proposals for special issues resulting from conferences o ... [show all](#)



第二节 入侵生态学的基本概念

- 由于语言、地域、文化及研究对象的差异，同一术语指代不清、不同概念互相混淆等情况经常出现。
- “在术语与概念方面，入侵生态学可能比大多数自然学科都更为复杂，因为“入侵”二字本身就容易让人误解，如外来种的数量达到多少算作入侵，怎么传入算作入侵，造成什么后果算作入侵。”—— Richardson et al. (2000)

Diversity and Distributions (2000) 6, 93–107

BIODIVERSITY RESEARCH



Naturalization and invasion of alien plants:
concepts and definitions

DAVID M. RICHARDSON¹, PETR PYŠEK², MARCEL REJMÁNEK³,

第二节 入侵生态学的基本概念

此外，出现在不同文献中的同一术语和概念往往覆盖的内容不一致，如果不加辨别地引用，就会产生理解的混淆。

比如，Falk-Petersen等(2006)对过去30年内制定或编写的生物词典、国际条约、学术期刊出版物等进行核查发现，仅对本地种(indigenous species)的相关定义就有10种，而对非本地种(non-indigenous species)及传入(introduction)的定义则均超过了20个。

第二节 入侵生态学的基本概念

此外，出现在不同文献中的同一术语和概念往往覆盖的内容不一致，如果不加辨别地引用，就会产生理解的混淆。

在国内，对分布在原产地以外物种的描述包括：非本地种，非土著种，外来种，国外种，引入种，传入种，迁入种，入侵种，移植种，定植种，驯化种，归化种等。

第二节 入侵生态学的基本概念

- 入侵 Invasion (n.)
- 一个外来种经历传入、定殖、潜伏、扩散和爆发等时期，并最终对本地的经济、生态或社会产生消极影响的全过程。
- 入侵的 invasive (adj.)
- 外来种所产生的的负面效应。
- 入侵性 invasiveness (n.)
- 外来种的入侵特性，如扩散能力、繁殖能力以及竞争能力等。

第二节 入侵生态学的基本概念

- 外来入侵生物、外来入侵种、外来有害生物
- (定义)指分布在原产地以外，建立了能够自我维持的物种并对当地的经济、生态和社会安全造成威胁的生物。
- 从中文表述的角度来看，
外来入侵生物一般泛指一类对象或者是“种”以下分类单元；
外来入侵种指一个具体的、以“种”为分类单元的对象；
外来有害生物则侧重于科普需求。

第二节 入侵生态学的基本概念

- 本地种、土著种、外来种、非本地种

本地种(Indigenous species): 某一行政区或者特定区域内分布的物种;

土著种(Native species): 某一群落或生态系统中存在的物种。

外来种(Alien species, Exotic species)或非本地种(Non-native species, Non-indigenous species): 分布在原产地以外的物种。

第二节 入侵生态学的基本概念

- 传入种、临时种、归化种和入侵种
- 传入种(introduced species), 与“外来种”意思接近, 是指经人类介导或自然传播到达某一地区的物种。
- 临时种(casual species), 是指只有依靠不断引入才能维持种群的外来种
- 归化种(naturalized species), 是指已经建立能够自我维持的种群并与本地生态系统形成稳定关系的外来种。
- 入侵种(invasive species)不仅从地域, 而且从后果来判别, 是指那些带来危害或者威胁的“外来种”。

**introduced – brought to
a new place by humans**

**not introduced,
or native**

**invasive –
entering a
new place
and harming
things
already there**



non-invasive



第二节 入侵生态学的基本概念

- 需要指出的是，对这些术语给出一个完整的生态学定义很困难。因此，一般会将生态功能、行政区划与研究目的相结合，考虑：
 - (1) 有某一地区起源的历史记录；
 - (2) 在漫长的进化过程中，是否已经融入到一个特定的生态系统，在食物网络结构中占据一定的位置并起到生态调节功能；
 - (3) 时间进程，之所以有“本地种”之称，是区别于“外来种”这一概念的，而对外来种的关注来源于最近一两个世纪内生物入侵现象的日益突出。

第二节 入侵生态学的基本概念

- 十数定律(Ten's rules)
- 描述入侵种到达特定入侵阶段的概率，即10%的传入种能够成为临时种，约10%的临时种能够成为归化种，约10%的归化种能够成为入侵种。

References:

- (1) Williamson, M., & Fitter, A. (1996). The Varying Success of Invaders. *Ecology*, 1661-1661. Retrieved April 14, 2015, from http://www.reabic.net/publ/Williamson_Fitter_1996.pdf
- (2) Jarić, I., & Cvijanović, G. (2012). The Tens Rule in Invasion Biology: Measure of a True Impact or Our Lack of Knowledge and Understanding? *Environmental Management*, 979-981. Retrieved April 14, 2015, from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22996401>



第三节 入侵生态学的研究历史与现状

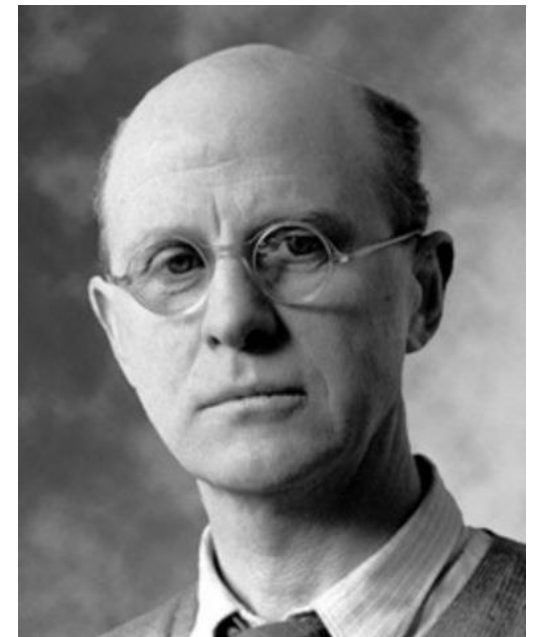
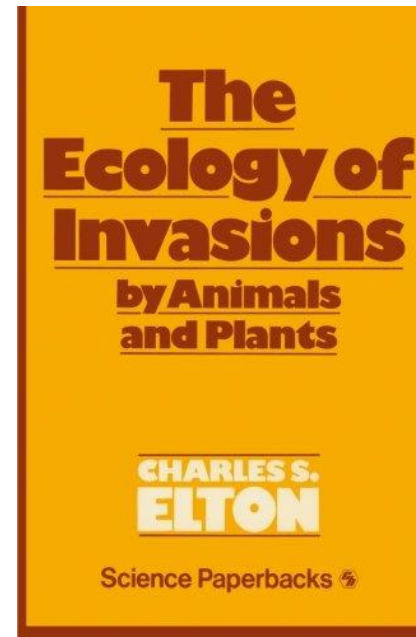
1. 萌芽期 (20世纪80年代之前)
2. 成长期(20世纪80年代)
3. 快速发展期(20世纪90年代至今)

萌芽期 (20世纪80年代之前)

- 作为入侵生态学诞生的标志性著作，1958年出版的 《The Ecology of Invasions by Animals and Plants》 介绍了生物入侵的一些核心素材和核心，提出了多个理论和假说来解释生物入侵的现象，并总结出基础的研究手段和思路。

Charles S. Elton (1900 - 1991)

- 英国著名动物生态学家、动物生态学家，生态学奠基人，有“入侵生态学之父”之称。24岁开始研究生态学，27岁开始研究生态学。1958年出版《The Ecology of Invasions by Animals and Plants》。对生态学的发展产生了深远影响。他的著作《The Ecology of Invasions by Animals and Plants》是生态学领域的经典著作。

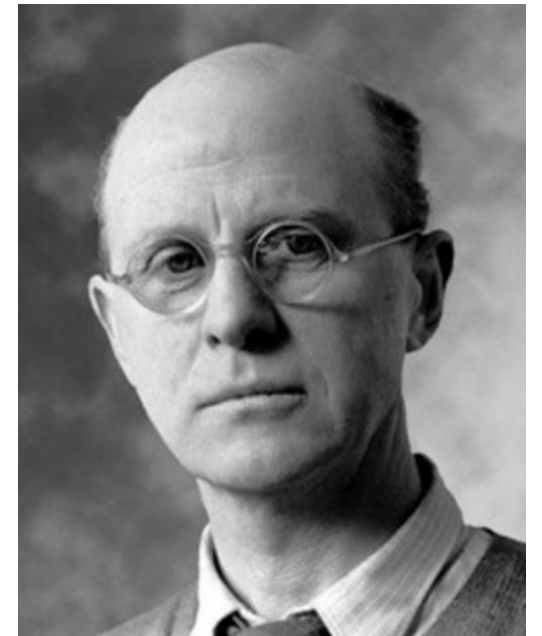
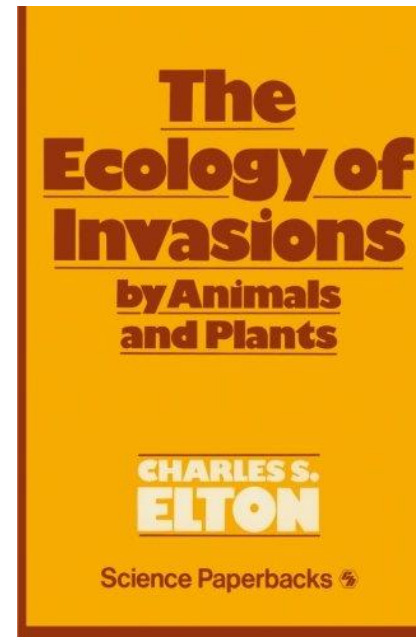


Charles S. Elton (1900 - 1991)

萌芽期 (20世纪80年代之前)

- 作为入侵生态学诞生的标志性著作，1958年出版的《The Ecology of Invasions by Animals and Plants》介绍了生物入侵的一些核心素材和核心，提出了多个理论和假说来解释生物入侵的现象，并总结出基础的研究手段和思路。

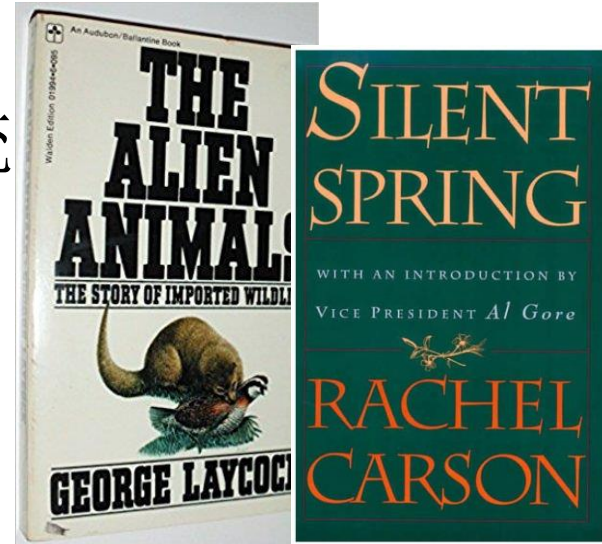
- “我们正生活在一个爆炸性的世界里，并不是只有原子弹和战争在威胁着我们，因为还有另外一种灾难，即生态爆炸！”



Charles S. Elton (1900 - 1991)

萌芽期 (20世纪80年代之前)

- 1964年，来自11个国家的27位作者，在美国加利福尼亚召开研讨会，并共同发表了《The Evolution of Colonizing Species》(Baker and Stebbins, 1965); --关注非本地种的进化问题
- 1964年(同年)，美国自然历史博物馆出版了《The Alien Animal: The Story of Imported Wildlife》(Laycork, 1966); --200条参考文献，20个全球范围案例。
- 1969年，在美国密西西比州举办了主题为“生态系统多样性-稳定性”的学术会议，探讨外来种成功入侵与生态系统抵御水平的关系(Woodwell and Smith, 1969)

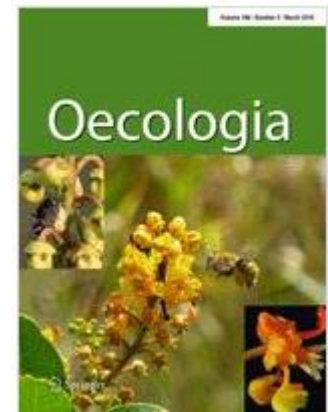


萌芽期 (20世纪80年代之前)

- 纵观20世纪60-70年代，生态学家关注生物入侵的问题，相关论文开始出现在当时一些主流的“Annual Review of Ecology and Systematics”，“Oecologia”中，但当时生物入侵研究还没有得到公众的关注，学术概念和研究手段也只是保护生态学的衍生，并没有作为独立的学术存在。



<https://www.annualreviews.org/journal/ecolsys>



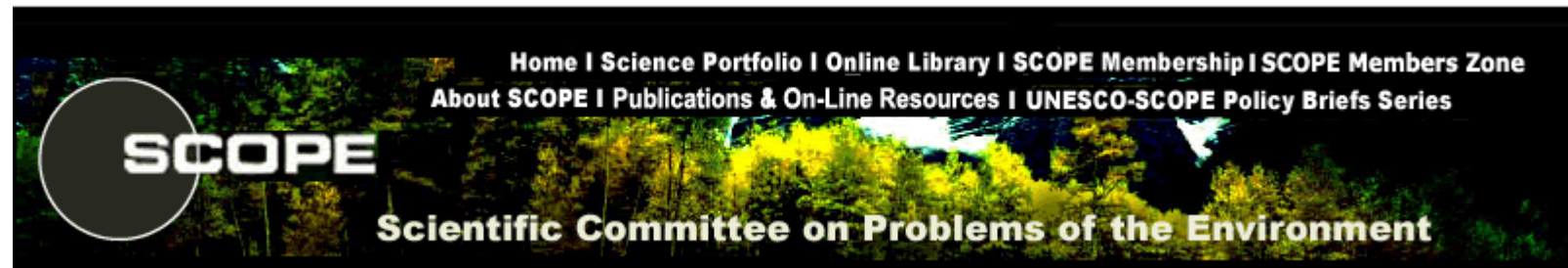
<https://link.springer.com/journal/442>

成长期(20世纪80年代)

- 到了20世纪80年代，入侵生态学研究开始受到重视，越来越多的生态学家开始思考生物入侵的问题。在这期间，有关生物入侵的重要科学问题(包括入侵生态学的核心理论和研究框架)也开始逐步提出。

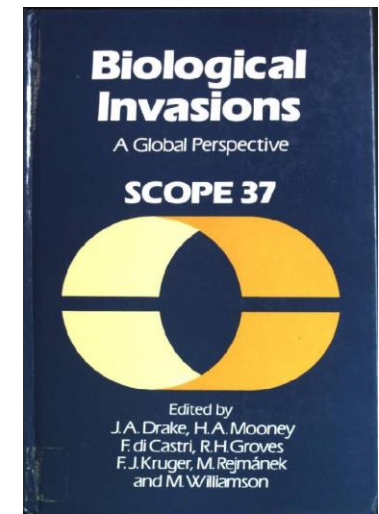
成长期(20世纪80年代)

- 1982年，国际环境问题科学委员会(scientific committee on problems of the environment, SCOPE)提出了生物入侵的三个核心问题：
 - (1) 什么因素能够决定一个物种成为外来入侵种；
 - (2) 什么样的特征决定了一个身体系统能够被入侵；
 - (3) 如何将外来种的入侵性和生态系统的可入侵性结果应用于管理中。



成长期(20世纪80年代)

- 1984年，南非出版了第一个关于入侵种的国家报告《Invasive alien organisms in the terrestrial ecosystems of the Fynbos Biome, South Africa》(Macdonald and Jarman, 1984)
- 1986-1989年，北美国家陆续出版了《Ecology of Biological Invasions of North America and Hawaii》(Mooney and Drake, 1986), 《Biological invasions: A global perspective》(Drake et al., 1989)等论文集。



快速发展期(20世纪90年代至今)

- 20世纪90年代，生物入侵的研究方法不断更新，研究理论不断拓展、研究成果层出不穷，研究影响日益加深、入侵生态学呈现出快速发展的趋势，主要体现在以下几个方面：
- (1)行政立法与管理措施不断加强
- 到目前为止，已经有40多个国际公约、协议和知道准则涉及外来危险生物入侵的问题。其中,在《生物多样性公约》(convention on Biological diversity)第8(h)条中，明确规定成员国“必须对那些威胁生态系统、栖息地或物种的外来种进行预防引入、控制或根除”。

快速发展期(20世纪90年代至今)

- 许多国家组建了国家入侵物种委员会，设立了专门应对生物入侵突发事件的基金，制定了预警名录等。
- 美国于1999年发布了13112号总统令，建立了国家入侵物种委员会(National Invasive Species Council, NISC)和入侵物种咨询委员会(Invasive Species Advisory Committee, ISAC)。
- 欧洲联盟(欧盟)于1979年9月19日签署了《欧洲野生生物与自然界保护公约》，要求缔约国承担严格控制引进非原生物种的义务。
《关于地中海特别保护区的巴塞罗那公约附加议定书》(1995年6月10日)规定，禁止引进可能对公约使用范围内的生态系统、生境和当地物种带来不利影响的物种。

快速发展期(20世纪90年代至今)

- 中国农业部作为牵头部门于2003年启动了“外来入侵生物灭毒除害行动”计划；2004年成立了外来物种管理办公室，2005年制定了《农业重大有害生物及外来生物入侵突发事件应急预案》，以应对生物入侵对我国生态与社会安全的威胁。



中华人民共和国环境保护部

Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China

索引号: 000014672/2016-01463

分类: 环境管理业务信息\生态环境保护

发布单位: 环境保护部
中国科学院

生成日期: 2016年12月20日

名称: 关于发布《中国自然生态系统外来入侵物种名单(第四批)》的公告

文号: 公告 2016年 第78号

主题词:

http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201612/t20161226_373636.htm

(2)基础设施与研究平台日益巩固

- 许多国家建立了生物安全研究中心或研究所，这些研究机构在高标准预警与风险分析、检测与监测、检疫隔离与快速反应、控制与管理、生态修复等方面建立了较为系统的科研体系，具备完善的科研基础设施条件。
- 美国国家农业生物安全中心由多个高级别、规模化的大型生物安全实验室组合而成，包括可用于研究恐怖农业生物、原生性农作物病虫害、外来入侵生物和转基因生物安全性的相关研究设施群，旨在迅速提高美国国家及各州对农业有害生物重大事件的整体应急能力和防恐减灾水平，主要任务是系统研究原生性和外来有害生物的传播途径、检测、鉴定和控制技术等。

USDA Logo



United States Department of Agriculture
National Agricultural Statistics Service



Subscriptions: [National](#) | [State](#) | [News](#)

Search NASS



快速发展期(20世纪90年代至今)

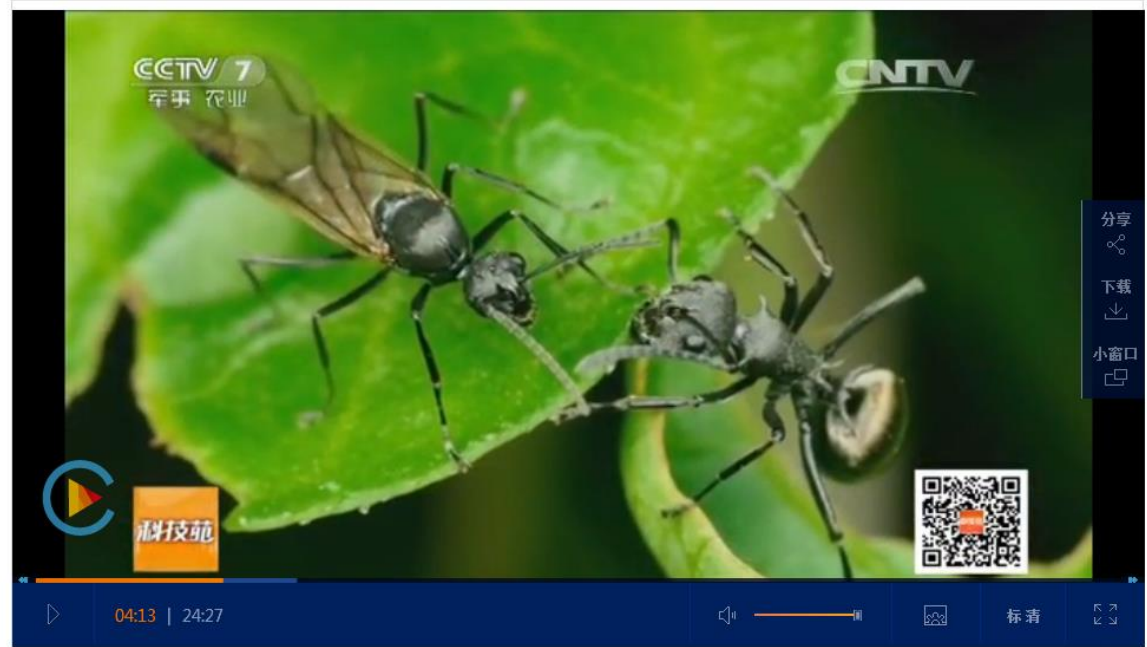
- 在我国，随着生物入侵研究的开展，许多相关科研平台也相继成立。2003年，依托中国农业科学院成立了农业部外来入侵生物预防与控制研究中心，该中心致力于预防与控制外来入侵种对农业生产的威胁，遏制外来入侵种在农田、森林、草地、湿地、淡水及自然保护区等生态系统中的扩散、传播与危害，确保生物多样性、生态安全和经济安全。



<http://www.invasivespecies.org.cn/web/index.aspx>

快速发展期(20世纪90年代至今)

- 2005年，华南农业大学成立红火蚁研究中心。该中心围绕重大入侵生物红火蚁，重点开展监测检测、扩散传播规律及预警系统、种群发生及适应性规律、经济影响评估体系、防除关键技术的研究与应用等方面的研究。



<http://tv.cntv.cn/video/C10343/9ef00f05a3694040a05be5afd4746fea>

- **(3)项目投入与研究经费不断增加**
- 结合基础设施建设，许多国家进一步加强了入侵生物学的科学研究。发达国家或地区制定了一系列生物入侵科研发展战略，欧美等发并实施了许多重大行动规划。
- 美国先后启动了“夏威夷生态系统风险项目”等多项重大科研项目；
- 加拿大制定了国家外来入侵物种战略，开展了“生物入侵和扩散研究网络项目”等研究；
- 澳大利亚制定了《澳大利亚生物多样性保护国家策略》(National Strategy for the Conservation of Australia's Biological Diversity)，发布了《澳大利亚杂草策略》(Australian Weeds Strategy)与《压舱水指南》(Ballast Water Guidelines)，成立了海洋入侵物种研究中心等科研机构，实施了“植物安全计划”等项目；
- 欧盟于2003年制定了欧洲外来入侵物种战略，相继开展了“大范围生物多样性风险评估”项目(Assessing Large-scale Risks for Biodiversity with Tested Method, ALARM)，“准入”项目(PRATIQUE Project)等10多项重大区域性科研项目

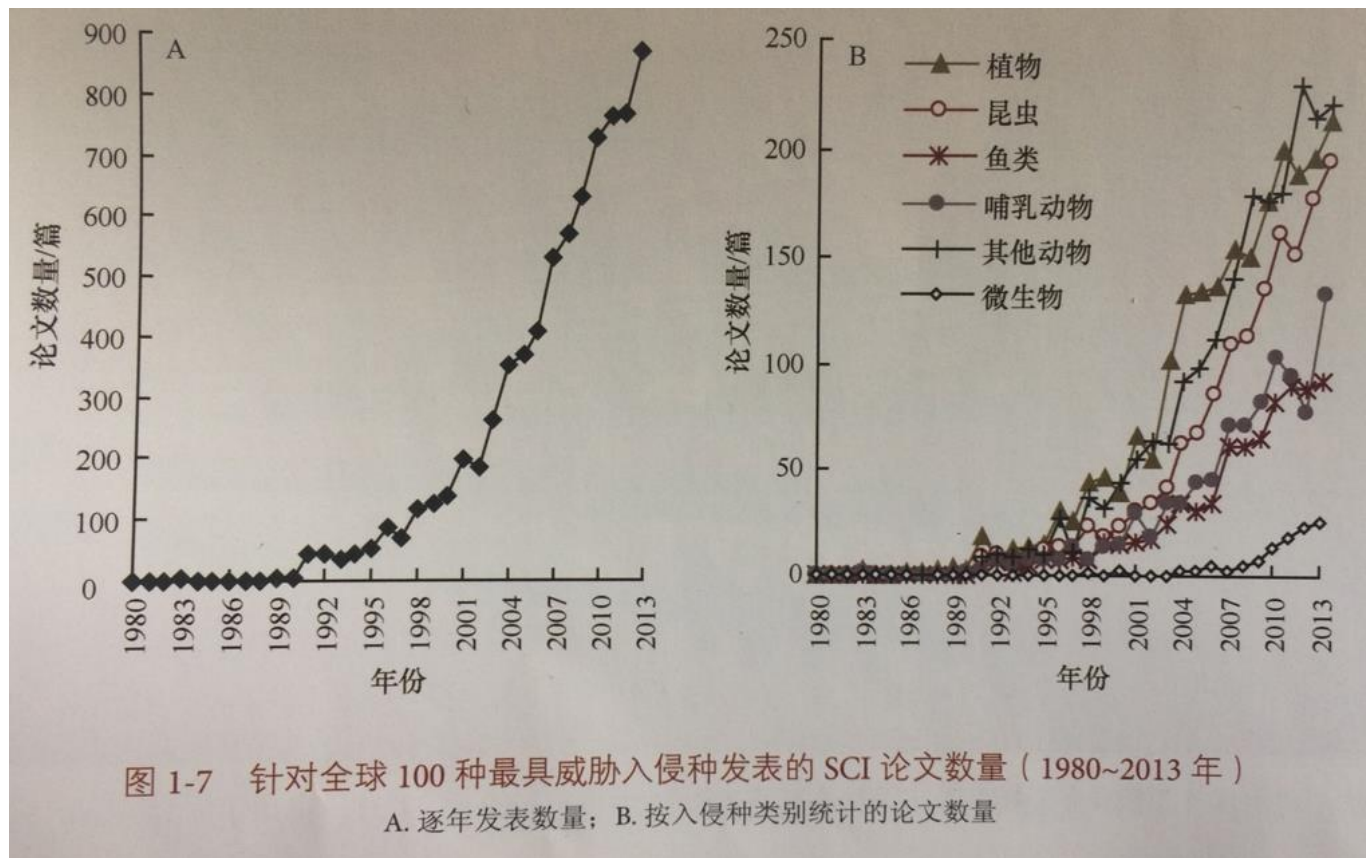
快速发展期(20世纪90年代至今)

- 2003年以来，科技部通过国家重点基础研究发展计划(973计划)连续开展了“农林危险生物入侵机理与控制基础研究”(2002-2008年)和“重要外来物种入侵的生态影响机制与监控基础”(2009-2013年)两期历时10年的基础研究项目。
- 2006年，科技部通过“十一五”国家科技支撑计划，在创建农林外来入侵种的防控技术体系及发展有效的预防预警、检测监测、应急处理和区域减灾等应用技术研究方面给予了重点支持。
- 2007年，科技部专门立项开展我国东南沿海地区的“中国外来入侵物种及其安全性考察”。
- 近10年来，国家自然科学基金资助的项目逐年增多，在所设立的学科中增加了入侵生物学这一新领域。尤其是2005年以来，平均每年资助项目达30余项。

快速发展期(20世纪90年代至今)

- 4. 学术期刊与论著不断增加

比如，IUCN所公布的全世界100种最具威胁入侵种的研究，呈现明显的发展趋势，从1990年以后稳步增加，到2010年以后每年达700篇以上，其中以危险性植物和昆虫为主。



生物入侵文献的科研机构分布

1945~2009年生物入侵文献发文量居前20名的研究机构			
排名	机构名称	发文量/篇	发文量百分比/%
1	University of California, Davis/加利福尼亚大学戴维斯分校	358	1.59
2	United States Department of Agriculture Agricultural Research Service/美国农业部农业局	339	1.51
3	University of Florida/佛罗里达大学	218	0.97
4	University of Wisconsin/威斯康星大学	209	0.93
5	Cornell University/康奈尔大学	208	0.93
6	University of California, Berkeley/加利福尼亚大学伯克利分校	205	0.91
7	Harvard University/哈佛大学	200	0.89
8	United States Geological Survey/美国地质调查局	189	0.84
9	University of Washington/华盛顿大学	188	0.84
10	Chinese Academy of Sciences/中国科学院	184	0.82
11	University of Minnesota/明尼苏达大学	181	0.81
12	Colorado State University/科罗拉多州州立大学	173	0.77
13	Stanford University/斯坦福大学	166	0.74
14	University of Toronto/多伦多大学	152	0.68
15	United States Department of Agriculture/美国农业部	150	0.67
16	Centre National de la Recherche Scientifique/法国国家科学研究院	146	0.65
17	University of Texas/德克萨斯大学	141	0.63
18	Institut National de la Recherche Agronomique/法国国家农艺研究院	137	0.61
19	University of Illinois/伊利诺伊大学	137	0.61
20	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization/澳大利亚联邦科学与工业研究组织	135	0.6

生物入侵文献的期刊分布

1945~2009 年生物入侵文献发文量居前15名的期刊

排名	期刊名	发文量/篇	影响因子	发文量百分比/%	出版地
1	Biological Invasions	407	2.8	1.81	美国
2	Biological Conservation	242	3.6	1.08	美国
3	Ecology	231	4.9	1.03	美国
4	Oecologia	188	3.3	0.84	美国
5	Diversity and distributions	165	3.5	0.73	英国
6	PNAS	163	9.4	0.73	美国
7	Coservation Biology	155	4.7	0.69	美国
8	Ecological Applications	154	3.6	0.69	美国
9	Biological Control	143	1.8	0.64	美国
10	Journal of Biological Chemistry	143	5.5	0.64	美国
11	Forest Ecology and Management	142	2.1	0.63	澳大利亚
12	Journal of Applied Ecology	139	4.6	0.62	英国
13	Molecular Ecology	134	5.3	0.6	加拿大
14	Plant Ecology	128	1.7	0.57	美国
15	Marine Ecology Progress Series	124	2.6	0.55	德国



Impact Factor	Available
2.855	1999 - 2017
Volumes	Issues
19	148
Articles	Open Access
2,867	127 Articles

生物入侵文献的期刊分布

1945~2009 年生物入侵领域前10篇高被引论文				
排名	作者	论文题目	被引次数	期刊
1	Davis M A, Grime J P, Thompson K	Fluctuating resources in plant communities: a general theory of invasibility	601	Journal of Ecology
2	Carlton J T, Geller J B	Ecological roulette: the global transport of non-indigenous marine organisms	576	Science
3	Vitousek P M, D'Antonio C M, Loope L L, et al.	Biological invasions as global environmental change	544	American Scientist
4	Lonsdale W M	Global patterns of plant invasions and the concept of invasibility	528	Ecology
5	Tilman D	Community invasibility, recruitment limitation, and grassland biodiversity	517	Ecology
6	Burke M J W, Grime J P	An experimental study of plant community invasibility	447	Ecology
7	Schlesinger W H, Raikes J A, Hartley A E, Cross A E	On the spatial pattern of soil nutrients in desert ecosystems	429	Ecology
8	Vitousek P M, Walker L R	Biological invasion by <i>Myrica faya</i> in Hawaii: Plant demography, nitrogen fixation, and ecosystem effects	412	Ecological Monographs
9	Kot M, Lewis M A, Vanden Driessche P	Dispersal data and the spread of invading organisms	395	Ecology
10	Vitousek P M	Biological invasions and ecosystem processes: towards an integration of population biology and ecosystem studies	390	Oikos

SCI文章引用率

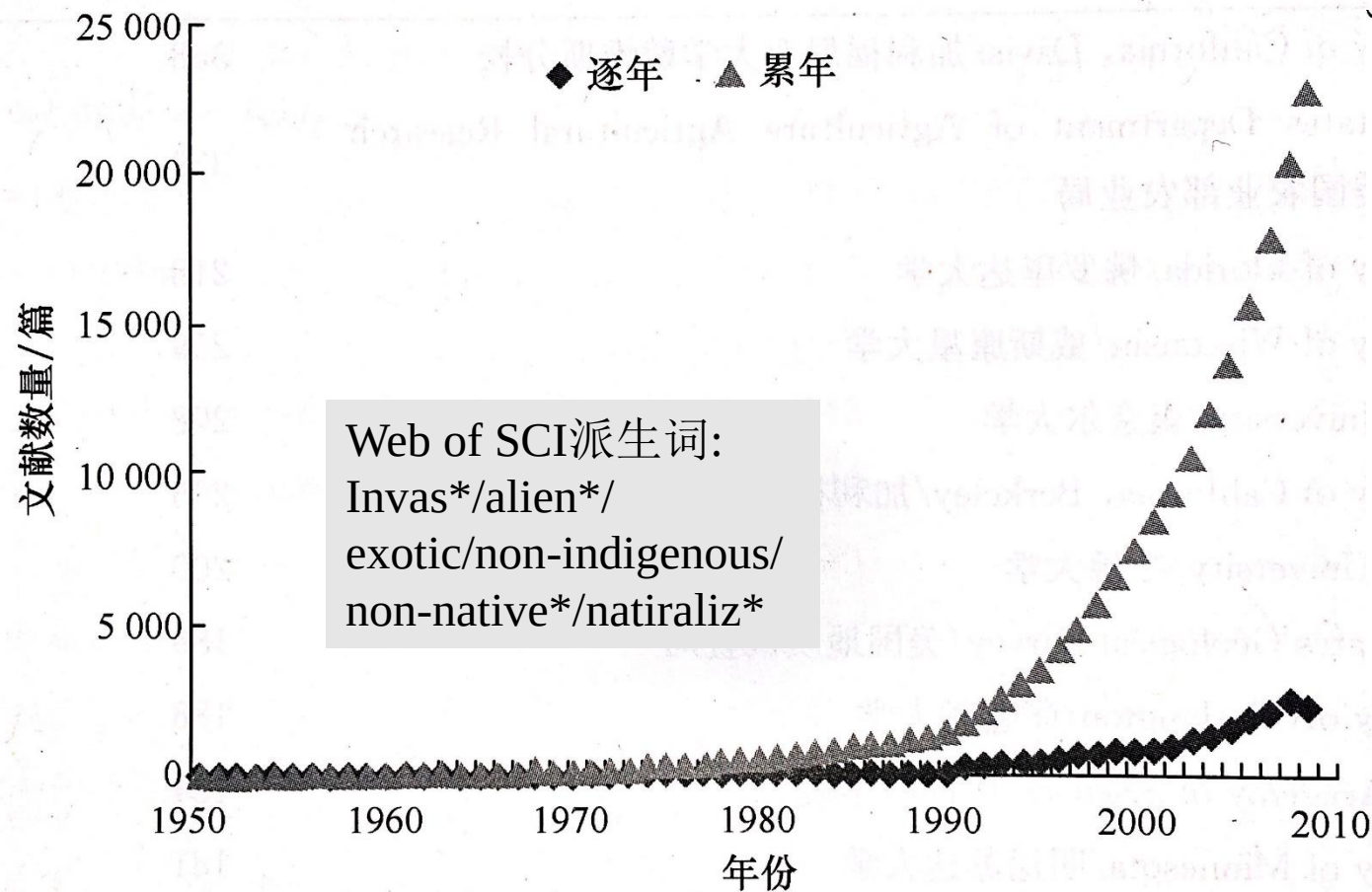


图 1-1 入侵生物学文献发表的累年数量和每年增加的数量

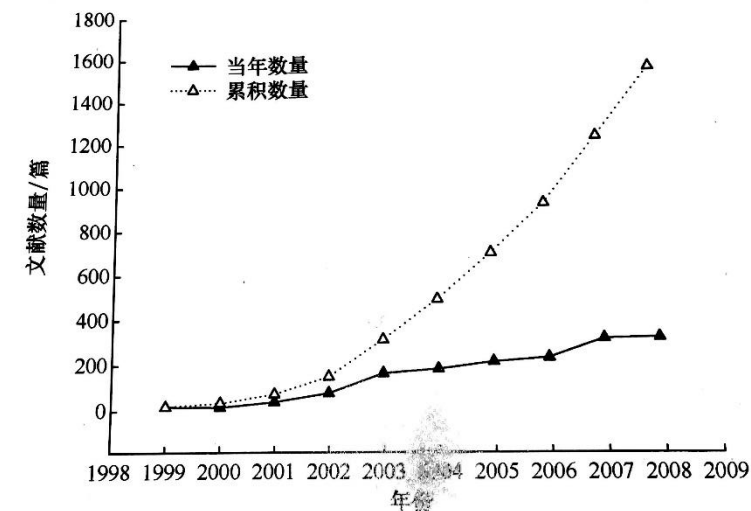


图 1-20 中国近年入侵生物学相关的核心期刊论文数量
资料来源：中国期刊全文数据库，在摘要中以“外来”和“入侵”交叉检索

SCI文章引用率

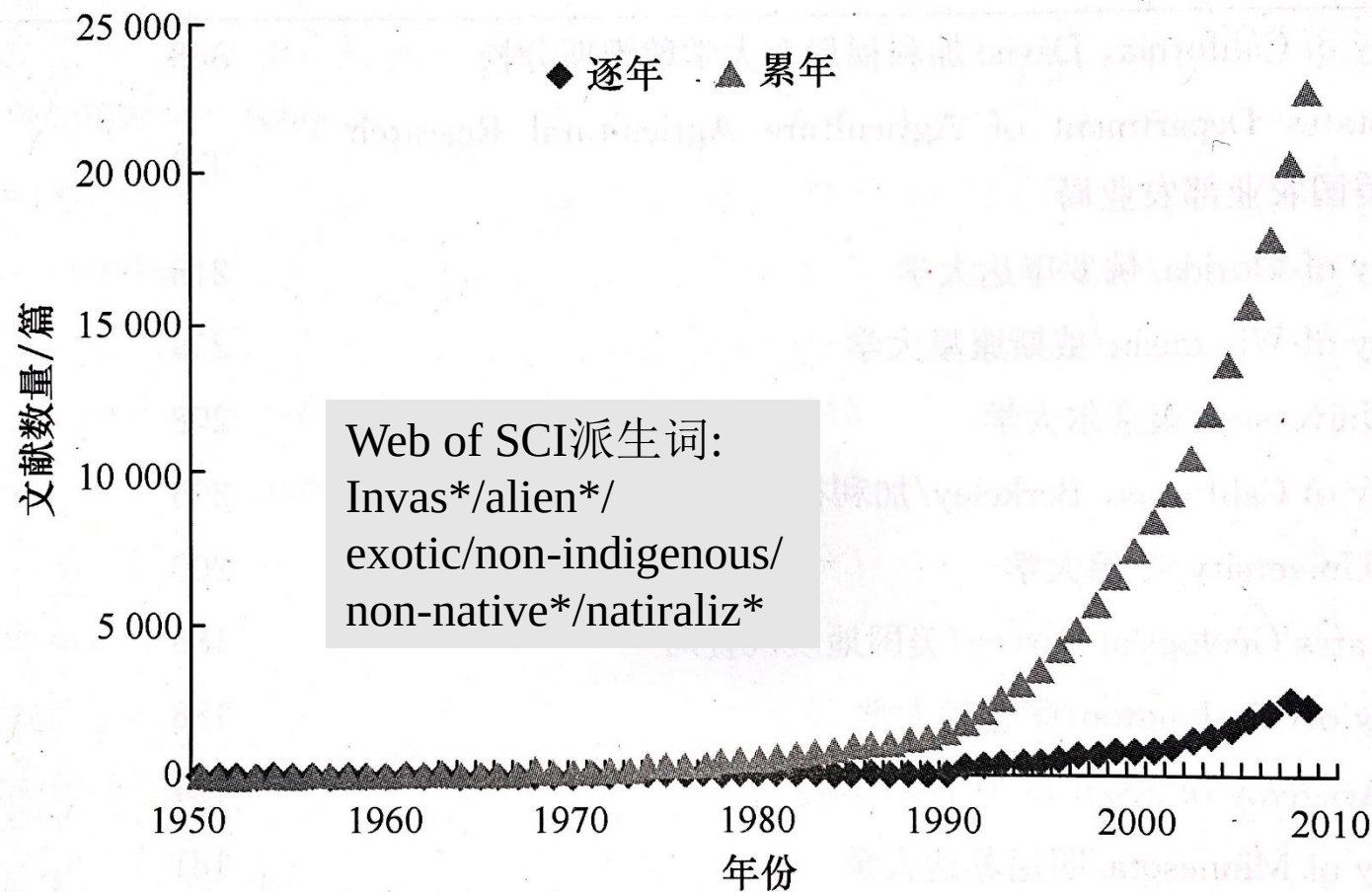


图 1-1 入侵生物学文献发表的累年数量和每年增加的数量

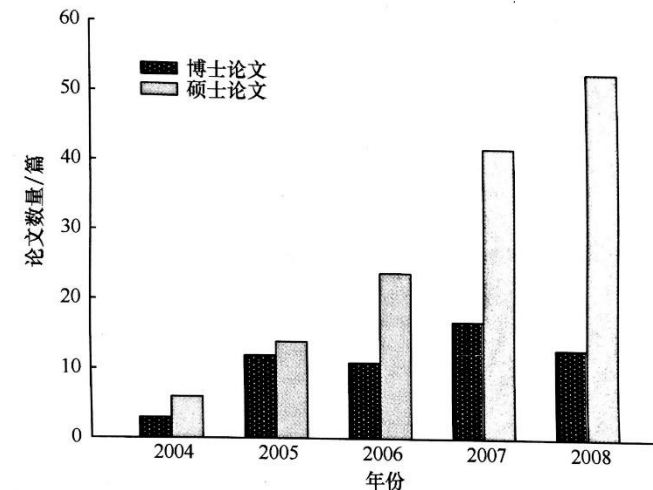


图 1-21 中国近年入侵生物学相关的学位论文数量
资料来源：中国博士、优秀硕士学位论文全文数据库，在论文摘要部分以“外来”和“入侵”交叉检索

- **(5)学术活动和国际交流愈发活跃**

- 近年来，国际上多次召开了与入侵种防控相关的会议。

1996年，挪威政府和联合国有关机构共同召开了旨在保护生物多样性的外来种国际会议，会议明确指出了外来种入侵对生物多样性的危害及其防控对策。

自1999-2004年，全球入侵物种计划(The Global Invasive Species Program, GISP)与IUCN、国际农业与生物科学研究中心(Centre for Agriculture and Bioscience International, CABI)、国际昆虫生理学及生态学中心(International Center of Insect Physiology and Ecology, ICIPE)举行了8次地区性作会议，这些会议分别侧重于非洲东部(1999年7月)、波罗的海—北欧地区(2001年5月)、中美洲和加勒比海地区(2001年6月)、南美地区(2001年10月)、南非地区(2002年6月)、南亚与东南亚地区(2002年8月)、大洋洲太平洋地区(2002年10月)、西非地区(2004年3月)的生物入侵问题(Barnard and Waage, 2004)。

快速发展期(20世纪90年代至今)

- 2009年11月，在中国福州成功举办了首届国际生物入侵大会(图1-8)，共有来自44个国家和地区的500多名专家学者参加，大会通过了旨在“加强国际合作，在全球变化下应对生物入侵”的《生物入侵福州宣言》。2013年10月，在中国青岛举办了第二届国际生物入侵大会。2017年11月，在中国杭州举办了第三届国际生物入侵大会。



小结

- 从萌芽期、成长期到现在的快速发展期，入侵生物学的学科构架和理论体系正逐渐走向成熟。美国著名入侵生物学家Mark Davis在其专著《Invasion Biology》(2009年)中这样写道：“入侵生物学不再是生态学的一个普通分支学科，而已经发展为生态学主流学科之一。”经过20多年的快速发展，入侵生物学已逐渐由传统生物学转变为集生态学和进化生物学特色和优势的新兴独立学科。需要指出的是，生物入侵具有极高的环境、物种和时空特异性，入侵过程相当复杂；同时，由于研究方法的限制，人们还无法准确、完整地解释或预测入侵过程，许多理论和假说也还不同程度地存在争论。因此，要成为一门成熟、健全的学科，入侵生物学还有待于进一步的发展与完善。

第四节 入侵生态学的研究范畴

1. 研究思路与科学问题
2. 基本模式与研究内容
3. 入侵生态学学科体系构建

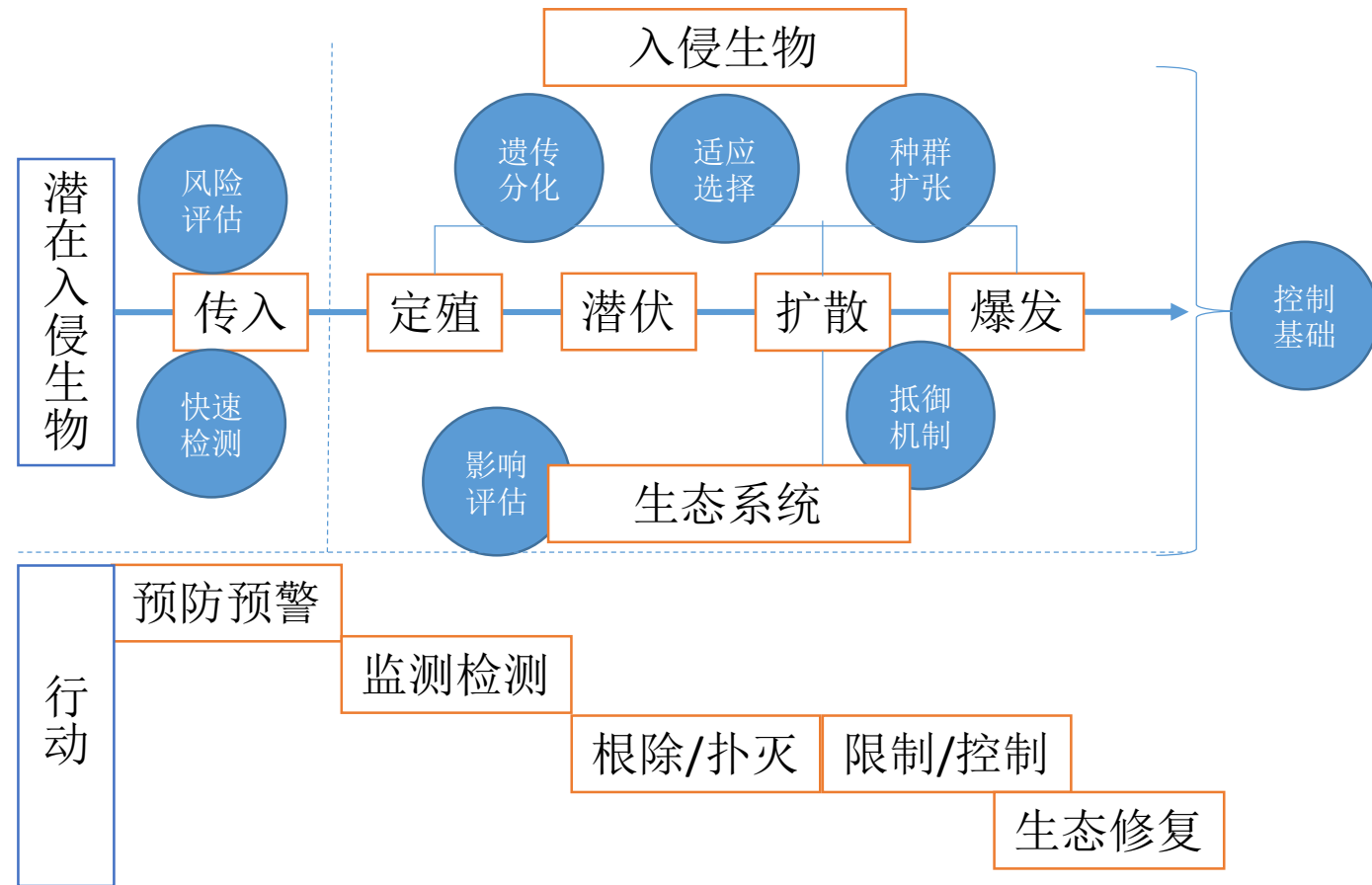
1.研究思路与科学问题

- 研究思路主要在于: 外来种本身的生物学特性(**Biological attribute**), 生态系统的可入侵性(**Invasibility**)或敏感性(**Susceptibility**)及两者的相互作用(**Biotic interactions with the receptive community**) (**Williamson, 1996; 万方浩等, 2011a; Richardson, 2011**)。
- 这也就回到了国际环境问题科学委员会所提出的三大核心问题, 即从入侵种本身而言, 什么样的外来种更容易入侵? 什么样的入侵特性能造成重大危害? 从生态系统而言, 什么样的生态系统更易被外来种入侵? 入侵后会产生怎样的经济、生态与社会影响? 从防控管理而言, 如何科学地制定政策法规和采用有效措施来规避和降低生物入侵的危害? 这些都是生物入侵研究最基本的切入点和研究思路。

- 中国的生物入侵研究主要采用宏观和微观相结合的方法、原产地与入侵地的生物生态学比较研究及原始材料的收集与发掘，综合运用生态遗传学、化学生态学、进化生物学、生物信息学等学科理论与研究手段，采用在个体、种群和生态系统等不同层面上的实验生物学模拟与大尺度生态景观的生态学调查等技术路线，围绕涉及的三个科学问题，系统地开展外来种入侵的机制与生态过程、对生态系统的影响等机制研究，并将不同层面的系统性基础研究与防控技术研发有机结合，着力原始创新，不断发展入侵种预警和控制的理论、方法和技术。比如
- (1)针对入侵种种群生态适应性与进化机制，重点研究入侵种表型可塑性等的“前适应性”机制和入侵种种群遗传漂变、突变、与近缘种杂交、内共生菌水平转移，以及对亚适宜新生境. 适应性进化的“后适应性”机制；
- (2)针对入侵种种群形成与扩张机制，侧重研究入侵种的非对称竞争、协同入侵、“新式武器”扩张、资源竞争等，提出或验证新的入侵假说；
- (3)针对导致生态系统结构崩溃及功能衰退的机制，集中研究生物入侵对特定生态系统结构与功能的影响；
- (4)在入侵种的监控技术方面，主要研究入侵种监测的分子识别、远程实时监测、入侵植物的替代控制与系统修复、入侵植物与昆虫的传统生物防治、RNA干涉调控等技术的科学基础。

二、基本模式和研究内容

- 对于潜在入侵种，要着重于发展风险评估与快速检测技术；
- 对于已入侵物种，要着重从入侵种本身的角度了解其遗传分化特性、生态适应性选择的方向、种群扩张的行为与机制、与本地种的关系、对资源的利用能力等；
- 对于生态系统，要着重研究生物入侵所产生的影响、生态系统结构与功能的变化及抵御特性。



二、基本模式和研究内容

- 基于上述思路与模式，要完全回答外来有害物种如何入侵、发生、扩张、暴发与治理，需着重研究以节五大内容:入侵种的早期预警、种群的形成与发展、与本地种的互作与竞争、生态系统的响应及防控的技术与方法。

1. 外来种入侵的早期预警
2. 入侵种种群的形成与发展
3. 入侵种与寄主/土著种的互作与竞争
4. 生态系统对生物入侵的响应
5. 生物入侵防控的技术与方法

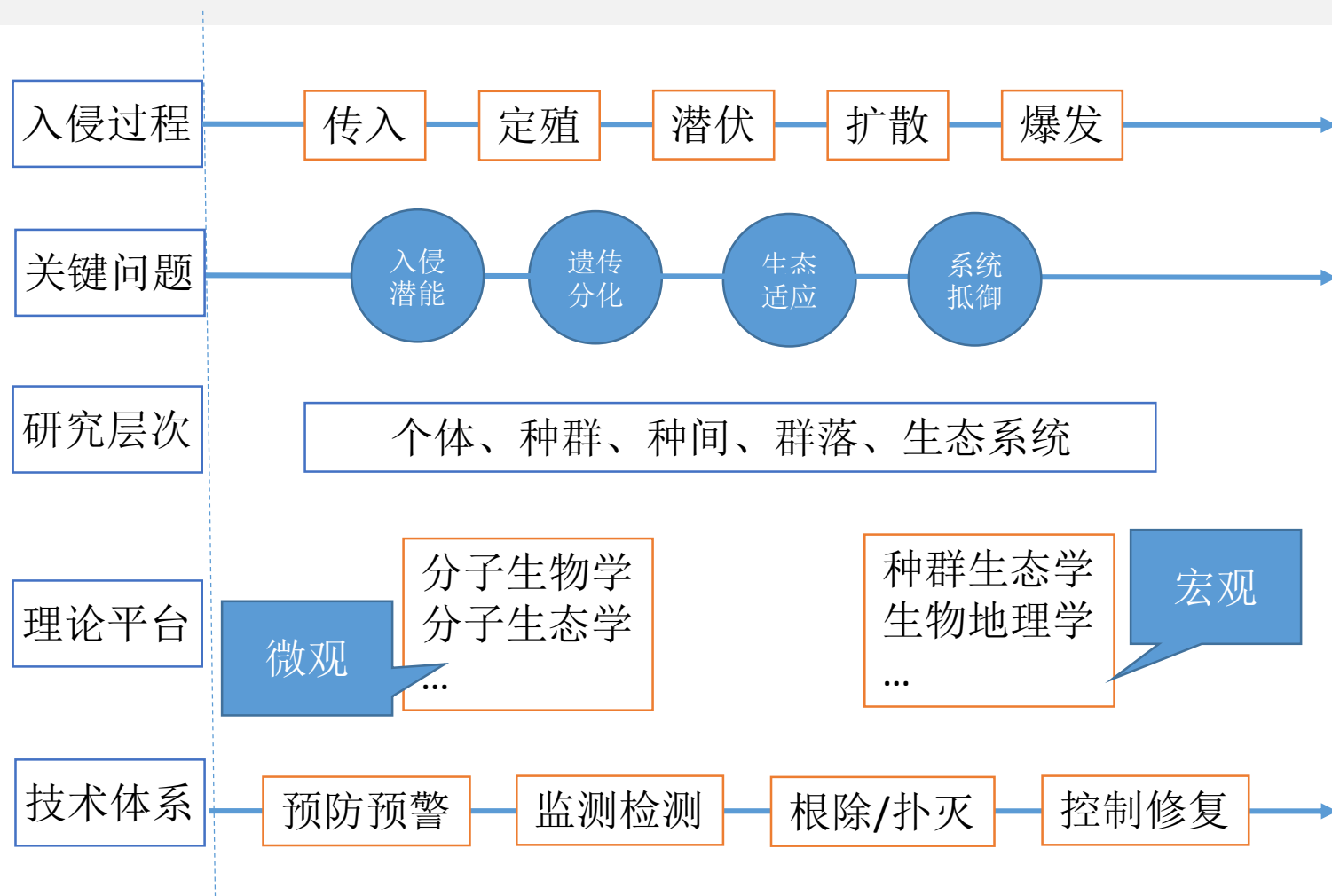


物种如何入侵
种群如何发生
种群如何扩张
种群如何暴发
种群如何治理

三、入侵生态学学科体系构建

- 入侵生物学的范畴主要包括外来有害生物在入侵过程中的传入与种群构建、生存与适应、演变与进化、种间互作的生物内在特性，环境响应与系统抵御的外部特征及预防与控制的技术基础等。因此，入侵生物学既着重于研究入侵生物传入至成灾的过程与机制，又着重于发展入侵过程中的防控技术体系。根据中国生物入侵基础与应用研究的特点、所关注的科学与技术问题、进一步发展的创新需求，结合以往的工作基础，进一步提出入侵生物学学科的体系框架。

三、入侵生态学学科体系构建



三、入侵生态学学科体系构建

- 该学科框架体现了以下几个特点:
- (1) 生物入侵是一个有序过程, 对处于不同环节中的入侵种, 其所关注的核心科学问题是不同的; 在不同环节中, 研究对象的层次也不一样;
- (2) 入侵生物学是综合了分子生物学、分子生态学、生态遗传学、生物地理学、系统生态学等众多学科的理论、技术与方法的交叉学科;
- (3) 从事基础研究的最终目的是发展出有效的实用防控技术;
- (4) 入侵生态学的研究不同于传统意义上的生态学研究, 是着重于外来生物入侵的固有特性, 二是关注生态系统的响应与抵御, 三是发展对外来生物入侵的预防和入侵后果的管理技术。

三、入侵生态学学科体系构建

- 总体而言，入侵生态学学科目前处于形成阶段，其基础理论及技术体系尚在逐步完善中，许多科学问题还需要深入探索。因此，必须以更加客观和审慎的态度去架构入侵生态学的学科体系。对于外来种入侵机制、灾变机制和控制基础研究，有待于向不同层次(基因、个体、种群、群落、生态系统)和更高水平、多学科交叉(分子生物学、分子生态学、生态遗传学)的实验与理论研究的方向发展，形成学科交叉、相互融汇的学科群研究体系，这不仅可丰富和发展入侵生物学的学科理论与技术体系，还可促进其他相关学科的发展。在明确入侵生态学关键科学问题的基础上，进一步加强我国入侵生态学学科建设，提升生物入侵基础与应用研究的创新能力，全面构建针对入侵种的预防与预警、监测与检测、狙击与扑灭、控制与管理四大技术体系，对保障我国农林业的可持续发展，维护国家的生态、经济和社会安全具有重要意义。

思考题

- (1)入侵生态学发展可分为三个时期，每个时期的特点是什么？
- (2)国际环境问题委员会所提出的生物入侵研究三大核心问题是什么？每个核心问题应该采取哪些研究方法？
- (3)入侵生态学的定义是什么？其学科框架体现了什么特点？

1. **Invasive Aquatic and Wetland Plants**, S. May, Chelsea House Publishers, November 2006, ISBN: 9780791091302, 108 pp. (Invasive species ser.)
2. **Invasive Terrestrial Plants**, S. May, Chelsea House Publishers, November 2006, ISBN: 9780791091289, 110 pp. (Invasive species ser.)
3. **Invasive Aquatic and Wetland Animals**, S. May, Chelsea House Publishers, December 2006, ISBN: 9780791091296, 104 pp. (Invasive species ser.)
4. **Invasive Terrestrial Animals**, S. May, Chelsea House Publishers, December 2006, ISBN: 9780791091272, 110 pp. (Invasive species ser.)
5. **Invasive Microbes**, S. May, Chelsea House Publishers, February 2007, ISBN: 9780791091319, 112 pp. (Invasive species ser.)
6. **Bioeconomics of Invasive Species: Integrating Ecology, Economics, Policy, and Management**, R. P. Keller, Oxford University Press, April 2009, ISBN: 9780195367980, 320 pp.
7. **Invasive Aquatic Species of Europe Distribution, Impacts and Management**, L. D. Spajic, E. Leppakoski, E. Gollasch, Springer-Verlag, NY August 2002, ISBN: 9781402008375, 600 pp.
8. **Invasive Species: Vectors and Management Strategies**, G. M. Ruiz, J. T. Carlton, Island Press, November 2003, ISBN: 9781559639026, 484 pp.
9. **Biological Invasions: Economic and Environmental Costs of Alien Plant, Animal, and Microbe Species**, D. Pimentel, CRC Press, June 2002, ISBN: 9780849308369, 384 pp.
10. **Biological Invaders in Inland Waters: Profiles, Distribution and Threats**, F. Gherardi, Springer-Verlag, NY October 2007, ISBN: 9781402060281, 733 pp.
11. **Biological Invasions**, M. H. Williamson, Kluwer Academic Publishers, September 1996, ISBN: 9780412591907, 268 pp.
12. **Invasion Biology**, M. A. Davis, Oxford University Press, April 2009, ISBN: 9780199218752, 288 pp.
13. **The Ecology of Invasions by Animals and Plants**, C. S. Elton, University of Chicago Press, June 2000, ISBN: 9780226206387, 196 pp.
14. **Species Invasions: Insights into Ecology, Evolution, and Biogeography**, D. F. Sax, S. D. Gaines, J. J. Stachowicz, Sinauer Associates, Incorporated, August 2005, ISBN: 9780878938117, 495 pp.
15. **Biological Invasions: Theory and Practice**, N. Shigesada, K. Kawasaki, Oxford University Press, May 1997, ISBN: 9780198548515, 218 pp.
16. **Exactly Solvable Models of Biological Invasion**, S. V. Petrovskii, Bai-Lian Li, CRC Press, July 2005, ISBN: 9781584885214, 217 pp.
17. **Invasion Ecology**, J. Lockwood, Blackwell Publishing, July 2007, ISBN: 9781405114189, 304 pp.