

# 生物多样性编目和监测的进展\*

贺金生 马克平

(中国科学院植物研究所, 北京 100093)

**摘要** 生物多样性编目是指对基因、个体、种群、物种、生境、群落、生态系统、景观或它们的组成成分等实体进行调查、分类、排序、数量化和制图, 并对这些信息进行分析或综合的过程; 生物多样性监测是随着时间和空间的变化对生物多样性的反复编目, 它所反映的是生物多样性的变化。本文对编目和监测的意义、程序、原则、理论基础和方法进行了介绍, 同时综述了该领域的进展。随着科技的发展, 一些新技术如 3S 技术和 GAP 分析方法在生态系统和景观编目方面得到了较广泛的应用。

**关键词** 生物多样性 编目 监测

随着全球范围对人类活动引起的生物多样性丧失的广泛认识, 生物多样性保护已深入人心。一些国际公约, 如《生物多样性公约》和《二十一世纪议程》, 都要求缔约国对其生物多样性进行编目和监测 (Heywood, 1995; 陈灵芝等, 1997)。由国际生物学联盟 (IUBS)、联合国教科文组织 (UNESCO) 和国际地圈—生物圈计划 (IGBP) 等国际组织共同参与的国际生物多样性科学项目 DIVERSITAS 把“生物多样性的编目与分类”、“生物多样性的监测”作为 5 个核心内容 (Core Program Elements) 中的 2 个 (陈灵芝等, 1997)。生物多样性研究在很大程度上依赖于编目和监测的结果, 而这是一项任务繁重的工作。因此, 随着对生物多样性的深入研究, 编目和监测显得尤为重要。本章将从生物多样性编目和监测的概念和意义、程序与原则、理论基础和方法以及进展等方面对生物多样性的编目和监测进行讨论。

## 1 编目和监测的概念及意义

### 1.1 编目和监测的概念

生物多样性编目 (Inventory) 是指对基因、个体、种群、物种、生境、群落、生态系统、景观或它们的组成成分等实体 (Entity) 进行调查、分类、排序、数量化和制图, 并对这些信息进行分析或综合的过程 (Heywood, 1995)。编目的结果不仅仅是一个包含种名及其数量的一个名录, 也包括它们在系统学、生态学、生物地理及管理方面的广泛应用。因此, 生物多样性编目尽管与分类学关系极为密切, 但不能认为编目就是分类。实际上分类只是编目在物

---

\* 国家自然科学基金“九五”重大项目(39893360)资助, 陈灵芝先生审阅了全文并提出宝贵意见, 陈伟烈先生提出重要参考意见, 特此致谢。

种水平上的部分内容。

生物多样性监测 (Monitoring) 是指为确定与预期标准相一致或相背离的程度而对生物多样性进行的定期或不定期的监视 (Surveillance) (Hellowell, 1991)。Goldsmish (1991) 则定义监测是在一定的目的下为反映某个或多个特定参数的变化而进行的活动。从本质看, 生物多样性监测是随着时间和空间的变化对生物多样性的反复编目, 它所反映的是生物多样性的变化。

编目解决的是一些基础科学问题, 如生物多样性的格局, 物种多样性与环境的关系, 而监测反映的是变化, 它对生物多样性的管理提供依据, 如对某一地区的保护措施是否有效, 某特定物种是否解除濒危状态等。

由于生物多样性编目和监测的密切关系, 以及它们在方法上的相似性, 本文把编目和监测一并来讨论。

## 1.2 不同层次上的编目和监测

习惯上认为生物多样性由 3 个层次组成, 即遗传多样性、有机体多样性、生态多样性 (马克平, 1993), 也应该加上文化多样性 (Heywood, 1997)。图 1 提供了一个非常实用的框架, 生物多样性的编目和监测也就在这 3 个层次的各自等级上进行。有时因为目的的不同, 可能重点突出某一个等级。从表 1 可以看出种群 (分类学上称为居群) 是 3 个层次的组分, 但无论在哪个层次上它都是最难操作的 (Heywood, 1997)。

|   |                                     |   |
|---|-------------------------------------|---|
| <b>生态多样性</b><br>(Ecological diversity)        |                                     | <b>有机体多样性</b><br>(Organismal diversity) |
| 生物群区 (biomes)                                 |                                     | 界 (kingdoms)                            |
| 生物区 (bioregions)                              |                                     | 门 (phyla)                               |
| 景观 (landscapes)                               |                                     | 科 (families)                            |
| 生态系统 (ecosystems)                             |                                     | 属 (genera)                              |
| 生境 (habitats)                                 | <b>遗传多样性</b><br>(Genetic diversity) | 种 (species)                             |
| 生态位 (niche)                                   | 群体 (populations)                    | 亚种 (subspecies)                         |
| 种群 (populations)                              | 个体 (individuals)                    | 居群 (populations)                        |
|   | 染色体 (chromosomes)                   | 个体 (individuals)                        |
|   | 基因 (genes)                          |   |
|   | 核苷酸 (nucleotides)                   |   |
| 文化多样性 (Cultural diversity): 人类与生物多样性各个层次的相互作用 |                                     |   |

图 1 生物多样性的组成及层次 (参照 Heywood, 1995)

物种多样性的编目和监测是生物多样性三个层次中最容易理解和操作的一个层次。通常用一定区域内物种的总和作为该区域物种多样性的度量 (贺金生等, 1997)。地球上已描述的生物种类约为 175 万种, 而估计的物种总数在 363.5 万~11095.5 万种之间 (Hammond, 1995), 一些物种在人类还未认识之前就可能已经灭绝了 (Raven & Wilson, 1992)。现在面临的事实是编目和监测多倾向于那些已知或认为可能对人类有价值或危害的物种, 对一些类群如病毒、细菌、真菌、原生动物、藻类及线虫等还所知甚少 (Heywood, 1997)。物种多样性的编目和监测任务仍很艰巨。

生态多样性的编目和监测一般在生态系统和景观水平上进行, 这样做的优点是容易记录和操作, 容易监测人类活动引起的生态系统和景观的变化趋势, 并且在生物多样性保护和持

续利用等方面有重要意义。但生态系统和景观不象物种那样有普遍接收的较严格的等级系统,也没有像“物种”那样的等级单元,这给编目和监测带来了较大的困难。尽管已经有多个全球陆地生物群区(Biome)、生态系统类型的分类系统,如 Cox & Moore (1993)、Bailey & Hogg (1986)、Olsen *et al.* (1983)、Udvardy (1975) 及 Holdridge 的生命地带系统(1967),但都是根据气候变量预测地带性顶极植被类型的分布情况,而人类活动已经改变了地带性植被的格局。生态系统和景观编目的困难还在于它们是处于明显的动态变化过程之中,这就要求编目要反复进行才能反映真实情况,这就是所谓的生态系统和景观多样性的监测。

遗传多样性的编目和监测是生物多样性的 3 个层次中最薄弱的,这很大程度上是由于缺乏普遍接受的和快速有效的监测手段(Heywood, 1997)。对大多数物种来说,遗传变化的程度是不清楚的(葛颂, 1997; 胡志昂等, 1997)。遗传多样性的研究也局限在那些家养动植物及其野生近缘种、珍稀濒危物种及农业和工业微生物(FAO, 1996)。农业生物多样性(Agrobiodiversity)这个词用来指可以用在农业及食品生产方面的生物多样性组分(Component of biodiversity)。FAO (1996) 对全球农业生物多样性中的植物遗传资源的现状进行了评述,覆盖了全球 154 个国家(FAO, 1996)。尽管对大多数物种的遗传多样性知之甚少,但由于人类活动的影响,也存在着严重的遗传丧失(Genetic erosion),尤其是农业生物多样性的丧失(Boyle & Lenne, 1997)。因此对遗传多样性,特别是农业遗传多样性的监测显得非常重要。

### 1.3 编目和监测的意义

生物多样性编目和监测最主要的目的是为管理者服务(IUCN, 1995),为他们在保护生物多样性、制定土地利用规划、评价环境影响等问题上提供必要的信息。根据联合国可持续发展委员会(Committee of Sustainable Development, CSD)关于可持续发展指标的压力—状态—响应模式,生物多样性监测必须回答如下问题(Stork *et al.*, 1995): 第一,所监测的目标面临何种压力? 这些压力处于何种程度? 第二,哪些影响生物多样性的因素正在改变或已经改变? 第三,为管理某一监测目标(物种、种群、生态系统)的政策是否起作用? 同时,生物多样性的编目和监测提供了最基本而又最重要的生物学信息,它可应用于一些基础学科,如系统学、生态学、行为生物学等领域;也可应用与一些应用学科,如生物技术、土壤学、农学、林学、渔业、保护生物学及环境科学等方面(Heywood, 1995)。具体来说,这些生物学信息可用于以下几个方面(NRC, 1993; Bridgewater, 1996):

- \* 为认识了解我们所生存的世界而进行的科学研究提供科学基础;
- \* 为现在和将来满足人类需要提供选择的机会;
- \* 为近期和长期的发展规划、政策制定及决策者服务;

在以下几个方面,生物多样性的编目和监测也是非常重要的:

- \* 为生物多样性保护提供科学信息;
- \* 为自然资源的持续管理提供科学依据;
- \* 从野生资源中鉴定选择有经济价值的物种及产品;
- \* 通过从野生资源中筛选鉴定有价值的变异或新种来维持或提高农田生态系统的生产力;
- \* 通过鉴定对人类有害或有益的有机体来提高人类的健康水平;
- \* 通过了解生态系统的过程来维持对人类生存具有重要意义的生态系统服务功能;
- \* 确定人类活动对生物多样性的影响以便采取措施减少对环境的危害;

- \* 认识气候变化及其他形式的自然环境变化的作用和可能影响；
- \* 认识生物多样性的美学价值来保持人类的生存质量。

## 2 编目和监测的程序与原则

生物多样性编目和监测的程序包括项目设计、资料收集、野外调查、鉴定、数据库的建立及数据分析。由于编目和监测在不同时间、空间尺度上进行,因此编目和监测因对象、所需的结果以及所采用的手段不同而不同。长期的项目可能需要很多年,或者几十年。但它无疑能反映出生物多样性是否已经得到了有效保护。空间尺度包括地方、地区和全球性的编目和监测 (Heywood, 1995)。地方性的编目和监测由当地的资源及需要而定,如对保护区、湖泊、湿地、农田、人工林、河口和海岸线内生态系统或生境进行编目和监测;地区性编目和监测包括对一个或多个生态系统、大型河流、海湾和大型海洋生态系统编目和监测;全球性的编目和监测建立在前二者的基础上,采取广泛布点与定向观测相结合的方法 (Heywood, 1995)。

在进行项目设计时,最重要的原则是要把所采取的方法和目标联系起来。现在编目和监测有很多技术和取样方法,如 UNEP (1986)、Goldsmith (1991)、Spellerberg (1991)、Heyer *et al.* (1994)、Paivinen *et al.* (1994) 及 Gimaret—Carpentier *et al.* (1998)。它们从不同的目的、不同的方面和不同的生态系统类型阐述了编目和监测的方法和技术。当研究具体问题,这些方法可能根据实际情况进行一些修正,但是一定要考虑到和其他类似的研究进行对比和交流的可能性,即使现在还没有这方面的计划和设想。如果能和其他地区或其他时间的结果相比较,就大大提高了编目和监测的价值。相反如果方法不标准,也就失去了编目和监测的真正意义。

项目设计的第二个原则是要考虑到数据处理的统计方法。编目和监测数据,有一些是定性数据,如象稀少、常见和丰富,有一些是定量数据,如密度和盖度等。定性数据虽然简单和容易获得,但不适合作为监测数据,也不适合统计分析 (Paivinen *et al.*, 1994)。在取样调查时,也要考虑到样方大小、取样强度及取样方式。在进行编目和监测之前,要认真查阅一些国内外同类工作的标准和方法,如 Paivinen *et al.* (1994), Schreuder *et al.* (1993) 及 Dallmeier 和 Comiskey (1998) 等文献。

项目设计的第三个原则是选择好一些基本数据 (Baseline data) 作为编目和监测数据,这是项目成功与否的关键 (Heywood, 1995)。这包括生物数据 (Biotic data)、非生物数据 (Abiotic data) 及与人类活动有关的数据 (Human-related data)。

生物多样性编目和监测是需要巨大的人力和经济投入,因此在编目和监测过程中要充分利用已有的数据。这要尽可能收集和利用有关区域和类群的已发表和未发表的资料,包括各类分类学论文、专著、地方志、采集记录、标本鉴定记录、动植物贸易记录和个人交流资料等,充分利用标本馆和博物馆,从中可以得到某一方面的资料。这些资料本身具有历史价值,可以知道物种的兴衰,对一些方面如外来种等,具有监测价值 (New, 1994)。

## 3 生物多样性编目和监测的理论基础和方法

生物多样性表现在从基因到生态系统的不同层次上,它们在编目和监测的理论和方法上

差异很大。下面将根据常见的层次分别论述。

### 3.1 遗传多样性的编目和监测

遗传多样性主要是指种内不同群体之间或同一群体内不同个体的遗传变异的总和（施立明等，1993）。目前监测遗传多样性的方法主要有以形态学性状为主的表型分析和分子水平的监测（葛颂，1997；胡志昂等，1994；潘莹等，1998；Parker *et al.* 1998；Heywood，1995；）。分子水平上监测遗传多样性的方法很多，包括等位酶（Allozyme）分析、限制性片断长度多态性（RFLP）分析、随机扩增多态 DNA（RAPD）分析和 DNA 序列分析等（葛颂，1994；胡志昂等，1994；Avise，1994）。Templeton（1995）及 Parker *et al.*（1998）对监测遗传多样性的方法进行了评述。

实际上，所有遗传多样性编目涉及的都是监测遗传变型（Genetic variants），定性定量调查它们在物种内或居群内的分布情况（Avise，1994）。首先也是从采样开始，这一点和物种编目相似。对于植物样品来说也需要采集凭证标本，而对于动物来说，样品可能是血液，这就需要其他方式来进行确证，如照相、测量和描述等。

根据文献 Hillis & Moritz（1990）、Baverstock & Moritz（1990）、Avise（1994）、Heywood（1995）、Templeton（1995）及黄宏文（1998）可以把遗传多样性编目的内容及应用大致综合为：

居群内个体间：①居群内遗传变异的大小；②居群内个体间的血统关系；③居群内的交配制度；④居群内是否存在近亲交配以及怀疑近交衰退（Inbreeding depression）的理由；⑤个体性别不均（Sex-biased）扩散的遗传效应；⑥具有迁移特性的个体的地理起源。

居群和物种：①一个物种内是否存在在遗传方面具有明显特征的进化谱系（Genetically distinct evolutionary lineages）；②居群间遗传分化的程度如何；③生物地理与遗传分化的关系；④居群间基因流（Gene flow）程度如何。

不同物种间的比较：①物种间系统发育的关系；②物种间遗传分化的程度；③关系密切的物种之间个体或居群是否可以明显区分；④物种间分化的相对年代。

由于研究方法和监测手段的原因，遗传多样性的研究主要集中在具有重要经济价值和保护价值的物种及群落的优势种，如大熊猫（*Ailuropoda melanoleuca*）、金丝猴（*Rhinopithecus sp.*）、长臂猿（*Hylobates sp.*）、牛（*Box sp.*）、马（*Equus caballus*）、猪（*Sus sp.*）、鸡（*Gallus domestica*）、野生大豆（*Glycine soja*）、野生稻（*Oryza sp.*）、野生燕麦（*Elytrigia sp.*）、银杉（*Cathaya arhyrophylla*）、辽东栎（*Quercus wutaishanica*）等（胡志昂等，1997；谭光轩等，1998）。我国在大熊猫遗传多样性的研究方面达到了国际水平，蛋白质电泳结果表明，大熊猫群体杂合度很低，提示群体内可能存在严重的近交。DNA 分析结构也进一步证明大熊猫的遗传多样性程度十分低下，这可能是其难以适应外界影响从而衰退致危的重要原因（张亚平等，1997）。

很多人类活动对种群的基因一代一代相传的过程产生影响，这主要通过遗传多样性的改变（通常是降低）或对特异等位基因频率的改变产生作用，前者主要是由于种群大小降低、迁移和重组的增加造成的，后者主要是系统选择压力造成的（Brown，1992）。一些人类赖以生存的家养动植物也面临这样的危机。因此对具有重要经济价值的物种及其野生近缘种进行遗传多样性编目和监测，是当前遗传多样性研究的重要内容（Maxted *et al.*，1997）。

### 3. 2 物种多样性的编目和监测

物种多样性是指生物多样性在物种水平上的表现形式(贺金生等, 1997), 但是在实际操作和运用过程中, 它包含的内容非常丰富。物种多样性的编目和监测既包括一定区域内所有物种(从病毒到大树)的编目和监测, 即全物种生物多样性编目(All Taxa Biodiversity Inventory, ATBI)(Janzen & Hallwachs, 1994), 也包括对一些关键种、外来种、指示种、重点保护种等的编目和监测, 因此本文参照 Heywood (1995) 的方法, 划分为单一物种和多类群的编目和监测。在种群水平上的编目和监测也作为物种多样性编目和监测的内容。

#### 3. 2. 1 种群的编目和监测

种群水平上的编目和监测, 对保护生物多样性, 特别是在追踪濒危物种的变化方面具有重要意义。在 IUCN 的红色名录(Red List Categories)(IUCN, 1994)中, 种群状态和种群下降率(Rate of decline)是作为极危(Critically endangered)、濒危(Endangered)和易危(Vulnerable)分类的重要指标之一。种群动态信息也是对小种群进行最小存活种群(Minimum Viable Population, MVP)和种群生存力分析(Population Viability Analysis, PVA)的重要依据。

种群的编目和监测包括二方面的内容: 一是指在特定时间和特定地方种群的内禀增长率、平衡(Population equilibrium)时的种群大小、不同年龄和性别的个体的结构, 这是种群编目的内容; 二是指随着时间和空间种群的动态变化, 包括出生率、死亡率、迁入、迁出及基因频率(Gene frequencies)的变化等, 这是种群监测的内容。

种群编目和监测的方法随着研究目的及所研究种群的生物学特性不同而差异较大, 不同类群有不同的调查方法, 如鸟类可参照 Koskimies & Vaisanen (1986) 和 Bibby *et al.* (1992), 两栖类可参照 Heyer *et al.* (1994), 植物可参照 Kershaw (1973)、Greig-Smith (1983)、Austin (1998) 及 Dallmeier 和 Comiskey (1998) 等文献。这些都是比较经典的文献, 虽然近年来研究进展非常快, 但调查方法都还是经典方法。

相对动物来说, 植物是静止不动的, 因此调查方法比较简单。对于动物而言, 就需要一些比较特殊的方法, 如标记-重新俘获法(Mark-recapture)、无线电跟踪法(Radio track)、现场制图(Spot mapping)、固定地点统计(Point counts)以及样带法(Transects)等(Heywood, 1995)。在现场制图调查中, 比较成功的例子是始于 1962 年的“不列颠常见鸟类监测”计划, 通过各地自愿者每年定点报告的观察到鸟类的情况, 对英国陆地繁育的鸟类的种群动态进行了研究(Baillie, 1991)。

#### 3. 2. 2 单一物种(Single-Species)编目和监测的方法

这主要是指对重点物种, 如关键种、外来种、指示种、重点保护种、群落的建群种或有代表性的物种的编目和监测。已经有一些文献对定义及研究方法进行了讨论(韩兴国等, 1995; New, 1994; di Castri *et al.*, 1990)。单一物种和多类群在编目和监测的方法上有一定的区别, 并且不同类型的物种强调的内容也不相同。

**关键种(Keystone species):** 鉴定生态系统的关键种, 研究它们在生态系统中的作用。随着人类活动对生态系统的影响, 监测它们作用的动态变化。

**外来种(Exotic species):** 鉴定各种生态系统(自然生态系统和受人类活动影响的生态系统)的外来种, 监测它们的扩散及对当地生态系统的影响。用 GIS 根据气候资料确定它们的适宜生境, 预测它们可能扩散的地区。

保护物种 (Conservation-focus species): 对濒危种、对人类有特殊价值的物种、典型生态系统的建群种或代表性物种的编目和监测, 一直是人们感兴趣的研究课题 (Heywood, 1995)。有很多研究案例及监测计划和项目涉及到这个方面 (Soule, 1986; Palmer, 1987; Kesseli, 1992; Cropper, 1993; Giver, 1994)。

指示种 (Indicator species): 一些物种可以敏感地反映环境的质量和变化, 也可以指示群落的物种组成, 可以认为它们是生物多样性的指示种 (Noss, 1990; Brown, 1991)。对这些物种的分布、丰富度、种群的结构和动态进行编目和监测是非常重要的, 因为它们本身就可以指示生物多样性的状况。但是指示物种的选择依赖于所研究的目的, 两栖动物、软体动物、鸟类、真菌、珊瑚及一些植物物种在不同情况下可以作为指示物种 (Spellerberg, 1992; Heywood, 1995)。Pearson (1995) 认为理想的生物多样性指示种或类群应该具有七个条件: 第一, 系统位置稳定, 分类学上认识全面; 第二, 生物学和生活史清楚; 第三, 容易调查和操作; 第四, 地理分布较广, 生态幅较宽; 第五, 低的分类学特征分化, 对生境变化敏感; 第六, 它的多样性格局反映其他相关或不相关类群的多样性格局; 第七, 具有潜在经济价值。如 Ruokolainen *et al.* (1997) 发现, 在对亚马逊流域用蕨类植物及野牡丹科 (Melastomataceae) 植物作为指示种度量不同地点植物区系相似性时, 和用乔木树种来度量这些相似性, 它们之间存在者非常好的相关性, 相关系数达 0.8 (Mantel 检验,  $<0.001$ )。Tuomisto (1998) 用蕨类植物作为指示种, 结合卫星图象, 对亚马逊流域的植物多样性格局进行了研究, 得到了比较满意的效果。用指示种进行生物多样性编目越来越受到重视 (Lawton *et al.*, 1998)。

### 3. 2. 3 多类群 (Multiple-taxa) 编目和监测的方法

多类群物种多样性的编目和监测对深入了解区域性的生物多样性状况具有重要意义。现在在很多生物多样性编目和监测的项目, 都不是在全物种水平上而是在多类群水平上进行的, 这是由于一方面缺乏相应的资金, 另一方面缺乏一些类群的分类学家。多类群编目和监测可以分为两种方法, 即研究地点或区域的深入编目 (Intensive site or region inventory) 及生物多样性的快速编目 (Rapid inventories) (Heywood, 1995) 或生物多样性快速评估 (Rapid Biodiversity Assessments, RBAs) (Beattie & Oliver, 1994)。

**深入编目** 很多编目和监测是针对一个地点或地区的, 编制该地区或地点的动植物名录是编目的一项重要内容。由于现在重新进行大规模的综合考察受到种种限制, 因此只能进行小规模补充调查, 这就要求我们尽可能的利用已有的资料, 或发现更好的办法把已有的资料转化成可以利用的信息 (Austin, 1998)。各个地方的标本馆馆藏的标本是进行编目的最重要的依据, 但是标本馆记录存在一些缺点 (Austin, 1998): 第一, 标本记录只记录了该地区存在的物种, 而没有不存在的信息, 即是没有记录也不一定不存在; 第二, 地点记录往往不甚详细; 第三, 标本采集地其他物种存在情况以及环境变量往往不详细; 第四, 偏远地区标本采集地往往局限在道路周围, 地点分布非常不均衡。针对这种情况, 有科学家利用 GIS 发展了一种克服这些缺陷的方法, 如 BIOMAP (Hutchinson *et al.*, 1997)。它的设计原理是利用地表已有的气象资料, 建立气候变量与经度、纬度和海拔高度的数学模型。根据某一类群标本的地理分布, 计算其气候变量的范围 (气候轮廓 Climate profile)。据此, 推测该类群的可能分布 (Potential occurrence)。该方法在澳大利亚桉树林的研究中有成功的运用 (Austin, 1998)。

由于标本采集的时间差异非常大, 一些定名也会随着研究的深入而发生变化。因此, 正确核对植物的种名也是至关重要的。表 1 提供了一个各生物类群种名索引的工具书书目。

**快速编目** 传统的生物多样性编目需要广泛的取样以及凭证标本的采集, 这需要较长的时间。近年由于确定生物多样性优先保护地区的需要, 人们开始研究快速编目在实际工作中的应用, 目的就是对于那些多样性状况不太清楚的地区迅速收集、分析和交流多样性信息 (Lawton *et al.* 1998)。这主要应用于区域评估及特定类群物种数目的估计。前面提到的应用对生物多样性具有指示作用的指示种进行编目和评估, 就是快速编目的一种形式。

对于特定地区的特定类群(如真菌和病毒)来说, 要知道它的全部物种数目是不现实的, 但是可以间接的或近似的对它进行估计。如 Guzman (1998) 根据三种办法对墨西哥的真菌种类进行了估计: 第一, 真菌依赖的维管植物、动物及腐生物种 (Saprobic species) 的种数; 第二, 根据英国真菌的数目外推到墨西哥, 认为英国真菌的研究在世界上是最深入的; 第三, 根据墨西哥真菌研究最深入的 Veracruz 州的真菌数目外推到其他地区。三种方法平均得到墨西哥的真菌数目约为 20 万种。

物种多样性的快速编目也常用偶遇法 (Visual Surveys, VESs)。Crump & Scott (1994) 对这一方法的假设和方法进行了详细的论述。同样, 这一方法的应用也受调查路线及调查人员的业务水平的限制。在群落水平上的快速编目, 主要采取各种快速取样手段, 如样带法 (Strip transects)、可变面积样带法 (Variable-area transects) 等 (Stern, 1998)。快速评估中的群落物种数目估计, 有基于理论抽样的方法和数据分析的统计方法 (刘灿然等, 1997), 其中以后者中的种-面积曲线外推法最为常用。

**表 1 主要类群的种名索引 (参照 Heywood, 1995)**

藻类 (包括 Cyanobacteria)

Dawson, E. Y. (1962) *New taxa of Benthic Green, Brown and Red Algae, published since De Toni. Beaudette Foundation, Santa Yuez, California*

De Toni, J. B. (1889--1924) *Sylloge Algarum*. 6 vols. Pavia

Drouet, F. and Daily, W. A. (1956) *Revision of the coccoid Myxophyceae*. Botanical Studies from Butler University 12, 1--218

Vanlangingham, S. L. (1967) *Catalogue of the Fossil and Recent Genera and Species of Diatoms and their Synonyms*. J. Cramer, Lehre and Vaduz

细菌 (不包括 Cyanobacteria)

*International Journal of Systematic Bacteriology* (1980 on)

Skerman, V. D. B., McGowan, V. and Sneath, P. H. A. (1989) *Approved Lists of Bacterial Names. Amended edition*. American Society for Microbiology, Washington, D. C.

苔藓植物 (Anthocerotae, mosses, liverworts, etc.)

Bonner, C. E. B. (1962 on). *Index Hepaticarum*. J. Cramer, Weinheim

van der Wijk, R. Margadant, W. D. and Florschütz, P. A. (1959~1969) *Index Muscorum*. Utrecht, Netherlands

有花植物和蕨类

Christensen, C. (1906~1965) *Index Filicum*. 5 vols. Hagerup, Copenhagen

Jarrett, F. M. (ed.) (1985) *Index Filicum Supplementum quintum pro annis 1961~1975*. Clarendon Press, Oxford

*Index Kewensis* (1895 on) 2 vols, 18 Supplements. Clarendon Press, Oxford

*Kew Index* (1986 on) [Annual]. Clarendon Press, Oxford

真菌 (包括 Lichen-forming fungi, slime moulds, and yeasts)



- Deighton, F. C. (1969) A Supplement to Petrak's Lists 1920~1939. [Index of Fungi Supplement]. CAB International, Wallingford
- Hawksworth, D. L. (1972) Lichens 1961~1969. [Index of Fungi Supplement]. CAB International, Wallingford
- Index of Fungi (1940 on) [Twice—yearly]. CAB International, Wallingford
- Kirk, P. M. (1985) Saccardo Omissions. [Index of Fungi Supplement]. CAB International, Wallingford
- Lamb, I. M. (1963) Index nominum lichenum inter annos 1932 et 1960 divulgatorum. Ronald Press, New York
- Petrak, F. (1930~1944) Verzeichnis der neuen Arten, Variet (ten, Formen, Namen und wichtigsten Synonyme. Just botanischer Jahrbacher 48 (3), 49 (2), 56 (2), 57 (2), 58 (1), 60 (1), 63 (2)
- Petrak, F. (1950) Index of Fungi 1936~1939. Commonwealth Mycological Institute, Kew
- Saccardo, P. A. (1882~1931, 1972) Sylloge fungorum. 26 vols. Saccardo, Padua
- Zahlbruckner, A. (1921~1940) Catalogus lichenum universalis. 10 vols. Borntr (ger, Leipzig  
病毒
- Virus Identification Data Exchange (VIDE). CAB International, Wallingford
- Murphy, F. A. Fauquet, C. M. Bishop, D. H. L. Ghabrial, S. A. Jarvis, A. W. Martelli, G. P. Mayo, M. A. and Summers, M. D. (eds) (1995). Virus taxonomy, The Classification and nomenclature of viruses. Archives of Virology, Supplement 10, 1~586  
动物
- Neave, S. A. (ed.) (1939~1993) Nomenclator Zoologicus. 8 vols. Zoological Society of London, London
- Sherborn, C. D. (1902~1933) Index Animalium. 11 vols. British Museum (Natural History), London
- Zoological Record (1864 on) [Issued in parts by group]. BIOSIS International, York

### 3. 3 生态系统和景观的编目和监测

编目生态系统和景观类型, 监测它们的变化趋势, 对认识生态系统过程, 了解景观片段化、生境破坏及其他形式干扰的作用, 预测它们对全球气候变化的响应, 预测某个或几个关键种(或关键的分类单元)的灭绝可能导致的生态学变化, 认识植被覆盖与土地利用的变化及其对生物多样性的影响, 及生态系统优化管理等方面, 都具有重要的作用(Heywood, 1995)。

由于研究目的的不同, 生态系统和景观尺度的编目和监测在空间尺度上变化很大, 有在一个或多个生态系统水平上进行的, 也有对保护区及整个海洋生态系统进行的。但无论在哪个尺度上, 如何使得取样能够代表整个区域, 是编目和监测的关键(Austin, 1998)。大范围的植被调查是进行生态系统和景观编目的基础, 而这一过程需要较大的人力和财力的投入, 尤其是对偏远地区及崎岖山地进行系统或随机取样。随着科技的发展, 一些新技术如 3S 技术和 GAP 分析方法在生态系统和景观编目方面得到了较广泛的应用(Clark, 1988; Scott & Jennings, 1998)。

#### 3. 3. 1 森林生物多样性的编目和监测。

由于森林在维持全球碳循环及生物多样性方面的重要作用, 目前的重点集中在对各类森林生态系统的编目和监测。由于树木具有寿命长、个体大, 年龄及个体特征难以一致等特性, 这些特征也就成了人类了解森林动态的障碍。因此编目和监测不仅有助于区域性的生物多样性编目, 也可为树木的生长、死亡、更新等动态特征提供长期数据。

传统的森林生物多样性编目, 主要是对各种森林系统类型的生境、结构特征、物种组成、优势种群结构及一些生理生化特征等进行研究, 建立相应的数据库。近年主要集中在对复杂的森林生态系统, 如热带雨林, 通过建立大面积的固定样地, 调查它们的结构和动态。Hubbell 和 Foster 等美国生态学家于 1980 年在巴拿马的 Barro Colorado Island 建立了一块 50hm<sup>2</sup> (1000m×500m) 的森林生物多样性监测样地进行热带雨林结构和动态的研究(Hubbell,

1998)。这一样地划分为  $20\text{m} \times 20\text{m}$  的样方, 样方又进一步划分为  $5\text{m} \times 5\text{m}$  的小样方 (Sub-quadrats)。1982 年完成了所有胸径大于  $1\text{cm}$  的木本植物的胸径测量、树种鉴定及定位图绘制 (共计约 24 万个体, 300 多种)。1985、1990、1995 分别进行了复查, 对胸径达到  $1\text{cm}$  的更新幼树进行了测量和绘图。这一研究成了森林生物多样性编目和监测的经典之作。

1989 年在美国的 Smithsonian 热带研究所 (STRI) 成立了热带森林科学研究中心 (Center for Tropical Forest Science, CTFS), 其目的就是对热带亚洲具有代表性的森林类型进行编目和价值评估, 并且建立优化的森林经营模型。他们在 Pasoh (马来西亚)、Huai Kha Khaeng (泰国)、Mudumalai (印度)、Lambir (婆罗洲) 及 Sinharaja (斯里兰卡) 建立了一系列  $16$ 、 $25$  或  $50\text{hm}^2$  的固定监测样地 (Ashton, 1998)。由于这些大面积调查样地的设置, 开始了热带林的结构、组成和物种多样性的实证研究。美国 SI / MAB 的生物多样性监测项目, 通过国际合作也在巴拿马、巴西、波多黎各、委内瑞拉、印度尼西亚、马来西亚、南非、澳大利亚及中国等地设置了大量  $1 \sim 25\text{hm}^2$  的监测样地 (Dallmeier, 1992)。

热带以外的大面积调查研究很少。温带林的大面积调查样地有美国佐治亚州的长叶松 (*Pinus palustris*) 林  $39.4\text{hm}^2$ , 美国 Great Smoky Mountain 国家公园  $50\text{hm}^2$  和 Virgin Island 国家公园  $50\text{hm}^2$  (Dallmeier, 1992)。在日本已有报道超过  $1\text{hm}^2$  的有长崎县  $4\text{hm}^2$ 、奈良县  $13\text{hm}^2$ 、京都  $16\text{hm}^2$  和  $7.97\text{hm}^2$ 、长野县  $6.25\text{hm}^2$ 、茨城县  $6\text{hm}^2$ 、岩手县  $8.91\text{hm}^2$ , 主要集中在松林、针阔混交林和常绿阔叶林等。在我国的台湾省垦丁国家公园建立有  $3\text{hm}^2$  固定样地, 中科院鼎湖山森林生态系统定位研究站、中科院神农架生物多样性定位研究站、中科院北京森林生态系统定位研究站、中科院长白山森林生态系统定位研究站等都设置了大小不等的固定样地。这些固定样地虽然代表的类型和范围很有限, 但为热带以外地区提供了很重要的参考。建立生物多样性固定样地以监测生物多样性的动态变化已成为生物多样性研究领域的重点课题之一。

### 3.3.2 “3S” 技术在生态系统和景观编目和监测中的应用

生态系统和景观多样性的许多描述指标, 如类型、结构、组成、形状、边界等, 不仅可以在地面上进行测定, 也可以用各种各样的遥感手段进行更有效的判别。最大限度地从遥感信息中提取植被信息以及相应的生物多样性信息, 可以大大减少编目和监测过程中野外调查的时间。

“3S” 技术是遥感 (RS)、全球定位系统 (GPS) 和地理信息系统 (GIS) 的总称, 它们三者的结合使遥感信息应用到生物多样性的编目和监测成为可能。在编目和监测过程中, 3S 技术可以用来进行: 第一, 直接或间接提取植被类型、各类型的面积、土地利用等信息; 第二, 对植被、土壤等进行制图; 第三, 确定野外取样的地点、规模和方法; 第四, 对编目结果的各种信息进行储存和综合分析; 第五, 对特定区域进行快速数据更新及监测; 第六, 对编目和监测信息进行交流。但是, 遥感信息只有和野外调查相结合, 才能准确地进行解释和反映客观情况。在运用 “3S” 技术的同时, 也要进行野外取样, 用来收集从遥感信息中无法得到的数据; 为模型建立提供基础; 对遥感信息进行校正; 对遥感对象进行更准确的评价 (Heywood, 1995)。

遥感的方法很多, 可分为被动遥感系统 (Passive remote sensing system) 和主动遥感系统 (Active remote sensing system)。前者指利用遥感对象对太阳光谱反射或自身辐射特性进行的遥感, 后者指利用遥感对象对人为施加的某些特定光谱的反射特性进行的遥感。被动的可分为卫星遥感、航空遥感等, 主动的可分为雷达遥感、激光遥感等 (Heywood, 1995)。在进行

植被研究时,多采用卫星遥感图像进行分析,如美国的 Landsat 卫星图像(MSS 分辨率为 80m×80m; TM 分辨率为 30m×30m, 一景 185km×185km)、法国 SPOT 卫星图像(分辨率为 20m×20m, 一景 60km×60km)(Keywood, 1995; Tuomisto, 1998)。

已有很多利用 Landsat TM 卫星图像帮助进行生物多样性编目和监测的成功例子。如 Tuomisto (1998) 结合指示种的方法,对秘鲁亚马逊流域的生态系统类型及物种多样性状况进行了研究,得到了前所未有的结果; Steffenson & Wilson (1993) 对美国沿太平洋西北部地区的成熟林的类型、分布、结构进行的研究, Platt *et al.* (1993) 对美国马克吐温国家森林(Mark Twain National Forest)进行的监测等(Heywood, 1995)。也有科学家提出了利用遥感方法进行生物多样性编目和监测的国际合作项目(Stoms & Estes, 1993)。

### 3. 3. 3 GAP 分析与生态系统和景观的监测

GAP 分析(GAP analysis)是确定保护遗漏区(Conservation gaps)的过程,即确定哪些物种和自然生态系统类型没有在保护地(保护区、森林公园等)得到适当保护的过程(Scott & Jennings, 1998)。当前,虽然各国政府为保护和维持全球生物多样性作了很多工作,建立了相应的保护基地,但是仍然存在一些遗漏区。正是这些遗漏区,在未来的发展中最可能成为生物多样性最濒危的地区。因此通过 GAP 分析,可以为生物多样性的保护提供依据。

GAP 分析是从 1987 年发展起来的技术。当时是为了贯彻在生境破坏严重的地区实行逐物种(Species-by-species)管理,急需对土著脊椎动物和自然群落的分布及其管理现状的信息进行图示汇总。随着大范围生物多样性各组分的制图成为可能。这一技术也越趋完善。GAP 分析需要一系列数字化的图件:①自然植被、半自然植被类型图(植被类型根据优势种和共优种,若缺乏优势种和共优种,用主要的覆盖特征);②预测的土著脊椎动物丰富度分布图;③土地所有权,即公共所有、私人保留地(美国)或某一组织(如自然保护区或森林公园);④已有保护地网络的分布图。对这些图件中的物种、群落类型等的分布叠加和已有的保护地进行比较,找出那些生物多样性高而未得到保护的遗漏区(Scott & Jennings, 1998)。

GAP 分析在生态系统和景观的编目和监测中具有重要作用。首先, GAP 分析的一系列图件,本身就是对生物多样性各组分的编目,其次 GAP 分析重要的手段是遥感,可以较迅速的获得数据,这样通过定期的对某一地区进行 GAP 分析,可以对生态系统和景观多样性进行监测,也可以对保护的成效进行评价。已有许多对生物多样性进行 GAP 分析的实例(Ramesh *et al.* 1997)。美国也在实行一个 GAP 分析的国家项目(National Gap Analysis Program, Scott *et al.* 1997, 见 <http://www.gap.uidaho.edu>),其主要目的是:①对美国现状陆地覆盖类型进行制图,达到群落属(或群系)水平,最小制图单位不大于 100hm<sup>2</sup>;②确定或预计动物物种的地理分布;③确定国家自然保护区系统的保护遗漏点;④每 5 年或 10 年更新数据,对保护的成效进行评价;⑤研究开发 GAP 分析应用到生物多样性其他组分(如植物物种)的方法;⑥提高各部门、单位进行生态系统和景观水平上编目、监测、研究、分析及管理和计划的能力;⑦有助于地方、州及联邦政府间数据的传送;⑧对生物多样性的保护和管理提供科学基础。

## 参考文献

- 陈灵芝(主编). 1993. 中国的生物多样性: 现状及其保护对策. 北京: 科学出版社  
陈灵芝, 钱迎倩. 1997. 生物多样性科学前沿. 生态学报, 17(6): 565~572

- 葛颂. 1997. 遗传多样性. 见: 蒋志刚, 马克平, 韩兴国 (主编). 保护生物学. 杭州: 浙江科技出版社, 11~19
- 葛颂. 1994. 遗传多样性及其检测方法. 见: 钱迎倩, 马克平 (主编). 生物多样性研究的原理与方法. 北京: 中国科学技术出版社, 123~140
- 韩兴国, 黄建辉, 娄治平. 1995. 关键种概念在生物多样性保护中的意义与存在的问题. 植物学通报 (植物生态学专集), 168~184
- 贺金生, 马克平. 1997. 物种多样性. 见: 蒋志刚, 马克平, 韩兴国 (主编). 保护生物学. 杭州: 浙江科学技术出版社, 20~33
- 胡志昂等. 1994. 研究遗传多样性的基本原理和方法. 见: 钱迎倩, 马克平 (主编). 生物多样性的原理与方法. 北京: 中国科学技术出版社, 117~122
- 胡志昂, 张亚平 (主编). 1997. 中国动植物的遗传多样性. 杭州: 浙江科学技术出版社
- 黄宏文. 1998. 保育遗传学与植物遗传资源的保育策略. 武汉植物学研究, 16 (4): 346~358
- 刘灿然, 马克平. 1997. 生物群落多样性的测度方法: 生物群落物种数目的估计方法. 生态学报, 17 (6): 601~610
- 马克平. 1993. 试论生物多样性的概念. 生物多样性, 1 (1): 20~22
- 潘莹, 赵桂仿. 1998. 分子水平的遗传多样性及其测量方法. 西北植物学报, 18 (4): 645~653
- 施立明, 贾旭, 胡志昂. 1993. 遗传多样性. 见: 陈灵芝 (主编). 中国的生物多样性—现状及其保护对策. 北京: 科学出版社, 31~113
- 谭光轩, 盛腊红, 何光存, 舒理慧. 1998. 野生稻遗传基础研究的进展. 武汉植物学研究, 16 (4): 359~365
- 张亚平, 宿兵. 1997. 大熊猫的遗传多样性. 见: 胡志昂, 张亚平 (主编). 中国动植物的遗传多样性. 杭州: 浙江科学技术出版社, 7~18
- Austin, M. P. 1998. An ecological perspective on biodiversity investigations: examples from Australian eucalypt forests. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 85: 2~17
- Bailey, R. G. and H. C. Hogg. 1986. A world ecoregions map for resource reporting. *Environmental Conservation*, 13: 195~202
- Baillie, S. R. 1991. Monitoring terrestrial breeding bird populations. In: Goldsmith, F. B. (ed. ). *Monitoring for Conservation and Ecology*. London: Chapman and Hall, 112~132
- Bibby, C. J., N. D. Burgess and D. A. Hill. 1992. *Bird Census Techniques*. New York: Academic Press
- Boyle, T. J. B. and J. M. Lenne. 1997. Defining and meeting needs for information: Agriculture and forestry perspective. In: Hawks, D. L., worth P M Kirk and S. D. Clarke (eds. ). *Biodiversity Information, Needs and Options*. Wallingford: CAB International Press, 31~53
- Bridgewater, P. B. 1996. Inventory and monitoring for what and for whom? In di Castri, F. & T. Younes (eds.). *Biodiversity, Science and Development, Towards a new partnership*. Wallingford: CAB International
- Brown, A. H. D. 1992. Human impact on plant gene pools and sampling for their conservation. *Oikos*, 63: 109~118
- Brown, D. H. 1991. Conservation of neotropical environments: insects as indicators. In: Collins, N. M. and J. A. Thomas (eds. ). *The Conservation of Insects and their Habitats*. London: Academic Press, 350~404
- Clark, D. A. 1988. Deciphering landscape mosaics of neotropical trees: GIS and systematic sampling provide new views of tropical rain forest diversity. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 85: 18~33
- Cox, C. B. and P. D. Moore. 1993. *Biogeography: An Ecological and Evolutionary Approach*. London: Blackwell Scientific Publications

- Crain, I. K. 1992. User requirements for the Harmonization of Environmental Measurement Information System (HEMIS). UNEP-HEM Munich, Germany
- Cropper, S. 1993. Management of Endangered Plants. Melbourne: CSIRO Publications
- Crump, M. L. and N. J. Jr. Scott. 1994. Visual encounter surveys. In: Heyer, W. R., M. A. Donnelly, McDiarmid, R. W., L. C. Hayek, and M. S. Foster (eds. ). Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians. Washington, DC: Smithsonian Institution Press, 84~92
- Dallmeier, F. (ed. ). 1992. Long-term monitoring of biological diversity in tropical forest areas. MAB Digest 11
- Dallmeier, F. and J. A. Comiskey. 1998. Forest Biodiversity Research, Monitoring and Modeling: Conceptual background and Old World Case Studies. Man and the Biosphere Series V. 20. Paris: Unesco and The Parthenon Publishing Group
- di Castri F, A. J. Hansen and M. Debusche (eds. ). 1990. Biological Invasions in Europe and the Mediterranean Basin. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers
- FAO. 1996. The State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Food and Agriculture Organization of United Nations, Rome
- Gimaret-Carpentier, C., R. Pélissier, Pascal, J-P, and F. Houllier. 1998. Sampling strategies for the assessment of tree species diversity. Journal of Vegetation Sciences, 9: 161~172
- Giver, D. R. 1994. Principles and Practice of Plant Conservation. New York: Timber Press and Chapman and Hall
- Goldsmith, F. B. (ed. ). 1991. Monitoring for Conservation and Ecology. London: Chapman and Hall
- Greig--Smith, P. 1983. Quantitative Plant Ecology. London: Blackwell Scientific
- Guzmán, G. 1998. Inventorying the fungi of Mexico. Biodiversity and Conservation, 7: 369~384
- Hellawell, J. M. 1991. Development of a rationale for monitoring. In: F. B. Goldsmith, (ed. ). Monitoring for Conservation and Ecology. London: Chapman and Hall, 1~14
- Heyer, W. R., M. A. Donnelly, R. W. McDiarmid, L. C. Hayek and Foster M S (eds. ). 1994. Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians. Washington, DC: Smithsonian Institution Press
- Heywood, V. H. 1997. Information needs in biodiversity assessments, from genes to ecosystems. In: Hawksworth, D. L., P. M. Kirk, and Clarke S D (eds. ). Biodiversity Information, Needs and Options. Wallingford: CABI International Press, 5~20
- Heywood, V. H. (ed. ). 1995. Global Biodiversity Assessment. Cambridge: Cambridge University Press
- Holdridge, L. 1967. Life Zone Ecology. Tropical Science Center, San Jose, Costa Rica
- Hubbell, S. P. 1998. The maintenance of diversity in a neotropical tree community: conceptual issues, current evidence, and challenges ahead. In: Dallmeier, F. and Comiskey (eds. ). Forest Biodiversity Research, Monitoring and Modeling: Conceptual background and old world case studies. Man and the Biosphere Series V. 20. Paris: Unesco and The Parthenon Publishing Group, 17~44
- Hutchinson, M. F., L. Belbin, A. O. Nicholls, H. A. Nix, J. P. McMahon and K. D. Ord. 1997. BioRap Rapid Assessment of Diversity, Vol. 2 Spatial Modeling Tools. Australian BioRap Consortium, CSIRO, Canberra
- IUCN. 1994. IUCN Red List Categories. IUCN, Gland
- Janzen, D. H. and W. Hallwachs. 1994. All Taxa Biodiversity Inventory (ATBI) of Terrestrial Systems. A genetic protocol for preparing wildland biodiversity for non-damaging use. Draft Report of a National Science foundation Workshop. April 1993, Philadelphia, 16~18

- Kershaw, K. A. 1973. Quantitative and Dynamic Plant Ecology, 2nd edn. London: Edward Arnold
- Kesseli, R. V. 1992. Population biology and conservation of rare plants. In: Jain, S. K. and L. W. Botsford (eds. ). Applied Population Biology. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 69~90
- Koskimies, P. and R. A. Vaisanen. 1986. Monitoring Bird Populations: A manual of methods applied in Finland. Finnish Museum of Natural History, University of Helsinki, Helsinki (English version, 1991)
- Lawton, J. H., D. E. Bignell, B. Bolton, G. F. Blomers *et al.* 1998. Biodiversity inventories indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature*, 391: 72~75
- Maxted, N., L. Guarino and M. E. Dulloo. 1997. Management and monitoring. In: Maxted, N., Ford Lloyd, B. V. and J. G. Hawkes (eds. ). Plant Genetic Conservation, the *In Situ* Approach. London: Chapman & Hall
- New, T. R. 1994. Exotic Insects in Australia. Gleneagles, Adelaide
- Noss, R. F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*, 4: 355~364
- NRC. 1993. A Biological Survey for the Nation. Washington, DC: Academy Press
- Olsen, J. S., J. A. Watts and L. J. Allison. 1983. Carbon in Live Vegetation of Major World Ecosystems. Tennessee: Oak Ridge National Laboratory
- Paivinen, R., H. G. Lund, S. Poso and Zawila-Niedzwiecki T (eds. ). 1994. IUFRO International Guidelines for Forest Monitoring. IUFRO World Series Report 5. International Union of Forestry Research Organization. Vienna
- Palmer, M. E. 1987. A critical look at rare plant monitoring in the United States. *Biological Conservation*, 39: 113~127
- Parker, P. G., A. A. Snow, M. D. Schug, G. C. Booton and P. A. Fuerst 1998. What molecules can tell us about populations: choosing and using a molecular marker. *Ecology*, 79 (2): 361~382
- Pearson, D. L. 1995. Selected indicator taxa for the quantitative assessment of biodiversity. In: Hawksworth D L (ed. ). Biodiversity, Measurement and Estimation. London: Chapman & Hall, 75~79
- Ramesh, B. R., S. Menon and BAWA K S. 1997. A vegetation based approach to biodiversity gap analysis in the Agastyamalai Region, Western Ghats, India. *AMBIO*, 26 (8): 529~536
- Raven, P. H. and E. O. Wilson. 1992. A fifty-year plan for biodiversity surveys. *Science*, 285 (13): 1099~1100
- Richardson, B. J. 1994. The industrialization of scientific information. In: Forey, P. L., C. J. Humphries, and R. I. Vane-Wright (eds. ). Systematics and Conservation Evaluation. Systematics Association Special Volume 50: 123--31. Oxford: Clarendon Press
- Ruokolainen, K., A. Linna and H. Tuomisto. 1997. Use of Melastomataceae and pteridophytes for revealing phytogeographic patterns in Amazonian rain forests. *Journal of Tropical Ecology*, 13: 243~256
- Schreuder, H. T., T. G. Gregoire and G. B. Wood. 1993. Sampling Methods for Multi-resource Forest Inventory. New York: John Wiley
- Scott, J. M. and M. D. Jennings 1998. Large-area mapping of biodiversity. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 85: 34~47
- Soule, M. E. 1986. Conservation Biology: The science of scarcity and diversity. Sunderland, Mass: Sinauer Associates
- Spellerberg, I. F. 1992. Evaluation and Assessment for Conservation. London: Chapman and Hall
- Spellerberg, I. F. 1991. Monitoring Ecological Change. Cambridge: Cambridge Press
- Stein, B. A. 1994. Strengthening National Capacities for Biodiversity Information Management. The

- Nature Conservancy, USA.
- Stern, M. J. 1998. Field comparisons of two rapid vegetation assessment techniques with permanent plot inventory data in Amazonian Peru. In: Dallmeier, F. and Comiskey (eds. ). *Forest Biodiversity Research, Monitoring and Modeling: Conceptual background and old world case studies*. Man and the Biosphere Series V. 20. Paris: Unesco and The Parthenon Publishing Group, 269~283
- Stork, N. E., M. J. Samways and D. A. Bryant. 1995. Why inventory and monitor biodiversity? In Heywood, V. H. (ed. ). *Global Biodiversity Assessment*. Cambridge: Cambridge University Press, 461~473
- Templeton, A. 1995. Biodiversity at the molecular genetic level: experience from disparate microorganisms. In Hawksworth, D. L. (ed. ). *Biodiversity, Measurement and Estimation*. London: Chapman & Hall, 59~64
- Tuomisto, H. 1998. What satellite imagery and large-scale field studies can tell about biodiversity patterns in Amazonian forests. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 85: 48~62
- Udvardy, M. D. F. 1975. *A Classification of the Biogeographical Provinces of the World* (IUCN Occasional Paper No. 18). Morgues: IUCN
- United Nations Environment Programme (UNEP). 1986. *The Handbook of Ecological Monitoring*. Oxford: Clarendon Press

## ADVANCES IN BIODIVERSITY INVENTORY AND MONITORING

*He Jinsheng, Ma Keping*

(Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)

Biodiversity inventory refers to the process of survey, classification, ordination, quantization and mapping of such entities as genes, individuals, populations, species, habitats, communities, ecosystems and landscapes or their components. The analysis or synthesis of such information is also involved in the process. Biodiversity monitoring is the repeat inventory depending upon tempo-spatial variation, which reflects the change of biodiversity. The importance, procedures, principles, theoretical basis and methodology for biodiversity inventory and monitoring, as well as the advances in the field were introduced in this paper. Modern techniques such as "3S" (GIS, RS and GPS) and GAP analysis were widely used in the inventory and monitoring of biodiversity at ecosystem and landscape level.

**Key words:** Biodiversity, Inventory, Monitoring