

中药材生物多样性 及核酸分析技术

Chinese Traditional Medicine

Biodiversity and Nucleic Acid
Analysis

主 编 赵树进

副主编 陈 念 严 萍



科学出版社

www.sciencep.com

中药材生物多样性 及核酸分析技术

主 编 赵树进

副主编 陈 念 严 萍



广州市科技计划项目资助(编号:2007Z3-E5151)

科学出版社

北京

www.sciencep.com

科学出版社

北京

科学出版社

北京

北京

内 容 简 介

本书是作者多年来从事中药材生物多样性及核酸分子鉴定研究经验的总结,不仅介绍中药材核酸分析常用的基本分子生物学理论和技术,还汇集了当前国内外中药材物种鉴定领域的最新研究成果,以及在技术上的一些经典的极具代表性的实例。全书分为三篇共十二章。第一篇立足于生物多样性与遗传资源的基本概念和相关理论知识,对中药材资源保护的背景和意义进行详细的介绍;同时结合遗传多样性研究的基本方法对物种遗传变异和物种鉴定研究的关系进行了分析。第二篇介绍中药材常用的核酸提取分析方法。第三篇简要介绍应用于中药材核酸分析的各种分子技术的基本概念、原理以及各种技术在中药材鉴定和遗传多样性研究中的应用。

本书可供从事中医药、生物学和农林科学等相关领域的科技工作者、大专院校的师生和其他感兴趣的人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

中药材生物多样性及核酸分析技术/赵树进主编. —北京:科学出版社,2009
ISBN 978-7-03-022016-5

I. 中… II. 赵… III. ①中药材-生物多样性-研究②中药材-核酸-分析-研究 IV. S567

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 071022 号

责任编辑:莫结胜 沈晓晶 / 责任校对:钟 洋
责任印制:钱玉芬 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 1 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2009 年 1 月第一次印刷 印张:14 3/4

印数:1—2 000 字数:350 000

定价:48.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

自序

中医药是中华民族的灿烂文化,也是世界传统医学的重要组成部分。我国中药材种类繁多,资源丰富,其中有 80% 为野生资源。由于受利益的驱使,长期以来人们对中药材的掠夺性采挖使得我国中药资源的生物多样性面临前所未有的严重危机。如何保护药用植物的种质资源多样性,解决中药材日益增加的需求与资源有限性之间的矛盾,是我国中医药产业持续发展面临的严峻挑战。

生物多样性包括生态系统多样性、物种多样性和遗传(基因)多样性三个层次的内容。就中药材而言,生态多样性表现在产地不同造成的中药材质量的差异,如道地药材;物种多样性表现在基原多样,如类似品、代用品和混淆品,物种多样性归根结底在于遗传的多样性。众所周知,中药材来源于自然界的植物、动物、菌类、矿物等,传统中药大多是动物和植物,药用生物在长期的生存竞争及自然界双向选择的过程中与产地建立了千丝万缕的联系,呈现了千变万化的多样性特征。中药材的生物多样性不仅表现在生物学特性、药材的道地性方面,还表现在生物系统发育过程中彼此形成的亲缘关系方面,因此中药材品种质量的多样性归根结底是由其生物多样性所决定的。中药现代化不仅需要现代化学分析技术和药理学实验证据为其阐明临床应用的物质基础及作用机制,更需要探索形成这些“特殊”生物的本质——遗传物质的特殊性,达到在种质基原上控制其质量和物尽其用的目的。

遗传多样性研究为揭示生物分子进化、地理变异和物种形成提供了强有力的证据和方法,对保护中药资源及推动其可持续发展具有十分重要的意义。对于绝大多数中药材来说,其遗传背景研究的资料非常稀缺。药用动植物种质资源的保护是中药材可持续利用的先决条件,是中药持续发展的决定因素。当前,我国各地已建立了许多中药材规范化种植基地,但有些基地在规范化方面仍存在缺陷,在种质资源保存与建立种质库的同时,分析中药材的“特征性基因”,建立我国特有的“中药材特征性基因库”是我国中医药现代化不可或缺的重要基础。

由于中药材来源复杂,用形态分类的方法来划分物种是建立在个体性状描述和宏观观测的水平上,得到的结论往往易引起争论。随着分子生物学和分子克隆技术的发展,核酸分子遗传标记和基因组序列分析技术的应用,为药用植物鉴定提供了新的、便捷准确的鉴定方法,也为寻找和扩大药用植物资源提供了有效的途径和方法。

我国中药的研究和标准制定落后于国际水平,生药质量标准化目前多局限于化学成分的考察,但品种的标准化是质量标准化的前提和关键,特别是由于当今新资源不断出现、栽培品种不断退化,因此品种标准化尤为迫切。品种标准化应包括主流品种及其种下等级的筛选和优化。传统生药学和药用植物栽培学难以对生药质量进行快速准确的评价,此外,对相当多数的生药建立基于化学分析的质控方法和标准目前尚难以实现,但 DNA 分子遗传标记可从分子水平定性定量刻画生药主流品种及其种下等级的遗传背景差异,为生药品种标准化提供了先进可行的技术和稳定可靠的标准。所以在现有的质量

标准基础上,加以特征性基因序列或特征性 DNA 指纹图谱,就能从本质上反映中药材的质量与特殊性,建立科学、全面的质量标准评价体系。因此,在制定有效(特征)成分标准的同时,应制定出品种的生物学标准,即在现有的质量标准基础上,加上特征性基因序列或有效成分相关的特征性 DNA 指纹图谱,从而实现中药的现代分子生物学的质量评价。

我国传统的中药材一直都有一个“道地”的说法。当一个种具有较广的分布区时,它的各个不同地区的居群往往具有不同的治疗效果,这种差异是在长期自然选择的过程中逐渐形成的。可以说,“道地药材”是一种对特殊的界限明确的一套环境条件的基因型反应的产物。次生代谢物是道地药材最重要的表型特征之一,道地药材的形成是特定的基因型在特定的生活环境下受到复杂的调控,导致次生代谢物的关键酶基因的表达产生时空差异的结果,其形态及次生代谢物的多样性是由基因的遗传变异引起的。不言而喻,只有探索“道地基因”,明确揭示药材道地的本质,才能评价其“道地性”。

我国野生动物、植物种类丰富,药用植物种类达万种以上,其中很多品种一直被民间应用于对各种疾病的治疗,且疗效十分显著。但由于众多因素的影响,这些有效的药材却不能被承认和推广,特别是少数民族医药的传承、保护和开发还存在不少问题;同时我国对野生药用植物的开发研究力度也不够。分子生物学技术的发展促进了生物多样性的研究和发展,分子系统与进化学的发展为寻找和扩大药用动物、植物资源提供了更加快捷有效的方式。某一物种的亲缘关系研究,即是从 DNA 序列的相关性寻找亲缘关系较近的物种。根据这一原理利用活性成分相关的“特征性基因”,以此为探针,通过分子杂交或 PCR 扩增技术对比药用种类进行筛选,即可发现可能含有相同成分的物种,极大地缩小寻找代用品的范围。总之,遗传多样性研究无论是对生物多样性的保护,还是对生物资源的可持续利用,以及对保健食品与药品开发都有重要的意义。

综上所述,研究中药材的生物多样性并探索其核酸水平的奥秘,是推动我国中医药现代化和生物医药科学发展的基础。我们编著的这本书即以此为已任,它分为三篇共十二章:第一篇系统介绍生物多样性的形成、现状及其评价,生物多样性消失的原因及其深远影响,生物多样性的保护和保存以及药用植物多样性及资源保护等;第二篇对中药材核酸分析的常用技术及其原理做了简单的介绍;第三篇重点阐述各种核酸分子标记技术的基本概念、原理、操作要求以及各种技术在中药材鉴定和遗传多样性研究中的应用。这三篇紧紧围绕中药材生物多样性研究的主题:第一篇强调保护中药材多样性的意义,要利用和保护中药材的生物多样性,就必须对其进行研究,更要有相应的技术方法;第三篇则介绍研究中药多样性分子基础的最为重要的技术方法,而这些方法又离不开核酸的分离、纯化和分析,即第二篇的内容。因此,我们相信,本书可为中药材生物多样性的研究提供帮助,为中药材的利用和开发贡献力量。

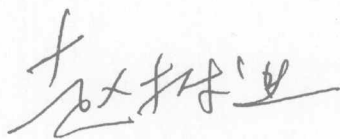
本书的作者均从事多年中药材分子鉴定的科研工作,根据实际工作经验和体会,力所能及地把中药材种质资源保护和研究应用的技术、方法收集整理,用通俗易懂的语言、力求完美的态度和去粗取精的方式呈献给读者,可供从事中医药、生物学和农林科学等相关领域的科技工作者、大专院校的师生和其他所有感兴趣的人员参考使用。

在本书编著出版的过程中,科学出版社莫结胜编辑在选题立项、拟定撰写内容和结构方面给予了悉心指导;南方医科大学罗佳波教授在阅读初稿后给出了中肯的修改意见;广州市科技局和广州军区广州总医院的领导和机关在经费上提供了大力支持;广州总医院

药学部的邓敏佳药师为电子文本的编辑、校对做了大量的工作。没有这些关心和帮助,本书是不可能完成的,对此我们表示衷心的感谢。书中采用了许多学者的研究工作成果或一些相关出版物中的数据图表,对于这些内容,我们在参考资料中一一列出,在此,谨致谢忱。

由于现代科学技术飞速发展,研究成果日新月异,新的技术和方法不断涌现,加上编者专业知识水平的局限及时间仓促,因此,本书虽经呕心沥血之雕刻,亦难免尚存遗漏和瑕疵,恳请广大读者和专家斧正。

是为序。



2008年4月1日

目 录

自序

第一篇 中药材生物多样性

第一章 生物多样性与遗传资源	3
第一节 生物多样性概述	3
第二节 生物多样性的重要性	7
第三节 遗传资源	10
参考文献	13
第二章 生物多样性评价及保护策略	14
第一节 生物多样性的丧失	14
第二节 生物多样性丧失原因	18
第三节 生物多样性经济价值分析	21
第四节 保护生物多样性的意义及策略	25
参考文献	30
第三章 中药资源利用与保护	31
第一节 中药资源利用现状	31
第二节 中药资源保护现状	34
第三节 保护区域的选择	36
第四节 保护措施	40
参考文献	43
第四章 遗传多样性分析技术与物种鉴定	45
第一节 遗传多样性分析技术	45
第二节 种群保护遗传学	49
第三节 遗传、变异、生物进化与物种鉴定的关系	52
参考文献	56

第二篇 常用核酸分析技术及原理

第五章 核酸分离与纯化	61
第一节 概述	61
第二节 DNA 的制备	64
第三节 RNA 的制备	70
参考文献	73
第六章 核酸电泳和 PCR	75
第一节 核酸电泳	75

第二节 PCR	78
参考文献	88
第七章 变性高效液相色谱	89
第一节 基本原理	89
第二节 工作条件及操作方法	90
第三节 实际应用	92
参考文献	94

第三篇 中药材核酸分析技术

第八章 DNA 遗传标记鉴定	99
第一节 限制性片段长度多态性技术	99
第二节 随机扩增多态性和任意引物 PCR 技术	101
第三节 扩增片段长度多态性技术	108
第四节 聚合酶链反应-限制性片段长度多态性技术	114
第五节 DNA 测序技术	116
第六节 位点特异性 PCR 技术	119
第七节 简单重复序列间扩增技术	121
第八节 序列相关扩增多态性技术	125
参考文献	128
第九章 mRNA 差异显示技术	131
第一节 mRNA 差异显示技术的基本原理	131
第二节 mRNA 差异显示技术的基本步骤	135
参考文献	138
第十章 中药材 cDNA 文库	139
第一节 cDNA 文库的类型	139
第二节 cDNA 文库的制备	143
第三节 cDNA 文库的应用前景	153
参考文献	154
第十一章 基因芯片技术与中药鉴定	156
第一节 概述	156
第二节 基因芯片技术	163
第三节 基因芯片技术在中药鉴定中的应用	173
参考文献	187
第十二章 中药材遗传多样性与物种鉴定研究实例	189
第一节 何首乌遗传多样性与物种鉴定研究	189
第二节 白木香遗传多样性与物种鉴定研究	206
参考文献	226

第一篇 中药材生物多样性

第一章 生物多样性与遗传资源

随着分子生物学技术的突破性发展,生命科学也发生了革命性的变化,很多科学家认为在未来的自然科学中生物科学将成为带头学科,甚至预言 21 世纪是生物学的世纪。在生命科学诸多分支中,保护生物多样性是当前生物科学最紧迫的任务之一,也是全球生物学界共同关心的焦点问题之一。

生物多样性(biodiversity)是近年来国内外最为流行的一个词汇。由于自然资源的合理利用和生态环境的保护是人类实现可持续发展的基础,因此生物多样性的研究和保护已成为世界各国普遍重视的问题。现在无论是联合国还是各国政府,每年都会投入大量的人力和资金开展生物多样性的研究与保护工作,一些非政府组织也积极支持和参与全球性的生物多样性保护工作。

1992 年,在巴西里约热内卢举行的联合国环境与发展大会通过了《生物多样性公约》(Convention on Biological Diversity),这标志着世界范围内自然保护工作进入了一个新的阶段,即从以往对珍稀濒危物种的保护转入到了对生物多样性的保护。

第一节 生物多样性概述

一、生物多样性的定义

20 世纪以来,随着世界人口的持续增长和人类活动范围的不断扩大,人类社会遇到了一系列前所未有的问题,面临着人口、资源、环境、粮食和能源五大危机,这些问题的解决都与生态环境的保护与自然资源的合理利用密切相关。第二次世界大战以后,国际社会在发展经济的同时更加关注生物资源的保护,并且在拯救珍稀濒危物种、防止自然资源的过度利用等方面开展了很多工作。1948 年,联合国和法国政府创建了国际自然保护联盟(IUCN)。1961 年,世界野生生物基金会建立。1971 年,联合国教科文组织提出了“人与生物圈计划”。1980 年,IUCN 等国际自然保护组织编写了《世界自然保护大纲》,该大纲提出了要把自然资源的有效保护与资源合理利用有机结合起来观点,对世界各国加强生物资源的保护工作起到了极大的推动作用。

20 世纪 80 年代,人们在自然保护的实践中逐渐认识到,自然界中各物种之间及生物与环境之间都存在着十分密切的联系,因此自然保护仅着眼于对物种本身的保护是远远不够的,往往也难以取得理想的效果。要拯救珍稀濒危物种,不仅要对所涉及物种的野生种群进行重点保护,而且还要保护好它们的栖息地,或者说,需要对物种所在的整个生态系统进行有效的保护。在这样的背景下,生物多样性的概念便应运而生了。

生物多样性是一个描述自然界多样性程度的一个内容广泛的概念。在《生物多样性公约》中,其被定义为“所有来源的活的生物体的变异性,这些来源包括陆地、海洋和其他水生生态系统及其构成的生态综合体,以及物种内、物种之间和生态系统的多样性”(The

variability among living organisms from all sources including: inter alia, terrestrial, marine and other aquatic ecosystem and the ecological complexes of which they are part, this includes diversity within species, between species and of ecosystem).

综合不同学者的意见,生物多样性可定义为“地球上所有生物、它们所包含的基因以及由这些生物与环境相互作用所构成的生态系统的多样化程度”。

二、生物多样性的组成

生物多样性包括遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性三个组成部分。

(一) 遗传多样性

遗传多样性是生物多样性的重要组成部分。广义的遗传多样性指地球上生物所携带的各种遗传信息的总和。这些遗传信息储存在生物个体的基因中,因此遗传多样性也就是生物遗传基因的多样性。任何一个物种或一个生物个体都保存着大量的遗传基因,因此可将它们看作一个基因库。一个物种所包含的基因越丰富,它对环境的适应能力就越强。基因的多样性是生命进化和物种分化的基础。狭义的遗传多样性指生物种内基因的变化,包括种内显著不同的种群之间以及同一种群内的遗传变异。此外,遗传多样性可表现在分子、细胞、个体等多个层次上。在自然界中,对于绝大多数有性生殖的物种而言,种群内的个体之间往往没有完全一致的基因型,而种群就是由这些具不同遗传结构的多个个体所组成。

在生物长期的演化过程中,遗传物质的改变(基因突变)是产生遗传多样性的根本原因。遗传物质的突变主要有两种类型,即染色体数目和结构的变化以及基因位点内核苷酸的变化。前者称为染色体畸变,后者称为基因突变或点突变。此外,基因重组也可导致生物产生遗传变异。

任何物种都具有独特的基因库和遗传组成,物种多样性已包含了基因(遗传)多样性,故遗传多样性是生态系统多样性和物种多样性的基础,换句话说,遗传多样性是生物多样性的内在形式^[1]。世界资源研究所在《全球生物多样性策略》中提出:“遗传多样性是指种内基因的变化,包括同种显著不同的群体间或同一群体内的遗传变异。”换句话说,遗传多样性主要指种内不同群体之间或同一群体内不同个体之间遗传变异的总和。从这一定义可以看出,遗传多样性基本上包括了以下两层含义:

首先,遗传多样性是指生物种内的遗传变异。尽管广义的遗传多样性可泛指地球上所有生物携带的遗传信息,包括不同物种间的不同基因库所体现出来的物种多样性,但作为生物多样性的一个重要层次,遗传多样性所指的主要还是种内的遗传变异。物种是由个体所组成,除了孤雌生殖、同卵双生子以及无性繁殖外,生物界没有两个个体具有完全一致的基因型或基因组,这就是遗传变异最基本的特征。从进化的角度看,个体必须组成群体或群体系统(地理宗、生态型、变种、亚种等)才具有进化意义,遗传上有差别的个体在组成群体或群体系统时形成各种各样的群体遗传结构,产生新的遗传多样性。对大范围连续分布的异交植物来说,种群之间的遗传变异明显增加。对以无性繁殖为主的植物来说,每个无性系集群在大部分位点是纯合的,形态变异也很少,但是不同的无性系集群间有很大的差异,因为遗传变异分布于无性集群之间。由此可见,种群遗传结构的差异是

遗传多样性的重要体现,一个物种的进化潜力和抵御不良环境的能力既取决于种内遗传变异的大小,也有赖于种群的遗传结构。

其次,遗传多样性的表现是多层次的,可以表现在外部形态上,如豌豆的花色、果蝇的翅型等;也可表现在生理代谢上,如植物光合作用的强弱、酶活性的高低等;还可表现在染色体、DNA分子等水平上。此外,遗传多样性是指种内可遗传的变异。因此,那些由于发育或环境引起的变化应排除在遗传多样性范围外,如青蛙等无尾目两栖类动物在幼年时有发达的长尾,而成体则无尾;水毛茛等一些水生植物在水中的沉水叶与水面上的浮水叶具有完全不同的形态;许多高等真菌都有季相的变化等。此类由发育或环境可塑性引起的差异都是不可遗传的。

(二) 物种多样性

我国学者陈世骧对物种的定义为:物种是繁殖单元,由连续和间断的居群所组成,物种是进化的单元,是生物系统线上的基本环节,是生物分类的基本单元。在分类学上,确定一个物种必须同时考虑形态的、地理的、遗传学的特征。也就是说,作为一个物种必须同时具备如下条件:① 具有相对稳定而一致的形态学特征,以便与其他物种相区别;② 以种群的形式生活在一定的空间内,占据着一定的地理分布区,并在该区域内生存和繁衍后代;③ 每个物种具有特定的遗传基因库,同种的不同个体之间可以互相配对和繁殖后代,不同种的个体之间存在着生殖隔离,不能配育或即使杂交也不能产生有繁殖能力的后代。

从原有的物种中形成一个新的物种称为物种形成。对于新的物种形成的机制有不同的假说,但基因突变、自然选择是两个基本的过程。在物种形成过程中,地理隔离和生殖隔离起了十分关键的作用。根据成种的区域,大致可以分为异域型、同域型和邻域型三种。

(1) 异域型物种形成:一个物种的多个种群生活在不同的空间范围内,由于地理隔绝使这些种群之间的基因交流出现障碍,导致特定的种群积累着不同的遗传变异并逐渐形成各自特有的基因库,最终与原种群产生生殖隔离,形成新的物种。

(2) 同域型物种形成:生活在同一区域内的物种,由于资源的限制和种群内部的激烈竞争而导致生态位出现分化,占据不同生态位的群体出现基因交流的障碍,通过生殖隔离形成新的物种。

(3) 邻域型物种形成:有些物种的分布区很广但扩散能力较差,在其分布区的边缘地带的一些种群,由于栖息地环境的差别而形成基因交流的阻碍,逐渐建立起自己独特的基因库,并形成生殖隔离,最终形成新的物种。

物种多样性是生物多样性在物种水平上的表现形式,是指一定区域内物种的多样化及其变化,包括一定区域内生物区系的状况(如受威胁状况和特有性等)、形成、演化、分布格局及维持机制等。物种多样性有两方面的含义:一是指一定区域内物种的总和,主要是从分类学、系统学和生物地理学角度对一个区域内物种的状况进行研究,可称为区域物种多样性;二是指生态学方面物种分布的均匀程度,常常是在群落组织水平上进行研究,有时称生态多样性(ecological diversity)或群落物种多样性。

在阐述一个国家或地区生物多样性的丰富程度时,最常用的指标是区域物种多样性。

区域物种多样性的测量有以下三个指标:① 物种总数,即特定区域内所拥有的特定类群的物种数目;② 物种密度,指单位面积内特定类群的物种数目;③ 特有种比例,指在一定区域内某个特定类群特有种占该地区物种总数的比例。

物种是一级生物分类单元,代表一群形态上、生理上、生化上与其他生物有明显区别的生物。通常这群生物之间可以交换遗传物质,产生可育后代。如果说遗传多样性的损失常常是人们肉眼所不可见的,那么,物种灭绝是人们所能看见的,是引起人们警觉的现象。但是,由于物种数目繁多,许多物种在人们开展研究之前就可能已经灭绝。

物种之间存在着相互作用,如猓猓与兔子之间的捕食关系,虱子与兔子之间的寄生关系,根瘤菌与豆科植物之间的互惠共生关系等。物种之间相互依存,形成一个功能整体,称为生物群落。生物群落的多样性主要指群落的组成、结构和动态(包括演替和波动)方面的多样化。

物种多样性中有3个值得注意的概念,即组成、结构和功能。物种多样性的组成与基本组成单位的变异和数量有关,包括物种名录、种群多样性的测度等;物种多样性的结构是系统的物理组织或格局,包括种群结构等;物种多样性的功能涉及生态学过程和进化过程两个尺度,包括种群统计过程和生活史等。通过对物种多样性变化的分析,可以反映出群落或生境中物种的丰富度、均匀度的变化,也可以反映不同自然地理条件与群落的相互关系。通过物种多样性指数的计算可以定量地表征群落和生态系统的特征,包括直接和间接地体现群落和生态系统的结构类型、组织水平、发展阶段、稳定程度、生境差异等。因而,物种多样性研究在整个生物多样性研究中占有非常重要的地位。

(三) 生态系统多样性

生态系统是各种生物与其周围环境所构成的自然综合体,所有的物种都是生态系统的组成部分。在生态系统中,不仅各物种之间相互依赖、彼此制约,而且生物与其周围的各种环境因子也是相互作用的。从结构上看,生态系统主要由生产者、消费者、分解者所构成。生态系统的功能是对地球上的各种化学元素进行循环并维持能量在各组分之间的正常流动。生态系统的多样性主要是指地球上生态系统组成、功能的多样性以及各种生态过程的多样性,包括生境的多样性、生物群落和生态过程的多样化等多个方面。其中,生境的多样性是生态系统多样性形成的基础,生物群落的多样化可以反映生态系统类型的多样性。近年来,有些学者还提出了景观多样性(landscape diversity)作为生物多样性的第四个层次。景观是一个大尺度的空间,是由一些相互作用的景观要素组成的具有高度空间异质性的区域。景观要素是组成景观的基本单元,相当于一个生态系统。景观多样性是指由不同类型的景观要素或生态系统构成的景观在空间结构、功能机制和时间动态方面的多样化程度。

基因和物种多样性是生物多样性研究的基础,而生态系统多样性则是生物多样性研究的重点。生态系统多样性充分体现了生物多样性研究最突出的特征,即高度的综合性。因此其研究具有十分重要的意义。一方面,生态系统类型多样,其组成、结构、分布和动态等特征极富变化;另一方面,生态系统多样性研究又为其他水平的生物多样性研究提供了有用的资料,特别是作为生物的栖息地受到保护生物学工作者的高度重视。

(四) 遗传、物种和生态系统多样性的关系

遗传多样性是生物多样性的重要组成部分,一方面,任何一个物种都具有其独特的基因库和遗传组织形式,物种的多样性也就显示了基因(遗传)的多样性;另一方面,物种是构成生物群落进而组成生态系统的基本单元,生态系统多样性离不开物种的多样性,也离不开不同物种所具有的遗传多样性。因此,遗传多样性是生态系统多样性和物种多样性的基础,通常谈及生态系统多样性或物种多样性时也就包含了各自的遗传多样性。物种多样性是生物多样性的重要组成部分。物种多样性决定着物种间食物链的复杂关系,有利于生态系统的稳定与平衡。物种多样性的研究既是遗传多样性研究的基础,又是生态系统多样性研究的重要方面,它与遗传多样性、生态系统多样性一道构成了生物多样性研究的三个相互联系的部分,是生物多样性中研究得较为深入的一个层次。

物种是生命存在的最基本单元,它们有共同的起源,经过几十亿年的进化,形成了庞大的分类系统。基因是物种遗传信息的单位,决定种内的变异,并遗传给下一代,所以基因多样性又称遗传多样性。物种不能孤立地生存,只能生长在与其它物种及其周围环境所构成的生态系统中,从而组成地球上极为复杂多样的生态系统。地球上的生态类型极其繁多,但是所有生态系统都保持着各自的生态过程,这包括生命所必需的化学元素的循环和生态系统组成部分之间能量流动的维持。不论是对一个小的生态系统而言,或是从全球范围来看,这些生态过程对于所有生物的生存、进化和持续发展都是至关重要的。维持生态系统多样性对于维持物种和基因多样性也是必不可少的。

第二节 生物多样性的重要性

一、生物多样性与人类

生物多样性是全人类食物、水和健康的保障。人类是动物大家族的一员,动物不能自己制造食物,需要绿色植物提供。在全球 30 万种植物中,人类经常利用的农作物不到 200 种,加上药用植物,所开发利用的也不到 1000 种。小麦、水稻、玉米提供了全人类主要的淀粉来源,大豆、花生是主要的脂肪来源。植被通过蒸腾作用将土壤中的水输送到大气,地球如果没有绿色植被覆盖,水循环就绝对不是今天的样子。在化学制药没有发明前,我们的祖先就是用天然动植物成分来充当药物的,至今生物制药的主要成分依然是各种动植物。另外最关键的是,我们呼吸的氧气也是植物制造的,光合作用、生物固氮作用是地球上发生的规模最大的两个化学反应,这两个反应为人类提供了食物、水、氧气和优美的生态环境,这是无法用化学合成产品取代的。生物多样性还具有保持能量合理流动、改良土壤、净化环境、涵养水源、调节气候等众多方面的功能。

生物多样性提供了地球生命的基础。除了经济价值和生态价值外,它还具有重大的社会价值,如艺术价值、美学价值、文化价值、科学价值、旅游价值等。许多动物、植物和微生物物种的价值现在还不清楚,如果这些物种遭到破坏,后代人就不再有机会利用,因此必须注意保护,才能使社会实现可持续发展^[2]。

我国是世界上生物多样性特别丰富的国家之一,为全球生态系统第一大国,生物多样

性第三大国。我国有高等植物 3 万余种,脊椎动物 6347 种,分别占世界总种数的 10% 和 14%。中国生物物种不仅数量多,而且特有程度高,生物区系起源古老,成分复杂,并拥有大量的珍稀孑遗物种。中国有 7000 年的农业历史,在长期的自然选择和人工选择的作用下,为适应形形色色的耕作制度和自然条件,形成了异常丰富的农作物和驯养动物遗传资源。

然而,非常不幸的是,人类在开发利用自然的同时,对生物多样性的重要性认识不足。我国是生物多样性受到严重威胁的国家之一,原始森林长期受到砍伐、开荒等人为活动的影响,其面积以每年 5000km² 的速度减少。草原由于超载过牧、毁草开荒的影响,退化面积达 870 000km²,目前约 90% 的草地处在不同程度的退化中。以红树林为例,中国红树林主要分布在福建沿海以南,历史上最大面积曾达 250 000km²,而现在仅剩 15 000km²,仅为历史最高时期的 6%。高等植物中有 4000~5000 种受到威胁,占总种数的 15%~20%。在《濒危野生动植物种国际贸易公约》中列出的 640 个世界濒危物种中,中国就占 156 种,约为其总数的 25%,形势十分严峻。

生物多样性保护关系到中国的生存与发展。近年来经济的持续高速发展在很大程度上加剧了人口对环境,特别是对生物多样性的压力。如果不立即采取有效措施遏制这种恶化的态势,中国的可持续发展是不可能实现的,甚至会威胁到世界的发展和安^[3]。

正是生物多样性使这个星球上的生命得以繁衍和持续:通过森林吸收二氧化碳并释放出氧气,人类才得以自由而畅快地呼吸;通过土壤、微生物和水循环过滤了水中的污物,人类才得以喝到洁净的水;此外,通过绿色植物固定大气中的二氧化碳并转化为碳水化合物,人类以及其他动物才有了丰富的食物。地球上全部的物种,包括植物、动物、微生物以及人类组成了生命的大家庭。在这个大家庭里,所有的生命通过物质、能量和信息循环建立了有机的联系,各种生命有机体互相依存,共同按照生态学规律和谐地生活在地球上,因此所有的生命都具有生存和繁衍的权利,都应该得到尊重。

二、生物多样性与生态系统

生物多样性是生态系统稳定性的基础,它至少包括 3 个层次,即遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性。遗传多样性是生物多样性的重要组成部分,是生态系统多样性和物种多样性的基础。任何物种都具有其独特的基因库和遗传组织形式,因此,物种多样性也显示了基因的多样性。而物种又是构成生物群落进而组成生态系统的基本单元,生态系统多样性离不开物种多样性,当然也就离不开不同物种所具有的遗传多样性。生物多样性的研究颇具挑战性,因为它反映了许多作用于不同时空尺度上的生态学的、进化的和人类起源的过程,而生物多样性研究中一些最令人激动的最新进展说明这些不同过程和尺度间存在一定的联系。在当今生物多样性危机中,人类社会的发展和资源的过度利用导致了多样性的丧失,生境改变也将使物种濒临灭绝的危险且最终导致物种灭亡,而生物多样性的丧失又使生态系统结构与功能产生剧烈变化,进而加剧生物种类的消失。这种自然改造和利用过程中的人类活动将改变生物种类的生境,从而对生物多样性构成极大威胁,甚至导致区域性乃至全球多样性的锐减。目前,全球性生物种类消失的速度是人类出现以前的 100~1000 倍,此种情况下,探讨生物多样性对生态系统功能及其稳定性的影响就显得极为重要^[4]。

(一) 生态系统功能

生态系统功能是指系统内的各种生态过程及其速率,如初级生产力、氮素化作用、残枝败叶分解、营养物质运转循环及水分平衡等。一般而言,种类贫乏的生态系统的功能常处于一种失衡状态。早在十年以前,一些生态学家就提出,物种多样性丧失将导致生态系统功能的退化,虽然该假说的动机是出于物种保护的考虑,但有关物种多样性丧失是否会损害生态系统功能和降低生态系统对人类的贡献,及生态系统物种多样性的提高是否有利于其功能的改善仍存在许多争议。

一种理论认为,通过合理设计并建立模拟群落结构且控制物种多样性水平可评价生物多样性对生态系统不同功能过程的效应,而且生物多样性水平越高,越有利于生态系统功能发展,生物多样性将必然导致生态系统功能优化。此学说还认为,较高水平的生物多样性可增加具有高生产力的种类出现的机会。高水平生物多样性的生态系统内食物链增多,食物网更为复杂,这就为能量流动提供了多种选择途径,使各营养水平间能量流动更加稳定。增加生态系统内某个种不同个体间的距离,即可降低病原体扩散。高水平多样性的生态系统内物种能充分占据已分化的基础生态位,缩小基础生态位与现实生态位间的生态位势,从而极大提高系统对资源的利用效率。

另外一种理论认为,生态系统功能过程主要由组分有机体功能特点所决定,并非依赖于系统内物种种类数目,群落对生境变化的反应也可由优势种的功能特点来预测,而并非由生物多样性来决定。尤其对群落优势种来说,这一类群的变化对群落所产生的影响较之于其他物种要深刻得多。

(二) 生态系统稳定性

与多样性相联系的一个概念是稳定性,即系统对外界干扰的反应,包括抵抗性、恢复性、持久性和变异性 4 个方面。生物多样性是丰富度和均匀度的函数,其值大,说明系统生物群落中物种间分布相对均衡,优势种不明显,群落稳定性较强,且生物类群数反映生物群落大小和结构的复杂程度^[5]。关于生物多样性与生态系统稳定性关系的早期观点为:生物多样性降低将导致生态系统稳定性及其功能下降。然而,生态学界对生物多样性稳定性假说的争论从未停止过。

(三) 生物多样性保护

生物多样性丧失已成为国际社会和生态学界最为关注的热点问题之一,其负面影响在于个体存在的内在价值及生物多样性对生态系统功能的潜在影响,而生态系统功能则定义为能量转换和物质循环。尽管生物多样性改变会影响生态系统功能,但生态系统的直接转变则将对全球生态系统功能产生比物种丧失更深远、更剧烈的影响。大多数关于生物多样性生态系统功能的试验是在小空间范围内开展的,尤其对植物群落来说小到了 1m×1m 的地块,这种试验仅是将局部多样性的改变与局部功能联系起来。而在现实世界中,生物多样性丧失在诸多大空间范围内发生,即局部群落的小范围、区域性物种库的更大范围甚至全球性范围,所有这些范围内的生物多样性丧失均有有效的保护对策体系。然而,随着生物多样性丧失范围由局部到区域再到全球性灭绝的增大,人们对此关注