

喀斯特区域生态系统多样性刍议^{*}

苏维词

(贵州省山地资源研究所)

摘 要 本文详细地阐述了喀斯特区域生态系统多样性的概念及特性,初步探讨了喀斯特区域生态系统多样性(类型)的形成条件,并对描述喀斯特区域生态系统多样性特征的一些指标作了定量表达,概略地提出了加强喀斯特生态系统多样性保护的对策和建议,为在喀斯特地区开展生态系统多样性的研究与保护工作提供了某些依据。

关键词 喀斯特区域 生态系统多样性 定量描述 保护对策

0 引 言

随着人口的增加,作为人类赖以生存的重要基础——生物多样性正受到严重的破坏,“无法再现的基因、物种和生态系统正以人类历史上前所未有的速度消失”^[1],如果不立即采取相应的措施,人类将面临着能否继续以其固有的方式生活的挑战^[2]。因此研究和保护生物多样性已刻不容缓。

生物多样性包括遗传(基因)多样性、物种多样性和生态系统多样性等方面的含义。

自 1943 年 Williams 首次提出物种多样性以来^[3],许多专家学者对遗传多样性和物种多样性的保护和研究作过大量的工作,但对生态系统多样性的探讨则主要侧重于仅占全球陆地总面积约 3.2% 的自然保护区和国家公园^[4],对其它区域的生态系统多样性,尤其是对占全球陆地总面积约 15% 的喀斯特区域生态系统多样性的研究和保护工作则重视不够,导致除中西欧(如瑞士、英国等)和北美等少数发达地区外,其余大部分喀斯特地区的生态系统多样性正在遭受不同程度的破坏,成为全球性的环境脆弱区和经济上的贫困区。这种状况在中国南方,尤其是在贵州最为典型:原来复杂多样的喀斯特生态系统多样性正向简单化、单一化方向发展,即出现了大面积的喀斯特山地石漠化^[5],从根本上威胁了居住区内人们的生存环境。

* 国家自然科学基金项目(编号 4936002)部分内容。

作者简介:苏维词,男,1965 年出生,1990 年硕士研究生毕业,从事资源、环境与生态等方面的综合研究。(550001)贵阳市延安东路 40 号。

收稿日期:1995-08-05;改回日期:1996-02-06

1 喀斯特区域生态系统多样性概念及特性

1.1 喀斯特区域生态系统多样性的概念

区域生态系统多样性指的是某一个区域内的生境、生物群落及生态过程的多样性^[6]。此外,生境则主要是指无机环境,如地貌、气候、水文、土壤等,生境多样性既是生态系统多样性的重要组成部分,又是生态系统多样性形成的基本条件;生物群落多样性指的是群落的组成、结构和动态(包括群落演替和群落波动)方面的多样性;生态过程多样性是指生态系统的组成、结构和功能在时间上的变化。在不同的喀斯特地区,由于构成喀斯特生态系统的生境、生物群落及其生态过程千差万别,使喀斯特生态系统具有多种多样的类型及相应的特征,我们称喀斯特生态系统类型的多种多样的特征,称为喀斯特生态系统的多样性。

1.2 喀斯特区域生态系统多样性特征

1.2.1 区域性

有无碳酸盐岩分布是区别喀斯特生态系统多样性与非喀斯特生态系统多样性的主要标志。由于碳酸盐岩与其它岩类具有明显的区分标志,因此喀斯特区域生态系统多样性界线和范围很容易确定,具有明确的区域性。全球大范围的喀斯特分布区主要有地中海沿岸、中东欧、中东、中国南部、东南亚、北美东南部和中美州等人口稠密区^[7]。

1.2.2 等级性和层次性

喀斯特区域生态系统多样性类型具有明显的等级性和层次性,不同等级和层次的生态系统,其所包含的子系统类型与特征亦互不相同。如从热量分异来看,喀斯特区域生态系统多样性可分为热带型、亚热带型、温带型等;根据海陆位置的差异,亚热带型、温带型等;根据海陆位置的差异,这些类型又可进一步分解为大陆东岸型、大陆西岸型、内陆型等;根据地貌形态及组合差异,这些生态系统多样性类型还可分解为等级和层次更低级的类型等。

1.2.3 脆弱性

首先表现在喀斯特区域生态系统的基础—生境资源欠缺、土壤瘠薄、水土资源配合差,单位面积绿色植物产量低,食物链金字塔基底规模小(较其它岩土地区小3~8倍),环境系统能提供食物养活的人口数量少,人口承载量低。其次是生物量的年际波动大,生态系统多样性的稳定程度低。

1.2.4 敏感性

喀斯特生物群落多样性是构成喀斯特区域生态系统多样性的主体,同时也是喀斯特区域生态系统多样性类型及特征的最直观表达。除喀斯特城市生态系统外,喀斯特生物群落尤其是植物群落(包括喀斯特地区的农作物)特征通常被用来直接代替喀斯特区域生态系统多样性的类型特征,如喀斯特雨林生态系统、喀斯特农田生态系统、喀斯特荒漠生态系统等。由于喀斯特环境的特殊性,喀斯特地区的植被具有嗜钙性、石生性等特点,适生树种少、生长慢,植被覆盖率低,生产者、消费者和分解者之间的物流量小而慢,能耗高,环境熵流大^[8],食物链易受干扰而中断,生态系统对外界变化的响应程度高,敏感性强。

1.2.5 有限的可调控性

由于喀斯特环境的特殊性,使喀斯特区域生态系统较之其它岩土区(如花岗岩、第四纪红土等)的生态系统具有更高的脆弱性和敏感性。虽有人类活动参与喀斯特区域生态系统多样性

的建设,但系统本身的自组织能力低,抗外界干扰的能力弱,系统受干扰后返回初始状态能力的阈值弹性小。所以喀斯特区域生态系统多样性一旦遭到破坏,例极易向着逆向演替的顶极阶段(喀斯特山地石漠化)方向发展,且很难恢复治理

1.2.6 趋向性和变异性

在湿热或温湿的气候条件下,当地壳相对稳定时,在以水为介质的溶蚀-侵蚀作用下,喀斯特地貌,会产生由峰丛山地向峰林平原演化的总趋势^[9],其间可经历峰丛洼地、峰林谷地等不同的演变阶段,这是一个较长的过程,是总趋向,但是这种发育演化方向,又时时可能受到地壳(区域地块上)构造变动、气候变迁及人类活动等因素的影响,从而导致喀斯特地貌发育的中断或变异,使生态系统多样性类型与特征也发生相应的变化,如乌江流域地貌正经历着从喀斯特高原向喀斯特峡谷的演化阶段。随着立地条件^①的改变,流域内的生物群落及其与生境之间的物能交换关系也发生了相应的变化,最终导致区域生态系统多样性类型与特征的变异。同时由于喀斯特环境具有典型的二元结构,溶洞、漏斗、地下水系极为发育,岩溶坍塌经常出现,由此引起的河流改道(如明河变暗河等)现象时有发生,有贵州六冲河状流达八次(伏流入口处都有崩塌堆积物)^[9],打邦河、红水河也有多处出现,原来湿热的喀斯特河谷生态系统(主要树种有圆果化香等)逐渐演变成干热的喀斯特盲谷生态系统,植物群落向耐旱性演化,如叶面变小、角质层加厚、茎叶具刺等,典型的有悬钩子、短叶黄杉、仙人掌、霸王鞭等。

2 喀斯特区域生态系统多样性形成条件浅析

2.1 面积辽阔、出露广泛的碳酸盐岩是喀斯特区域生态系统多样性形成的基础

据初略统计,全球碳酸盐出露面积约 2200 万 km^2 ,约占地球陆地总面积的 15%。这些碳酸盐岩除集中连片出现在中国南部、地中海沿岸和澳大利亚南部等地区外,还零星分布在世界五大洲的上百个国家和地区,如东亚的朝鲜、日本,东南亚的缅甸、泰国、印尼,中东的叙利亚、沙特、苏联、东欧、中西欧、斯堪的那维亚群岛、美国东南部、加勒比海诸国、南美的秘鲁、智利,东非的埃塞俄比亚、索马里等地都有碳酸盐岩出露。这些不同区域、不同地理环境条件下发育的碳酸盐岩为喀斯特区域生态系统多样性的形成创造了前提条件。

2.2 千差万别的气候条件是喀斯特区域生态系统多样性形成的主要动力

由气候条件不同而引起的水热分异,不仅直接影响到喀斯特区域生态系统多样性特征的形成,而且还决定了喀斯特区域生态系统多样性类型的宏观分异格局。如从热量分异来看,以喀斯特森林生态系统为例,从低纬到高纬,依次可分为热带喀斯特雨林生态系统、亚热带喀斯特季雨林生态系统、中亚热带喀斯特常绿阔叶林生态系统、北亚热带落叶常绿阔叶混合林生态系统、温带喀斯特落叶阔叶林生态系统、亚寒带喀斯特落叶针叶混交林生态系统等。再从海陆位置引起的降水量分异来看,以亚热带喀斯特生态系统为例,可分为大陆东岸湿润型生态系统(如中国西南地区的常绿阔叶林生态系统等)、大陆西岸半湿润半干旱型生态系统(如地中海沿岸的常绿硬叶林生态系统等)、大陆内陆干旱型生态系统(如叙利亚、伊朗、沙特等地的荒漠生态系统)和岛屿型生态系统等四种类型。

① 立地条件:指植物或植物群落生存所需要的环境条件,主要包括土壤肥力、土层厚度、成土母质、海拔、坡度及气候

2.3 复杂多样的地貌条件,丰富了喀斯特区域生态系统多样性的内容

以贵州岩溶区为例,因地貌类型及其组合形态的差异,可分为喀斯特高原生态系统(如贵阳至平坝至安顺一带)、喀斯特峡谷生态系统(如乌江下游一带)、喀斯特丘洼生态系统(如清镇等地)等。

2.4 人类活动影响

人类活动对喀斯特区域生态系统多样性形成的影响主要是通过改变土地利用结构来实现的。其作用表现在两个方面:一是增加了喀斯特区域生态系统多样性类型,如喀斯特城市生态系统(如贵阳等)、喀斯特农田生态系统、喀斯特人工河湖生态系统(如红枫湖库区及周围等);二是在一定程度上影响或改变了喀斯特区域生态系统多样性的动态演变方向和趋势,如建立自然保护区可使喀斯特生态系统向着良性循环的方向演变,而滥伐森林、陡坡垦荒会导致喀斯特生态系统多样性趋向简单化、单一化方向发展,即可能出现喀斯特山地石漠化现象,导致喀斯特生态系统多样性逐渐消失。

3 喀斯特区域生态系统多样性特征的定量表达

3.1 丰富度 (richness)

丰富度是用来描述某个区域内喀斯特生态系统多样性类型数量的指标。可用总丰富度 R_T 、平均丰富度 R_a 、最大丰富度 R_m 和相对丰富度 R_r 表示。

总丰富度 R_T 是指研究区内现有的喀斯特生态系统多样性类型的总数。由于研究区范围大小与生态系统多样性类型的数量有关,因此需引进平均丰富度 R_a 的概念。平均丰富度指单位面积的喀斯特区域所包含的生态系统多样性类型,即

$$R_a = R_T / S \quad (S \text{ 为研究区的面积})$$

最大丰富度 R_m 指某一喀斯特区域内最多可能包含的生态系统多样性类型数量。

相对丰富度 R_r 指研究区内喀斯特生态系统多样性的总丰富度与最大可能丰富之比 (%)。

$$R_r = (R_T / R_m) \times 100\%$$

3.2 均匀度 (evenness)

均匀度是用来描述某一喀斯特区域内各类型生态系统多样性的分配均匀程度,通常用相对均匀度指数 E 表示^[6]:

$$E = (H / H_{\max}) \times 100\%$$

式中, H 为多样性指数,按信息论原理:

$$H = -\sum_{i=1}^m (P_i) \cdot (P_i)$$

其中 m 是生态系统多样性类型的数量, P_i 是第 i 种生态系统多样性类型所占的面积。式中, H_{\max} 为最大多样性指数,即:

$$H_{\max} = \ln(R_T)$$

随着 E 值增大,表示喀斯特区域内生态系统多样性类型的分布更趋均匀, E 值为 1 时,表示喀斯特区域内生态系统多样性各类型所占的面积相等,呈最均匀分布。

3.3 优势度 (dominance)

优势度是指喀斯特生态系统多样性受其中一种或几种类型支配的程度, 表达式为^[10]:

$$D_0 = H_{\max} - H \\ = \ln(R_T) + \sum_{i=1}^m (P_i) \cdot \ln(P_i)$$

D_0 值小时, 表示喀斯特区域生态系统多样性是由若干个面积比例大致相同的类型组成; D_0 值大时, 表示喀斯特生态系统多样性只受一个或少数几个类型支配

3.4 脆弱度 (fragility)

脆弱度是对某一区域内生态系统多样性脆弱程度的定量描述, 根据前述的脆弱度含义, 可从两个方面来探讨:

从人口随载量来看 (适合于人类活动干扰较严重的喀斯特区域), 脆弱度 F 可表达为:

$$F = D^P / C^P$$

式中 D^P 为人口密度, C^P 是单位面积上的人口容量。 F 值小于 1 时, 生态系统多样性的脆弱度低, 反之, 生态系统脆弱度高。

从生态系统稳定性和绿色生物产量的波动性来看 (适合于人类活动影响轻微或仍处于自然状态的喀斯特区域), 可用绿色生物产量的绝对波动量 A 相对波动量 R 波动系数 \bar{C} 及保证率 G 来表示:

$$A = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - L)^2} \\ R = A / LC = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - L|}{nL} \\ G = P(x \geq b) = \frac{1}{2\bar{C} \cdot A} \int_b^{\infty} e^{-\frac{(x-L)^2}{2\bar{C}^2}} dx$$

式中: x_i 表示某一喀斯特地区第 i 时段 (通常以年为单位) 的绿色生物产量; L 表示长时间的平均状态; $|x_i - L|$ 表示波动幅度, $|x_i - L|$ 值减小, 表示生态系统多样性的脆弱程度降低, 反之脆弱度增大; G 表示生态系统多样性在绿色生物产量大于 b 状况下的保证率, 不同时段或不同地区, G 值愈大, 系统愈稳定, 生态系统多样性的脆弱程度愈低。

3.5 相似度 (similarity)

相似度是用来描述不同区域生态系统多样性类型 (或类型组) 之间的相似系数来表示^[11]:

$$I(A) = \sum_{i=1}^P I_i(A) = P \cdot n \cdot \ln n - \sum_{i=1}^P \sum_{k=1}^t a_i(k) \cdot \ln a_i(k)$$

$$\Delta I(A+B) = I(A+B) - I(A) - I(B)$$

式中: $I(A)$ 表示喀斯特 A 区域内, 生态系统多样性的信息量; P 表示在某一确定的等级或层次下, 组成喀斯特区域生态系统多样性的因子数目, 对于某一个具体的喀斯特区域而言, 生态系统多样性的等级或层次划分得愈细, 其组成因子愈多, 信息量愈大; n 表示生态系统多样性类型的个数; t 表示共同具有某个组成因子时, 最多可能出现的生态系统类型数目, $t < n$; $a_i(k)$ 表示在具有第 k 个组成因子时的生态系统多样性类型数量; $\Delta I(A+B)$ 表示生态系统多样性类型 (或类型组) A 和 B 合并后的信息增量, 即 A 类型与 B 类型的相似系数。增量 $\Delta I(A$

+ B) 越小,表示喀斯特 A 区域内的生态系统多样性与喀斯特 B 区域内生态系统多样性愈相似,反之愈相异

4 喀斯特区域生态系统多样性保护对策

据粗略统计,全球喀斯特地区共居住着 10 亿多人口^[7],平均人口密度达 47 人 lkm^2 (其中我国西南喀斯特片区达 100 人 lkm^2 以上,贵州喀斯特地区达 205 人 lkm^2),比全球陆地的平均人口密度 38 人 lkm^2 高得多。这表明喀斯特地区的人口负荷压力大,再加上喀斯特环境本身的脆弱性,使喀斯特区域生态系统多样性遭到很大破坏。在局部地区,有些喀斯特生态系统多样性类型正在消失,如贵州原生的喀斯特森林生态系统类型区面积正在缩小,取而代之的是喀斯特藤刺草灌生态系统和喀斯特荒漠生态系统(石漠化)。因此采取紧急措施保护喀斯特生态系统多样性已迫在眉睫,这些应急措施主要有:

(1) 加强立法,完善有关生态系统多样性保护的法规、政策和技术标准,把生态系统多样性保护列入国家法制建设和工作计划轨道,与国土整治及防护林体系建设配套实施。

(2) 加强喀斯特区域生态系统多样性保护的宣传教育,使各级决策者和管理者了解生态系统多样性保护的价值意义和丧失多样性的严重后果,提高公众保护生态系统多样性的意识。

(3) 组织力量对我国喀斯特区域生态系统多样性的现状进行调查、研究、监测,制定合理的开发利用规划。

(4) 在有代表性的典型地带,建立喀斯特生态系统多样性保护区。

(5) 加强国内外合作,推广国内外有关生态系统多样性保护的先进经验和技術,使人类社会的发展与生态系统多样性的保护和持续利用协调发展。

主要参考文献

- 1 WRI, IUCN, et al. *Global Biodiversity strategy: world Resources Institute Publications, Washington, D. C.* 1992; 35
- 2 马克平, 试论生物多样性概念, *生物多样性*, 1993, 1(1): 20~ 22
- 3 Fisher R. A. et al *The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. J. Animi Eol*, 1943, 12 P42~ 58.
- 4 Reid W. V. and Miller, K. R. *keeping Options Alive: The Scientific Basis for Conserving Biodiversity. World Resource Institute, Washinfon, D. C.*, 1989 P20~ 60
- 5 苏维词等, 贵州喀斯特山地的“石漠化”及其防治. *长江流域资源与环境*, 1995, 4(2): P177~ 183
- 6 闻大中, 试论农生态系统多样性, *应用生态学报*, 1995, 6(1), P97~ 101
- 7 袁道先, 蔡桂鸿, *岩溶环境学*. 重庆出版社, 1988 P7~ 112
- 8 杨汉奎等, *喀斯特环境质量变异*, 贵阳: 贵州人民出版社, 1993; p12~ 36
- 9 杨明德, 论喀斯特地貌地域结构及其环境效应. 见: 贵州环境学会编, *贵州喀斯特环境研究*. 贵阳: 贵州人民出版社, 1988 p19~ 26
- 10 O'Neill, R. V. et al *Indices of landscape pattern, landscape Ecology*, 1988, 1P153~ 162
- 11 阳含熙等译. *植物生态学的数量分析方法*, 北京: 科学出版社, 1983 p49~ 55

PRELIMINARY DISCUSSION ON THE FEATURES OF ECOSYSTEM DIVERSITY IN KARST REGION

Su Weici

(Institute of Mountain Resources of Guizhou, Guiyang)

Abstract

The ecosystem diversity in karst region is an important component part of the global continental ecosystem diversity, Karst land occupies about $2 \times 10^8 \text{ km}^2$, fifteen percent of the total global continental area. In this paper, the concept and characteristics of karst ecosystem diversity are stated in detail, especially, the quantitative methods for describing the features of karst ecosystem diversity are discussed, Finally, some measures and suggestions for conserving ecosystem diversity in karst region are put forward. It will be a basis for conservation, study and utilization of karst ecosystem diversity.

Key words Karst region Ecosystem diversity Quantitative expression