



濒危植物裂叶沙参保护生物学

祖元刚 张文辉 阎秀峰 葛 颂 等著

科学出版社

国家科学技术学术著作出版基金资助出版

濒危植物裂叶沙参 保护生物学

祖元刚 张文辉 阎秀峰 葛 颂 等著

科学出版社

1999

461028

内 容 简 介

本书是国家自然科学基金“八五”重大项目“中国主要濒危植物保护生物学研究”的主要成果之一,是作者连续5年对裂叶沙参进行多学科综合研究的主要成果总结。全书共10章,以近缘广布种为对照,从生物保护学角度系统研究了裂叶沙参种群地理分布、生境条件、解剖生态、生殖生物学、遗传多样性、生理生态、传粉生物学特征和种群动态模型等,阐明了导致裂叶沙参种群濒危的外在因素和内在机制,建立了刻画裂叶沙参种群濒危的预测模型,提出了相应的保护策略及对策。

此书可供从事保护生物学、生态学、遗传学、生殖生物学、生物多样性、农业、林业研究工作的大专院校师生和科研人员参考。本书适合硕士以上研究生阅读,也是广大农、林、医、环保专业工作者或中专以上有关专业师生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

濒危植物裂叶沙参保护生物学/祖元刚等著.-北京:科学出版社,1999.11

ISBN 7-03-007882-9

I. 濒… II. 祖… III. 裂叶沙参-植物保护 IV. Q949.77

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 44041 号

21165/12
科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

新蕾印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1999年11月第 一 版 开本:787×1092 1/16
1999年11月第一次印刷 印张:19
印数:1—1500 字数:427000

定价:48.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

本书著者

祖元刚	张文辉	阎秀峰	葛 颂
杨逢建	潘开玉	丛沛桐	郭延平
周福军	孙海芹	吴双秀	于景华

序

植物的生物多样性是人类和动物赖以生存的物质基础。然而，由于历史因素的影响和人类活动的干扰，地球上的植物多样性正在急剧减少，大量的植物物种已经处在濒于灭绝的危险之中。保护植物多样性已经成为当前刻不容缓的重大任务之一。中国的植物多样性研究与保护虽然已经做了大量的工作，但在研究水平与保护效果上与国外发达国家相比尚有较大的差距。为此，国家自然科学基金委员会于 1993 年正式将“中国主要濒危植物保护生物学的研究”列为“八五”重大项目，并由我牵头组织全国具有较强实力的科研院所和高等学校共同参加，选择 10 种典型的濒危植物对其进行种群生态学、生殖生物学、遗传多样性等多学科的综合研究，试图揭示导致植物濒危的内在机制与外在因素；构建我国植物保护生物学的理论、方法体系；培养学术队伍；促进植物种群生态学、生殖生物学、遗传多样性等学科发展。经过 5 年努力，该项目已圆满完成，并于 1998 年 4 月通过了国家自然科学基金委员会组织的验收。验收意见认为，该项目达到了国际先进水平(A 级)。其中，由东北林业大学和中国科学院植物研究所共同承担的濒危植物裂叶沙参保护生物学研究，在揭示裂叶沙参的濒危过程和濒危机制方面有许多重要的发现和创新。在此基础上，由祖元刚教授牵头撰写的《濒危植物裂叶沙参保护生物学》全面总结了 5 年来他们在此方面取得的主要研究成果。该专著从裂叶沙参的分类分布、生境特点、形态解剖、大小孢子发育、生殖生态学、传粉生态学、生理生态、遗传多样性、种群模型等多方面系统地阐述了裂叶沙参种群的濒危机制，详细论述了植物物种濒危的过程、原理，丰富和发展了保护生物学的理论，是一部具有重要科学意义和学术价值的研究专著。

我国植物保护生物学工作方兴未艾，任重道远。国家、省、部级此类科研项目已经或正在立题，不少高校新开了生物保护专业，无论科研教学部门还是有关的政府部门都急需一批具有较高学术水平的论著作为参考。该书出版不仅会满足教学科研之急需，而且会大大促进我国保护生物学、植物种群生态学、生殖生态学、分子遗传学等相关学科的发展。祖元刚教授是教育部跨世纪优秀人材培养计划基金获得者，林业部有突出贡献的中青年专家，主要合作者张文辉博士、阎秀峰博士、葛颂博士等均是活跃在我国植物学界优秀的年轻专家。他们多年从事保护植物学工作，理论基础扎实，实践技能娴熟，各人均有不少科研论文、论著发表。相信该书的出版，必然会受到国内外同行和广大读者的欢迎。我企盼该书的尽快出版。

中国科学院院士

洪德元

1999 年 5 月 30 日

前 言

保护生物学是一门近年来新兴的综合性学科。随着人类环保意识的加强，此学科得到了充分的发展。特别是“世界环发大会”召开以来，国际社会对人类社会所面临的生物多样性屡遭破坏、物种不断灭绝的问题给予高度重视，生物多样性保护的研究已成为国际科学界生命科学领域研究的前沿与热点。植物保护生物学是保护生物学的一个主要分支，它研究的对象是植物多样性的保护。植物是生物圈中最基本的组成部分，占整个生物圈有机体的 95%，是人类和动物赖以生存的物质基础。但是，以前的研究多以濒危动物为对象，对濒危植物的研究相对较少；植物保护生物学的理论体系和研究方法也在不断探索之中，需要不断完善；中国是世界上植物多样性最为丰富的国家之一，也是植物多样性受危程度最为严重的国家之一，植物保护生物学研究任务十分繁重。为了在研究领域尽快缩小与发达国家的差距，国家自然科学基金委员会于 1993 年将“中国主要濒危植物保护生物学研究”列为“八五”重大项目，并由洪德元院士主持。我作为该重大项目第一课题的负责人和我的同事们非常荣幸地参加了该项目研究工作。

裂叶沙参是“八五”重大项目所选择的 10 个典型的濒危植物之一，也是我们研究的主要对象。在长达 5 年的裂叶沙参保护生物学的研究中，为揭示裂叶沙参的濒危过程、濒危机制，探索保护生物学的理论和方法，我和我的同事们多次深入青藏高原东部海拔 2300~3600m 的高山峡谷地域，忍受着强烈的紫外线和高山反应，进行了大规模的野外调查和长期定点观测；借鉴国内外最新理论和方法，进行了精心的室内资料分析，终于圆满完成了课题任务书所规定各项任务。并且在研究方法、理论探讨方面作了很多尝试和探索。部分内容已经在国内外有关刊物上发表。1998 年 4 月在国家自然科学基金委员会组织验收项目的时候，我们觉得有责任将研究成果作一较为系统的总结，并及早公之于众，这不仅能促使我们较为系统地总结工作，也能为构建我国濒危植物保护生物学的理论体系和研究方法尽微薄之力。在洪德元院士及自然科学基金“八五”项目专家组同事们的热情鼓励下，我们更感到组织有关人员尽快编著本书的迫切性和重要性。

本书是国家自然科学基金“八五”重大项目——“中国主要濒危植物保护生物学研究”的主要成果之一。是东北林业大学、中国科学院植物研究所多位学者共同参与下对裂叶沙参保护生物学研究主要结果的系统总结。全书以近缘广布种泡沙参为对照，从保护生物学的角度对裂叶沙参的濒危状态、解剖生态、大小孢子发育、生殖生态、遗传多样性、生理生态、种群动态模型等多方面进行了多学科综合分析及宏观与微观结合的研究，提出了保护的对策和建议。全书共 10 章：第 1~2 章综述了保护生物学的发展历史、研究现状，以及裂叶沙参的生存条件；第 3~4 章比较研究了裂叶沙参和泡沙参根、茎、叶形态解剖特征及其适应和大小孢子、胚胎发育；第 5~6 章比较分析了裂叶沙参和泡沙参的生殖生态学特性、生活史及传粉生态学规律；第 7 章在同工酶水平上分析了裂叶沙参和泡沙参的遗传变异及群体遗传结构；第 8 章研究了裂叶沙参和泡沙参光合蒸

腾等生理生态习性及其适应机制；第 9 章应用分形模型、Leslie 矩阵模型、时间序列模型、IRM 模型、CTM 模型对裂叶沙参种群空间分布格局、数量动态、生理生态及外界致危因素等进行了多方面的预测、模拟和综合分析；第 10 章论述了植物物种濒危的原理、内外致危因素、拯救解危对策和措施。

本书各章节主要内容承蒙国家自然科学基金“八五”重大项目——“中国主要濒危植物保护生物学研究”项目组多位专家审查，特别是中国科学院植物研究所的洪德元院士、陈伟烈教授，武汉大学的陈家宽教授，江苏省植物研究所的贺善安教授，北京大学的尤瑞麟教授，中国科学院成都生物研究所的李朝銮教授，烟台师范学院的申家恒教授，东北林业大学的聂绍荃教授等提出了许多宝贵意见，有些专家还惠赠了珍贵的资料。在此向各位专家、教授表示衷心的感谢。

本项研究承蒙国家自然科学基金“八五”重大项目资助，本书出版承国家科学技术学术著作出版基金的资助。在此深表谢意。

感谢王文杰、颜廷芬、颜廷珍、李立芹同志，他们为本书清绘了部分图稿，并协助校对了部分文稿。

限于作者的水平，书中难免有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

祖元刚

1999 年 6 月 1 日于哈尔滨

目 录

序

前言

1 绪 论	1
1.1 保护生物学与生物多样性	1
1.2 生物多样性的价值	3
1.3 保护生物学的诞生	4
1.4 保护生物学的结构与特征	4
1.5 保护生物学的现状	6
1.6 保护生物学的未来研究	7
1.7 生物多样性的危机及人类所面临的任务	8
1.7.1 生物多样性面临空前危机	8
1.7.2 植物多样性在生物圈中的作用及与人类生存的关系	9
1.7.3 植物生存受到的威胁及致危因素分析	9
1.7.4 对珍稀濒危植物保护的认识与分析	11
1.8 濒危植物的概念及认定	13
1.8.1 濒危植物的概念	13
1.8.2 IUCN 濒危等级标准(IUCN 1994)	14
1.9 濒危植物保护生物学的研究方法	17
1.9.1 以种群为单位,以群落和生态系统为背景	17
1.9.2 近缘广布种和濒危种的对比研究,抓住濒危的主要环节	18
1.9.3 多学科的参与和合作	18
1.10 我国植物保护工作的现状和成就	20
1.11 裂叶沙参与其近缘种的研究现状	21
1.12 本项研究的指导思想和目的	22
2 地理分布及自然环境条件	24
2.1 裂叶沙参地理分布	24
2.2 地质地貌	25
2.2.1 地质构造	25
2.2.2 地形地貌	27
2.3 土壤	28

2.3.1	主要母质类型分布及特征	28
2.3.2	土壤形成过程	30
2.3.3	土壤分布规律	31
2.4	气候	32
2.4.1	气温年较差小、日较差大, 春秋季变化大, 气候带明显	33
2.4.2	降水比较充沛, 干湿季节明显	33
2.4.3	日照充足, 太阳辐射强烈	34
2.4.4	相对湿度小, 蒸发量大, 空气比较干燥	34
2.4.5	灾害性天气较为频繁	34
2.5	森林植被	34
2.5.1	主要森林区系组成及区系特点	34
2.5.2	主要森林植物类型及地理分布	35
2.5.3	森林植被的主要特征及其基本规律	37
2.6	裂叶沙参主要的生物学与生态学特性	38
2.6.1	个体生物学特性	38
2.6.2	群落学特点	39
2.7	对裂叶沙参种群影响的主要危害因素	40
2.7.1	频繁的地震、滑坡和泥石流的危害	40
2.7.2	干旱和灾害性天气的危害	41
2.7.3	人为干扰与破坏	41
2.7.4	病虫及野生动物的危害	42
3	解剖生态学	43
3.1	材料与方法	43
3.1.1	取样地点的自然概况	43
3.1.2	植物材料	44
3.1.3	实验方法	44
3.2	结果分析	45
3.2.1	叶	45
3.2.2	茎	46
3.2.3	根	49
3.2.4	种子	50
3.3	小结与讨论	51
4	生殖生物学	53
4.1	材料和方法	53
4.2	花的生物学特性	53
4.3	花的形态特征	53

4.4	大、小孢子发生及雌、雄配子体发育	54
4.4.1	小孢子囊及小孢子发生	54
4.4.2	雄配子体的形成	54
4.4.3	大孢子囊及大孢子发生	57
4.4.4	雌配子体的形成	57
4.4.5	珠被绒毡层	57
4.5	受精作用及胚乳形成和胚胎发育	59
4.5.1	受精作用	59
4.5.2	胚乳发育	59
4.5.3	胚胎发生	61
4.5.4	种皮	61
4.6	结论	61
5	生殖生态学	63
5.1	植物生殖生态学的研究现状	63
5.2	裂叶沙参开花结实习性的特征	66
5.2.1	裂叶沙参种群开花结实的物候规律	67
5.2.2	裂叶沙参与泡沙参种群花果的空间结构和数量特征比较	67
5.2.3	裂叶沙参与泡沙参种群果实和种子特性对照分析	69
5.2.4	不同海拔区间裂叶沙参种群开花结实习性对照分析	71
5.3	种群生殖值表的对照分析	73
5.3.1	生殖值表的编制方法	73
5.3.2	裂叶沙参种群(总和)生殖值表及其分析	75
5.3.3	泡沙参种群(总和)生殖值表及其各参数与裂叶沙参种群(总和)的对照分析	76
5.3.4	不同海拔区间裂叶沙参种群生殖值比较分析	78
5.4	种群生殖分配(RA)的对照分析	81
5.4.1	生殖分配的概念	81
5.4.2	裂叶沙参种群终生生殖分配的一般趋势	82
5.4.3	泡沙参种群终生生殖分配的一般趋势	82
5.4.4	裂叶沙参和泡沙参种群(总和)生殖分配(RA)的比较和分析	83
5.4.5	不同海拔区间裂叶沙参种群的生殖分配差异及分析	84
5.4.6	裂叶沙参种群在一个生长季中的生殖分配	85
5.4.7	裂叶沙参种群生殖分配与环境因子的关系	86
5.5	裂叶沙参种群横走茎及无性繁殖特性	89
5.5.1	裂叶沙参芦头、横走茎的形态结构及发育过程	90
5.5.2	横走茎的形态及无性系小株产生方式	90
5.5.3	裂叶沙参种群横走茎扩散方式	91
5.5.4	裂叶沙参种群的潜伏芽及其分蘖生长	94

5.6 种群生活史对照分析	96
5.6.1 裂叶沙参种群生活史(以 1 个单株为例)	96
5.6.2 泡沙参种群的生活史(以 1 单株为例)	97
5.6.3 裂叶沙参与泡沙参种群生活史比较分析	99
6 传粉生态学	100
6.1 传粉生态学的研究现状	100
6.1.1 蜂类传粉	100
6.1.2 甲虫类传粉	101
6.1.3 哺乳动物传粉	101
6.1.4 水媒传粉	102
6.1.5 风媒传粉的定量研究	102
6.1.6 我国传粉生物学研究现状	103
6.2 花的生物学特性	103
6.2.1 花的微观结构	104
6.2.2 雌雄蕊的发育过程及微观特征	104
6.2.3 花粉粒的微观特点	105
6.2.4 泡沙参与裂叶沙参花的生物学特性差异及分析	105
6.3 传粉昆虫的行为特征及携粉部位	106
6.3.1 食蚜蝇科(Syrphidae)的访花昆虫行为特征及携粉部位	107
6.3.2 蜜蜂科(Apidae)的访花昆虫行为特征及携粉部位	109
6.4 昆虫访花频率综合分析	111
6.5 控制授粉实验及分析	115
6.5.1 取掉花萼、花冠实验	115
6.5.2 改变花气味的实验	115
6.5.3 排除风媒及虫媒的实验	116
6.5.4 仅排除虫媒的实验	116
6.5.5 泡沙参与裂叶沙参控制授粉实验差异及分析	116
6.6 裂叶沙参与泡沙参传粉机制的综合分析	117
6.7 初步结论	119
7 遗传多样性	121
7.1 遗传多样性研究概述	121
7.1.1 遗传多样性的基本概念和起源	121
7.1.2 遗传多样性的表现层次和检测方法	122
7.1.3 研究遗传多样性的意义	124
7.1.4 稀有和濒危植物的遗传多样性研究	127
7.2 本研究所采用的方法	131

7.2.1	实验材料和群体采样	131
7.2.2	形态性状的变异及其研究方法	132
7.2.3	酶电泳实验	134
7.2.4	数据处理	135
7.3	裂叶沙参和泡沙参遗传多样性的对比研究	136
7.3.1	形态学水平	136
7.3.2	酶位点的遗传分析	139
7.3.3	等位酶水平的变异	141
7.3.4	裂叶沙参的遗传多样性及其与濒危之间的关系	147
8	生理生态学	149
8.1	实验设计和研究方法	149
8.1.1	实验设计	150
8.1.2	研究方法	153
8.2	裂叶沙参的光合蒸腾特性	154
8.2.1	炭厂沟样线裂叶沙参的光合蒸腾特性	154
8.2.2	八角碛样线裂叶沙参的光合蒸腾特性	156
8.3	裂叶沙参的光合蒸腾特性与环境因子相关性分析	157
8.3.1	炭厂沟样线裂叶沙参光合蒸腾特性与环境因子相关性分析	158
8.3.2	八角碛样线裂叶沙参光合蒸腾特性与环境因子相关性分析	162
8.4	裂叶沙参的光合蒸腾特性日进程	164
8.4.1	炭厂沟样线裂叶沙参的光合蒸腾特性日进程	165
8.4.2	八角碛样线裂叶沙参的光合蒸腾特性日进程	168
8.5	裂叶沙参和泡沙参光合蒸腾特性的比较	170
8.6	裂叶沙参和泡沙参光合蒸腾特性与环境因子相关性的比较	174
8.7	裂叶沙参和泡沙参光合蒸腾特性日进程的比较	175
8.8	裂叶沙参濒危机制的生理生态学分析	178
8.8.1	不同海拔高度样点裂叶沙参光合蒸腾特性差异的原因分析	178
8.8.2	测定的光合蒸腾特性与光合净积累的关系	179
8.8.3	裂叶沙参致濒因素的初步分析	180
9	种群动态模型	182
9.1	种群生态学研究现状及模型选择	182
9.1.1	种群生态学研究发展史	182
9.1.2	模型选择	188
9.2	种群空间结构的分形分析	189
9.2.1	分形理论及其适用性	189
9.2.2	裂叶沙参种群分布格局分形特征的分析	198

9.3 裂叶沙参与泡沙参种群的 Leslie 矩阵对照及分析	205
9.3.1 Leslie 矩阵的计算方法	205
9.3.2 数据来源和处理	207
9.3.3 裂叶沙参种群的 Leslie 矩阵	207
9.3.4 泡沙参种群的 Leslie 矩阵	213
9.3.5 裂叶沙参与泡沙参种群 Leslie 矩阵预测结果对照分析	215
9.4 时间序列预测及分析	215
9.4.1 时间序列预测的概念	215
9.4.2 移动平均法的原理及计算方法	216
9.4.3 数据来源及处理	217
9.4.4 裂叶沙参种群(总和)动态时间序列预测	217
9.4.5 不同海拔区间裂叶沙参种群动态时间序列预测	218
9.4.6 泡沙参种群(总和)动态时间序列预测及其与裂叶沙参种群(总和)对照分析	222
9.4.7 对时间序列分析和 Leslie 矩阵在种群数量动态预测中的评价	223
9.5 IRM 模型的预测评估及分析	224
9.5.1 引言	224
9.5.2 IRM 模型的理论	225
9.5.3 IRM 模型的具体内容	226
9.5.4 IRM 模型的建模	229
9.5.5 濒危植物——裂叶沙参生长的 IRM 模型	229
9.5.6 IRM 模型的评价	234
9.6 CTM 模型对种群致危因素综合分析及预测	234
9.6.1 引言	234
9.6.2 CTM 的数学原理	235
9.6.3 裂叶沙参种群濒危过程及保护的 CTM 模型	237
9.6.4 模拟预测方案	243
9.6.5 综合分析	248
10 濒危植物的致危机制、解危措施和保护对策	250
10.1 对濒危植物涵义的进一步认识	250
10.2 濒危植物的受危表现	251
10.3 濒危植物的致危因素	251
10.3.1 内在致危因素	251
10.3.2 外部致危因素	252
10.4 濒危植物的致危机制	258
10.4.1 致危机制的一般原理	258
10.4.2 裂叶沙参种群的致危机制	265
10.5 濒危植物的解危措施	268

10.5.1 就地保护	268
10.5.2 迁地保存	269
10.5.3 恢复残存种群	269
10.5.4 离体保存基因库	269
10.5.5 归化自然	270
10.6 濒危植物的保护对策	270
10.6.1 加快濒危植物保护规划的制定	271
10.6.2 加强濒危植物的科学研究	271
10.6.3 加速濒危植物保护的法制建设	272
10.6.4 加大濒危植物开发利用的力度	272
参考文献	274

1 绪 论

在近 20 年内, 公众对世界植物和动物物种保护的关注不断增强。科学家和普通民众都已领悟到我们正生活在一个动、植物物种空前大量灭绝的时代。在全球范围内, 经历了千百万年发展的生物群落正在被人类所破坏, 如果它们的生境和群落不受到保护, 可能会导致数百万种植物和无脊椎动物灭绝。它们的灭绝对地球和人类而言将是极大的灾难。现今对环境破坏的主要原因是人为因素造成的, 如皆伐温带过熟林和热带雨林、过度放牧、湿地排水以及污染淡水和海洋生态系统。引起灭绝的另一原因是樵采植物和捕猎动物, 特别是采用现代技术手段作业, 以供应国内和国际市场。对物种存在的生境进行保护, 减少人为破坏, 减少污染, 可以防止残存物种的灭绝。

1.1 保护生物学与生物多样性

延续性与多样性是生命的两大基本特征。生命的延续性指地球上的生命形式从低级到高级、从原始类型到复杂类型, 都具有自我复制、繁衍再生的能力。

生物多样性是生物及其与环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的总和, 包括动物、植物、微生物和它们所拥有的基因以及它们与其生存环境形成的复杂的生态系统。它是生命系统的基本特征。生命系统是一个等级系统(hierarchical system), 包括多个层次或水平——基因、细胞、组织、器官、个体、种群、物种、群落、生态系统、景观。每一个层次都具有丰富的变化, 即都存在着多样性。但在理论与实践上较重要、研究较多的主要有基因多样性(或遗传多样性)、物种多样性和生态系统多样性。现在, 人们往往把生物多样性视为生命实体本身, 而不仅仅看作是生命系统的重要特征之一。人类文化的多样性也可被认为是生物多样性的一部分。正如遗传多样性和物种多样性一样, 人类文化的一些特征表现出人们在特殊环境下生存的策略。通常人们所指的生物多样性包括 3 个层次, 即遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性。

遗传多样性指生物体内决定性状的遗传因子及其组合的多样性, 它决定其他两个层次的生物多样性。生物遗传的物质基础是脱氧核糖核酸(DNA)及核糖核酸(RNA)。一个哺乳动物的一个单倍基因组(haploid genome)约有 3×10^9 个核苷酸对, 相当于 300 万个基因(刘祖洞 1991)。每个基因都可能参与性状控制, 或者是一个基因起主导作用, 或是多个基因协调控制一个性状。同一个基因位点可能存在着多个等位基因, 这些等位基因可以分离重组, 于是产生了丰富多样的基因型。另一方面, 基因可能发生突变, 例如, 一个人类基因位点的突变率为 $1/100\,000$ 。基因突变增加了遗传多样性。由于遗传学研究生物的遗传变异, 因此, 保护生物学与遗传学有着密切的关系。但是, 保护生物学者更关心物种中基因位点杂合度、近交和杂交引起的物种进化适合度(evolutionary fitness)的变化以及小种群中的遗传多样性的变化等。

种内的多样性是物种以上各水平多样性的最重要来源。遗传变异、生活史特点、种

群动态及其遗传结构等决定或影响着一个物种与其他物种及其环境相互作用的方式。而且,种内的多样性是一个物种对人为干扰进行成功反应的决定因素。种内的遗传变异程度也决定其进化的潜势。所有的遗传多样性都发生在分子水平,并且都与核酸的理化性质紧密相关。新的变异是突变的结果,自然界中存在的变异源于突变的积累,这些突变都经受过自然选择,一些中性突变通过随机过程整合到基因组中,上述过程形成了丰富的遗传多样性。

遗传多样性检测的方法随着生物学,特别是遗传学和分子生物学的发展而不断提高和完善,从形态学水平、细胞学(染色体)水平、生理生化水平逐渐发展到分子水平。从形态学或表型性状上检测遗传多样性是最经典也是最简单易行的方法。通常所利用的表型性状主要有两类,一是符合孟德尔遗传规律的单基因性状,另一类是根据多基因决定的数量性状。染色体多态性主要从染色体数目、组型及其减数分裂时的行为等方面进行研究;蛋白质多态性一般通过两种途径分析,一是氨基酸序列分析,一是同工酶或等位酶电泳分析,后者应用较为广泛。DNA 多态性主要通过 RFLP(限制片段长度多态性)、DNA 指纹(DNA fingerprinting)、RAPD(随机扩增多态 DNA)等技术进行分析。

物种多样性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、特有性等)、形成、演化、分布格局及其维持机制等。生态学中的物种多样性则是对生物群落组织化水平的度量,与此处的物种多样性即生物多样性物种水平的多样性有所不同。

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。遗传多样性损失常常是人们肉眼所不可见的,然而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,只是没有被记录下来。目前已记录的生物物种为 140~170 万种,其中一半以上的物种分布在热带地区。据 E. O. Wilson 1992 年的统计资料,目前全球已记录的生物为 141.3 万种,其中昆虫 75.1 万种,其他动物 28.1 万种,高等植物 24.84 万种,真菌 6.9 万种,真核单细胞有机体 3.08 万种,藻类 2.69 万种,细菌 0.48 万种,病毒 0.1 万种。估计全世界生物总数在 200 万种至 1 亿种之间。因此,分类学家在物种分类和编目方面面临着艰巨的任务。

物种多样性的测度有多种方法,但一般多采用物种丰富度指数(species richness index),即一定区域内生物种的数目来测定。在此基础上,还尽量考虑物种的质量特征。首先,物种之间亲缘关系的远近也表明一种“距离”或差异,从一个方面反映多样性的程度,如一个有 2 种蛇和 1 种鸟的岛屿的多样性应高于一个只有 2 种蛇的岛屿,即考虑分类学多样性(taxonomic diversity)。其次,由于不同生物类群的研究基础有很大差异,实践中往往选择易于鉴定且意义较大的类群进行测度,而不可能包括所有的生物类群。一般先选择维管束植物、哺乳动物和鸟类,然后选择其他的脊椎动物、大型无脊椎动物、苔藓、地衣、藻类和真菌等,很少包括土壤生物在内。此外,物种多样性测度还应考虑不同物种量的差异,即物种的相对多度。

对大多数生物类群而言,物种丰富度指数在空间上表现出从两极向热带不断增加的规律。物种多样性还受到当地地貌、气候和环境的影响,同时也会打上地质历史变迁的烙印。一般说来,热带雨林、珊瑚礁、大型的热带湖泊(甚至可能包括深海)是物种多

样性最丰富的生境。

物种之间存在着相互作用,如猞猁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,称之为生物群落。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)方面的多样性。从物种组成方面研究群落的组织水平或多样化程度的工作已有较长的历史,方法也比较成熟。物种多样性只是时间流中生物群落内物种集合的一个横截面。当生态环境或内部结构变化时,生物群落中的物种组成,即物种多样性会发生变化,最终导致整个生物群落的动、植物组成成分更换,这一过程称之为演替。除了在生态时间尺度内生物多样性会变化以外,在地球上不同的生态地理环境中,由于太阳辐射、降水、氧分压、蒸发强度等因素的差异,发育着不同的生态系统:如冻原、北方针叶林、落叶阔叶林、常绿阔叶林、热带雨林、高山草原和荒漠等。这种物种集合的空间多样性称为生态系统多样性,即生物圈内生境、生物群落和生态过程的多样化以及生态系统内生境差异、生态过程变化的多样性。

生物多样性是生命系统的基本特征。生物圈的结构和功能取决于生物多样性的状态。以遗传杂合性下降为表征的遗传多样性损失,可能降低物种的生存力。物种灭绝使物种多样性降低,物种多样性和生态环境变化又影响生态系统多样性。因此,保护生物学与生物多样性密切相关,从某种意义上说,保护生物学是研究生物多样性保护的科学,即研究从保护生物种及其生存环境着手来保护生物多样性的科学。

1.2 生物多样性的价值

生物多样性有其利用价值和内在价值。生物多样性的利用价值可分为直接利用价值、生态价值、科学价值和美学价值四大类。

生物多样性的直接利用价值指生物资源有可供人类消费的作用,如作为食物、燃料、建材等。目前人们仅仅利用了生物界的一小部分,许多野生动植物还有待驯化,以培育新的作物和家畜品种;许多野生乔木可以筛选速生树种,更多的野生动植物利用价值还在不断地被发现之中。例如,中国西双版纳生长着一种叫铁刀木(*Cassia siamea*)的速生树,当地居民间隔一定时间砍取铁刀木的枝条作燃料,留下树干发枝,解决了当地的能源问题,持续利用了生物资源。又如,中国传统中药材多取材于野生动、植物,中国著名植物学家蔡希陶教授等曾发现了抗癌植物——云南美登木(*Maytenus hookeri*)。近年来,分布在中国长江以南的我国特有树种——喜树(*Camptopheca acuminata*)其体内含有的喜树碱及其系列衍生物,对胃癌、直肠癌、膀胱癌等多种癌症和艾滋病有较好的疗效,被称为 21 世纪首选抗癌药物。可以预言,人们将不断发现许多野生动、植物新的使用价值。

生物多样性的生态价值指的是其维持生物圈稳定的功能。绿色植物通过光合作用呼出氧气、吸入二氧化碳,维持了大气成分的相对稳定。土壤中的分解者——真菌、微生物和土壤动物分解死去的植物和动物,清除有机垃圾,是生物圈物质循环中不可缺少的一环。森林和草地截留降水,保持水土。因此,生物多样性的生态价值常常是难以定量估计的。