

【文章编号】 1004-1540(2009)01-0092-05

# 生物入侵及其对农田生态系统中 生物多样性的影响

徐红星<sup>1,2</sup>, 吕仲贤<sup>1</sup>, 郑许松<sup>1</sup>, 叶恭银<sup>2</sup>

(1. 浙江省农业科学院 植物保护与微生物研究所, 浙江 杭州 310021;

2. 浙江大学 应用昆虫研究所, 浙江 杭州 310029)

**【摘要】** 综述了生物入侵的途径及其对农田生态系统的危害, 主要从遗传多样性、物种多样性、生态系统多样性三个方面讨论生物入侵对农田生态系统中生物多样性的影响。

**【关键词】** 生物入侵; 外来生物; 农田生态系统; 生物多样性

**【中图分类号】** Q16

**【文献标识码】** A

## The impact of biological invasion on the biodiversity of the agro-ecosystem

XU Hong-xing<sup>1,2</sup>, LV Zhong-xian<sup>1</sup>, ZHENG Xu-song<sup>1</sup>, YE Gong-yin<sup>2</sup>

(1. Institute of Plant Protection and Microbiology, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China;

2. Institute of Applied Entomology, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

**Abstract:** The current situation of biological invasion and its effects on the biodiversity of agro-ecosystem are elaborated; and the relative prevention and management of biological invasion are also discussed.

**Key words:** biological invasion; alien organism; biodiversity; agro-ecosystem

随着贸易和经济全球化的到来,商品的调运愈来愈频繁,外来有害生物随出入境的货物、交通工具和游人携带来扩散的机会也越来越大。当前外来有害生物入侵已成为仅次于由于栖息地破坏而使生物多样性丧失的第二大原因,而且即将上升为第一位原因。目前,入侵我国的外来生物已达400余种,近10年来,新入侵我国的外来生物至少有20余种,平均每年递增1~2种。我国已经成为遭受外来入侵生物危害最严重的国家之一,形

势越来越严峻<sup>[1]</sup>。农田生态系统是一类较为脆弱的生态系统,与陆地自然生态系统的主要区别是:系统中的生物群落结构较简单,优势群落往往只有一种或数种作物。入侵物种破坏了其生物多样性。外来物种中的动植物与本地种杂交,改变了当地的遗传多样性与完整性。稻水象甲、非洲大蜗牛、美洲斑潜蝇等农业入侵害虫每年超过140万hm<sup>2</sup>;飞机草、水葫芦、大米草等肆意蔓延,对本地生物多样性和农业生产造成了巨大威胁,甚至到

【收稿日期】 2008-07-01

【基金项目】 国家自然科学基金资助项目(No. 30671367),浙江省自然科学基金资助项目(No. Y307047)

【作者简介】 徐红星(1977-),男,浙江建德人,副研究员。主要从事害虫综合治理和入侵生物学研究。

了难以控制的局面. 本文着重综述生物入侵对农田生态系统的生物多样性的影响, 并简单探讨控制生物入侵及保护农田生物多样性的对策, 以促进农业的可持续发展.

## 1 生物入侵

生物入侵(biological invasion)是指生物由原生存地经自然的或人为的途径侵入到另一个新环境, 对入侵地的生物多样性、农林牧渔业生产以及人类健康造成经济损失或生态灾难的过程. 对于特定的生态系统与栖境来说, 任何非本地的生物都叫外来生物(alien organism). 因而外来生物或外来种(alien species)通常是指物种出现在它正常的自然分布范围之外的一个相对概念. 而外来入侵种(alien invasive species, AIS)是指对生态系统、栖境、物种、人类健康带来威胁的外来种<sup>[1]</sup>.

外来物种可通过3种途径成功入侵<sup>[2]</sup>: 一是引入用于农林牧渔生产、生态环境改造与恢复、景观美化、观赏等目的的物种, 尔后演变为入侵种, 属有意识地引进. 20世纪70年代末和80年代初, 南美的福寿螺引入台湾、广东省等地, 最初价值很高, 但其肉质松软, 缺乏本地田螺的香脆, 结果销路大减, 被迫弃养而倒入水沟和池塘, 仅一两年时间便酿成难以收拾的螺灾, 威胁稻田和茭白田秧苗的生长<sup>[3]</sup>. 二是随着贸易、运输、旅游等活动而传入的物种, 属无意识地引进. 近年来, 随着国际贸易的不断增加, 对外交流的不断扩大, 国际旅游业的快速升温, 外来入侵生物借助这些途径越来越多地传入我国. 三是靠自身的扩散传播力或借助于自然力量而传入, 属自然入侵. 如紫茎泽兰主要通过公路交通从中缅、中越边境扩散入我国. 薇甘菊通过气流从东南亚传入广东. 稻水象甲也可能是借助气流迁飞到我国大陆地区<sup>[4]</sup>. 伴随着外来种有意无意的引进和传播, 高山大海等自然屏障的作用已变得越来越小.

据农业部最新统计, 目前已有400多种外来物种全面入侵我国, 其中至少有380种危害植物、40种危害动物、23种危害微生物<sup>[1,5]</sup>. 另外还有一些尚处于逃逸、种群建立阶段, 目前分布范围不大, 但呈现出逐渐扩大的趋势.

生物入侵在全世界范围内造成了巨大的经济损失. 美国每年直接或间接用于主要入侵物种管

理(预防和控制)的费用高达1366亿美元<sup>[6]</sup>. 我国每年仅由11种主要外来入侵害虫和杂草造成的经济损失就高达574.3亿元<sup>[7]</sup>, 每年各种外来入侵生物对我国造成的总经济损失估计在2000亿元以上. 在适宜的生态气候条件下, 入侵物种往往是爆发性的, 并造成了农产品产量下降、品质降低、生产成本增加, 造成严重的经济损失. 稻水象甲、香蕉穿孔线虫和美洲斑潜蝇对相应农作物减产的贡献率分别超过50%, 40%和60%以上, 严重时甚至造成农作物绝收<sup>[8]</sup>. 空心莲子草对水稻、小麦、玉米、红苕和茼蒿5种作物产量引起的损失分别达45%、36%、19%、63%和47%<sup>[4]</sup>. 在国际贸易中, 对外来生物入侵的防范和对其威胁的恐惧常常引起国与国之间的贸易摩擦, 成为贸易制裁的重要借口或手段, 常导致重大经济损失.

## 2 农田生态系统的生物多样性

### 2.1 农田生态系统的生物多样性内涵

生物多样性是指一定空间范围内多种多样活有机体(动物、植物、微生物)有规律地结合在一起的总称. 它既是生物之间以及与其生存环境之间复杂的相互关系的体现, 也是生物资源丰富多彩的标志. 生物多样性研究包括三个层次<sup>[9,10]</sup>: 1) 遗传多样性, 这是用一个种、变种、亚种或品种的基因变异来衡量一个种内变异性的概念. 基因是一种遗传信息的化学单位, 它能从这一代传到下一代去. 2) 物种多样性, 这是指地球上有机体变异的一个概念. 它是用一定空间范围物种数量和分布的频率来衡量的. 一般来说, 一个种的种群越大, 它的遗传多样性就越大. 但是, 一些种的种群增加可能导致其他一些种的衰退, 甚至使一定区域内物种多样性减少. 3) 生态系统多样性, 生态系统多样性既与生境的变化有关, 也与物种本身的多样性和兴旺的程度密切相关. 生境提供能量、营养成分、水分、氧和二氧化碳, 使整个生态系统正常地实行能量转化和物质循环的复杂过程, 从生产、消费到分解, 保证物种的持续演变和发展.

生物多样性的研究目的, 是为了揭示生物群落客观存在的物种和结构的多样性, 对生物多样性的测度有很多尺度——组成、结构、功能、时间和空间, 而且能够从不同水平(基因、生物个体、生态系统等)上进行研究. 随着现代科技的发展, 人

们对生物多样性的研究不断深入和细化,而对能够反映生物多样测度指数的计算方法也不断有新的引入<sup>[11]</sup>.许多学者就国内外生物多样性测度方法进行了综述与评价<sup>[12-14]</sup>.

农田生态系统是人们利用农业生物与非生物环境之间以及生物种群之间相互作用建立的并按人类社会需求进行物质生产的有机整体.占地球25%~30%面积的农业生态系统是影响全球生物多样性变化的主要因子.农业生态系统较之其他类型的生态系统,对人类有着更重要的意义,它提供给人类必需的生活和生产资料<sup>[15]</sup>.

农田生态系统作为人工的生态系统,其结构和功能完全取决于人类的需要,这是其最主要的特征.与自然生态系统一样,农田生态系统也是由农田环境因素、绿色植物、各种动物和各种微生物四大基本要素构成的物质循环和能量转化系统,具备生产力、稳定性和持续性三大特性.然而,由于该系统依然受到自然界的影响,除了诸如日照、温度、湿度和降水等环境因素外,生物物种的迁入、迁出也对系统产生着重要的影响.生物多样性不仅为我们提供更多的农业生产资源,而且与农田生态系统中的害虫发生密切相关.农田生态系统对资源的依赖性导致了生物多样性的丧失,土地质量的下降;过分依赖化肥、杀虫剂等,直接影响到农业生态系统的健康状况<sup>[16]</sup>.农业的扩展是造成全世界生物多样性损失的重要原因之一,随着农业生产的持续提高,必须寻求最大程度地减少农业与生物多样性之间的冲突及增加它们之间互补性的方法.

## 2.2 农田生态系统生物多样性的作用和意义

农业生物多样性是人类现在和未来产业发展、资源开发等最直接的战略种质资源库和国家生物安全的重要组成部分,对人类的历史发展进程起到了重要保障作用,包括:为人类提供食物和衣服,为资源型产业提供有效资源,为农作物的品种改良提供有利基因,为有害物种提供有效的天敌等,并将对人类未来的生存与可持续发展以及各种土地资源管理类型的合理、高效和可持续利用,以及生态环境的有效保护,做出重要贡献.对人类至少有如下重要作用:第一,农业生物多样性为人类提供所需的全部食品、许多药物和工业原料,包括为物种进化提供支持,为培育新作物品

种提供帮助.第二,为农产品的构成提供生物支持.如土壤生物、植食生物、肉食生物等.第三,通过农业生态系统取得更广泛的生态效益,如土地保护,土壤维护与土壤健康,水循环与水质,空气质量等.

## 3 生物入侵对农田生态系统的生物多样性的影响

### 3.1 对遗传多样性的影响

外来物种与本土近缘物种杂交,从而改变本土物种基因型在生物群落基因库中的比例,使群落基因库结构发生变化<sup>[17]</sup>.杂交产生的后代可能兼具双亲的有利性状,还可能产生双亲不具备的新特征,它们可以入侵并存活于双亲不能生存的环境中,从而使本土物种面临更大的压力<sup>[18]</sup>.这种情况不但发生在植物中,在鱼类、两栖和无脊椎动物中也时有发生.随着生境片段化,残存的次生植被常被入侵物种分割、包围和渗透,使本地生物种群进一步破碎化、斑块化,从而切断基因流动,造成一些植被的近亲繁殖和遗传漂变<sup>[19]</sup>.入侵种与本地种杂交造成遗传污染,降低本地种的遗传多样性.如加拿大一枝黄花与不同属的假紫菀(*Aster ptarmicoides*)杂交,入侵种与本地种的基因交流可能导致本地种的遗传侵蚀,严重影响后者的遗传纯度<sup>[20]</sup>,长期下去势必对生态系统产生难以预测的影响.

### 3.2 对物种多样性的影响

能在新的环境里生存下来的外来物种,其繁殖和适应环境而生存的能力一般都很强,一个外来物种在新的生存环境中没有食物竞争以及天敌伤害等因素制约,那么它很可能无节制地繁衍,种群快速扩大,发展成为当地新的优势种,因此容易改变群落的物种组成,导致入侵地区物种区系的多样性降低.入侵种还通过压制或排挤本地种的方式改变食物链或食物网络组成及结构.特别是外来杂草,在入侵地往往导致植物区系的多样性变得非常单一,并破坏可耕地<sup>[2,7]</sup>.在我国,B型烟粉虱(*Bemisia tabaci*)正逐渐取代原先本地危害不严重的非B型烟粉虱<sup>[21]</sup>.截至20世纪末,凤眼莲广泛分布于华北、华东、华中和华南的19个省市,多于10个省市受到凤眼莲的危害.云南、广东、福建、台湾、浙江、上海等省市受到严重危害.

浙江省平原河网地区凤眼莲已经泛滥成灾,并且正在由小河小湖“杀人”大江大河,2002年横穿宁波市的姚江、奉化江和甬江水面,几乎被凤眼莲封锁。2004年钱塘江水面就出现了大量凤眼莲,绵延足有16 km以上,总面积达到数万 m<sup>2</sup>。凤眼莲泛滥成灾,造成水质恶化有腥臭,堵塞河道,影响航运,阻碍排灌,降低水产品产量和质量,并严重影响了当地生态系统的生物多样性<sup>[22]</sup>。紫茎泽兰目前仅在云南的发生面积就有约30万 km<sup>2</sup>,它侵占草场、农田,抑制其他植物生长。由于加拿大一枝黄花的危害,上海本地已经有30多种土著物种消失,占上海地区土著物种十分之一<sup>[23]</sup>。小路旁、沟渠边、抛荒地等处早已成为入侵杂草的天堂,如斑地锦、毛蓼、酢浆草等随处可见,其中一些物种已呈群落状分布,并造成严重危害。

### 3.3 对农田生态系统多样性的影响

有时仅仅一个外来物种就可能导致稀有物种或关键种灭绝,打破原有生态系统的整体平衡,导致不同生物地理区域生态系统的结构和功能发生变化,其服务功能降低。入侵生物可以通过竞争或占据本地物种生态位来排挤本地种,它们与本地种竞争食物、空间,直接扼杀本地种、分泌释放化学物质以抑制其它物种生长,减少当地种的种类和数量,甚至导致物种濒危或灭绝。由于直接减少了当地物种的种类和数量,形成单优群落,间接地使依赖于这些物种生存的当地其它物种种类和数量也减少,最后导致生态系统单一和退化,改变或破坏了当地的自然景观<sup>[2]</sup>。紫茎泽兰分泌的化感物质,抑制比邻植物生长发育,明显降低三叶草(*Trifolium repens*)和酸模(*Rumex nepalensis*)种群数量,形成单优群落,使原有群落衰退和消失<sup>[24]</sup>。

某些外来入侵生物能改变土壤的理化属性<sup>[1]</sup>。在与土著种进行光、水、空间等资源竞争中,以其对土壤养分的吸收能力较强、产生凋落物营养贫乏或难分解、积累盐分和改变土壤 pH 值等方式,降低土壤营养水平。如盐生植物侵入淡水植物占优势的群落,积累盐分多于淡水植物,其残体分解时,释放出盐类化合物,土壤盐分增加,影响其它植物生存<sup>[25]</sup>。某些外来种通过释放化感毒素、化感抑制素等化学信息物影响邻近植物生长,或通过根分泌物影响根系微生物种类和数量,进而

改变土壤理化性质。一些外来种还能强烈影响土壤含水量,利用土著种不能利用,或用量少的水源改变群落水分平衡。

## 4 展望与对策

面对外来生物入侵日益严峻的态势,应尽快完善针对外来入侵生物的预警及管理的相关法律、法规,提高公众对生物入侵和生态安全的意识。我国虽有一些法律法规涉及外来物种管理,如《野生动物保护法》(1988)、《野生植物保护条例》(1996)、《进出境动植物检疫法》、《动物防疫法》和《植物检疫条例》。但是目前尚无针对外来物种入侵的专门法律法规。《中国生物多样性保护行动计划》涉及到外来入侵物种,但未制定专门针对外来物种入侵的行动计划。

加强对已知的主要外来入侵物种的入侵生物学研究,充分利用生物防治、化学防治、人工防除、生境管理等技术进行综合治理。另外,对一些可利用的外来入侵生物,可采取以利用促控制的方法,变废为宝。把生物入侵造成的危害降低到最低程度,以维护生态平衡,确保生态环境安全。

生物多样性的丧失会破坏生态系统的完整性,使群落发生演替、生态系统进行调整,从而破坏了整个生物圈的稳定性,这显然有碍于生态安全的维持。农田生态系统与人类的生存和发展密切相关,因此,对于农田生态系统的生物多样性更应得到足够的重视,并加以研究、保护和利用。

## 【参 考 文 献】

- [1] 万方浩,郑小波,郭建英.重要农林外来入侵物种的生物学及其控制[M].北京:科学出版社,2005:11.
- [2] 万方浩,郭建英,王德辉.中国外来入侵生物危害及管理对策[J].生物多样性,2002,10(1):119-125.
- [3] 陈建明,俞晓平,郑许松,等.茭白田福寿螺的生物学特性和无害化治理技术[J].浙江农业学报,2003,15(3):154-160.
- [4] 丁建清,解 焱.中国外来种入侵机制及对策[C]//保护中国的生物多样性(二).北京:中国环境科学出版社,2001:107-108.
- [5] 安志兰,郭笃发,褚 栋,等.生物入侵对我国生态环境的影响及其控制策略[J].山东农业科学,2007,1:85-89.
- [6] PIMENTEL D, LACH L, ZUNIGA R, et al. Environmental and economic costs of non-indigenous species in the United States[J]. Bioscience,2000,50:53-65.

- [7] 万方浩,郭建英,王德辉. 中国外来入侵生物的现状、管理对策及风险评价体系[C]//生物多样性与外来入侵物种管理国际研讨会论文集. 北京:中国科学出版社,2002:77-102.
- [8] 邓启明,张秋芳,周曙东. 外来入侵物种的危害及其安全管理问题[J]. 自然灾害学报,2006,15(2):25-31.
- [9] 陈灵芝,王祖德. 人类活动对生态系统多样性的影响[M]. 浙江:浙江科学技术出版社,1999:1-28.
- [10] 马克平,钱迎倩,王晨. 生物多样性研究的现状与发展趋势[J]. 科技导报,1995(1):27-30.
- [11] 刘恩斌. 天目山自然保护区生物多样性的熵值测度研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2007,31(5):87-91.
- [12] 谢应忠. 生物多样性的生态学意义及其基本测度方法[J]. 宁夏农学院学报,1998,19(3):13-20.
- [13] 尚占环,姚爱兴,郭旭生. 国内外生物多样性测度方法的评价与综述[J]. 宁夏农学院学报,2002,23(3):68-73.
- [14] 刘晓红,李一校,彭志杰. 生物多样性计算方法的探讨[J]. 河北林果研究. 2008,23(2):166-168.
- [15] 郭中伟,甘雅玲. 农田生态系统中的生物多样性[J]. 科技导报,1998(4):281-285.
- [16] 董玉红,欧阳竹,刘世梁. 农业生物多样性与生态系统健康及其管理措施[J]. 中国生态农业学报,2006,14(3):16-20.
- [17] RILEY S P, SHAFFER H V, VOSS S R, *et al.* Hybridization between a rare, native tiger salamander (*Ambystoma californiense*) and its introduced congener[J]. *Ecological Application*, 2003,13(5):1263-1275.
- [18] ELLSTRAND N C, SCHIERENBECK K A. HYBRIDIZATION as a stimulus for the evolution of invasiveness in plants[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2000,97(3):7043-7050.
- [19] 李明阳,徐海根. 生物入侵对物种及遗传资源影响的经济评估[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2005,29(2):98-102.
- [20] 向言词,彭少麟,周厚诚,等. 生物入侵及其影响[J]. 生态科学,2001,20(4):68-72.
- [21] LIU S S, DE BARRO P J, XU J, *et al.* Asymmetric mating interactions drive widespread invasion and displacement in a whitefly[J]. *Science*, 2007,318(5857):1769-1772.
- [22] 赵月琴,卢剑波. 浙江省主要外来入侵种的现状及控制对策分析[J]. 科技通报. 2007,23(4):487-491.
- [23] 王立成,褚建君. 加拿大一枝黄花与群落内其他植物的种间联结关系[J]. 上海交通大学学报(农业科学版),2007,25(2):115-119.
- [24] 丁晖,徐海根,刘志磊. 外来入侵植物紫茎泽兰对植物多样性的影响[J]. 生态与农村环境学报,2007,23(2):29-32,75.
- [25] COMPELL F T. Exotic pest plant councils: cooperating to assess and control invasive non-indigenous plant species [C]//Assessment and management of plant invasions. Berlin: Springer, 1997:228-240.

(上接第91页)

- [6] CHENG D, Powder X. Windows-95-based program for powder X-ray diffraction data processing[J]. *Journal of Applied Crystallography*, 1999,32(4):838.
- [7] DONG C, WU F, CHEN H. Correction of zero shift in powder diffraction patterns using the reflection-pair method[J]. *Journal of Applied Crystallography*, 1999,32(5):850-853.
- [8] 王林芳,常云飞,杨祖培.  $(K_{0.5}Na_{0.5})NbO_3$  无铅压电陶瓷的制备及性能研究[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2007,37(4):592-594.
- [9] 孙勇,肖定全,吴浪,等. 铋酸钠钾基无铅压电陶瓷制备技术新进展[J]. 功能材料,2007,38(8):1225-1228.
- [10] 葛洪良,陈强,王新庆,等. 纳米钽铁氧体吸波材料的研究进展[J]. 中国计量学院学报,2006,17(3):182-187.