

生态系统的脆弱性与退化生态系统

赵平 彭少麟

张经纬

(中国科学院华南植物研究所, 广州 510650) (中国科学院广州分院, 广州 510070)

摘要 生态系统的脆弱性是一个含义广泛的概念, 是生态系统内固有的特性, 脆弱性只能在干扰的状态下才显现出来。而干扰(包括自然干扰和人为干扰)又是引起退化生态系统的原因, 种类入侵和消亡、种类组成的变化、生态系统的多样性和稳定性、生产力、生态位的分化及生态系统小环境变化则是研究退化生态系统形成和恢复的重要内容, 本文探讨脆弱性与退化生态系统诸方面的关系以及在植被恢复上的应用。

关键词 脆弱性; 退化生态系统; 植被恢复

中图分类号 Q948.12

THE FRAGILITY OF ECOSYSTEM AND THE RESTORATION OF DEGRADED ECOSYSTEM

Zhao Ping Peng Shaolin

(*South China Institute of Botany, Academia Sinica, Guangzhou 510650*)

Zhang Jingwei

(*Academia Sinica, Guangzhou Branch, Guangzhou 510070*)

Abstract The fragility of ecosystem is a wide-confining term and is regarded as inherent property of an ecosystem. It could display only when exposed to disturbance which causes the degradation of ecosystem however it is impacted by natural or nonnatural factors. The concepts of fragility and stability, the fragility in relation to species invasion and extriction, to diversity and stability of ecosystem, to primary productivity, to niche differentiation as well as to microclimatic change of ecosystem are discussed. The application of theory of fragility to the vegetation recovery is suggested.

Key words Fragility; Degraded ecosystem; Vegetation recovery

1 脆弱性的概念

科学界越来越关注并一致认为, 地球上的物种正以前所未有的速度消失, 生境也以相同的速度改变, 公众普遍关心这一问题, 并采取相应的行动以阻止自然物种多样性的日趋下降。这些行动目的之一是实现可持续发展, 对不同规模的生态系统或生态景观进行合理的开发利用。其中最基本的一项内容就是鉴别和确定那些由于人类活动而面临威胁、濒临灭绝的生物种类、群落和生

国家自然科学基金资助重点项目(39330040)、中国科学院“9.5”重大基金资助项目(KZ952-B1-110)和中国科学院留学经费择优支持回国工作基金项目。

1997-07-25 收稿; 1998-01-26 修回

态系统。含有这些生物种类、群落和生态系统的区域则被认为是脆弱的 (fragile), 也有人定义为受害的 (damaged)、敏感的 (sensitive)、易损的 (vulnerable), 甚至称之为受威胁的 (threatened)。以上概念, 很多学者同时使用, 但其基本内容是一致的, 即被研究的生态系统或区域在干扰的压力下, 其结构组成与功能发生变化, 并向不利于自身的方向发展^[1], 而这样发展过程的每一个阶段, 该系统或区域都呈现出更易向下一阶段过渡、对干扰的反应更加脆弱的趋势。

起初, 生态系统脆弱性 (fragility) 的概念被应用于自然保护与保护区的管理^[2], 但在性质上有区别: 一是所谓的自然脆弱性, 由于自然的、系统内部演替所引起的脆弱性; 二是由于外部的尤其是人类活动所引起的脆弱性。虽然在性质上有区别, 但两者并不矛盾, 因为一个由自然和内部引起的脆弱生态系统同样也易受外部的干扰。有些国家赋予脆弱生态系统以特殊的法律定义, 使自然生态的保护和管理获得法律上的保证, 如瑞典自然资源行动纲领就明确规定, 脆弱生态系统是“从生态学角度来看那些特别敏感并且要给予特殊关注的区域, 该区域的特点是: 生产力不稳定, 不利的繁殖条件, 物种面临灭绝的威胁, 具有特殊的生态价值和重要的基因库”^[3]。

生态系统脆弱性的概念过于复杂, 难以下一个恰当、简洁同时又有意义的定义。生态系统的脆弱性具有如下特点: 脆弱性是生态系统固有的特性, 其存在不取决于生态系统是否暴露于干扰之下; 脆弱性是多个方面的综合体现, 但不具有量化的特征, 而且只有在人为或自然干扰的情况下才显露出来, 若把生态系统的脆弱性与相关的干扰相联系, 会为环境效应提供有用的评估手段; 与稳定性相似, 脆弱性与种的丰富度和种类组成的变化有关, 种类更换率高和种群波动或变迁频繁, 是脆弱生态系统的明显特征。脆弱性反映了生境、群落和物种对环境变化的敏感程度, 涉及综合的内、外因子的相互作用。

2 退化生态系统的概念和特征

生态系统的动态, 在于其结构的演替变化, 如物种的组成、各种速率过程、复杂程度和随时间推移而变化的组分变化。正常的生态系统是生物群落与自然环境取得平衡并作一定范围波动, 从而达到动态平衡状态。但如果生态系统的结构与功能在干扰的作用下发生位移, 打破了原有生态系统的平衡状态, 使系统的结构和功能发生变化和障碍, 形成破坏性波动或恶性循环, 这样的生态系统被称之为退化生态系统 (degraded ecosystem)^[1]。退化生态系统是处于演替的原初阶段, 是极其不稳定的, 由于在干扰压力之下, 种类组成贫乏, 在极端的条件下甚至没有任何生物种类, 系统的结构非常简单, 功能衰退, 生产力低下。自身恢复的速度非常缓慢, 且必须排除持续性的干扰。所谓恢复就是要启动这个阶段, 让系统顺向发展。

在全球性的生态危机中, 原生生态系统尤其森林生态系统的破坏引起的生态平衡失调是退化生态学研究关注的中心问题, 开展退化生态系统恢复的研究, 探讨行之有效的恢复途径, 已是生态学界共同关心的课题。植被恢复生态学是研究植被恢复与重建技术和方法、生态过程与机理的学科, 它是植被生态学的一个分支学科, 同时也是恢复生态学的主体内容, 因为自然生态系统的恢复, 很大程度上是以植被的恢复为基础的。国内外已启动一些大型的恢复生态学的科研项目, 研究退化生态系统植被恢复过程中种类组成、系统结构及系统功能机理的动态变化, 目的是改善生态环境和促进生态平衡, 提高土地生产力。

退化生态系统的形成是各种干扰方式和不同干扰强度作用的结果,其形成过程使系统变得越来越脆弱。生态系统脆弱性的研究虽然未发展成恢复生态学的一个分支学科,但利用脆弱性与退化生态系统各因子的关系,应用到退化生态系统的恢复研究中,就具有明显的指导意义。因为生态系统的脆弱性与退化生态系统的特征关系密切。本文着重讨论它们之间的关系,探讨脆弱性的一些基本理论在退化生态系统植被恢复上的应用。

3 脆弱性与其他因素的关系

3.1 脆弱性与稳定性的评价

一般认为,生态系统的脆弱性与稳定性是两个内含相同但表现形式相反的概念,高的脆弱性即意味着低的稳定性。许多学者都对稳定性下过定义,包含的内容相当广泛^[4],Orians 规定了稳定性 7 个不同的属性^[5],Westman^[6]为稳定性提出相互独立的 7 个方面,Whittaker 甚至给稳定性下过 13 种不同的含义,并且还认为不够完善^[7]。由于脆弱性或稳定性含义相当复杂,人们在实际应用上面临许多相关的难题,利用它来评价一个生态系统时必须考虑如下几个问题:

脆弱性的不同方面并不一定密切相关,比如,一个生态系统的土壤肥力和系统内的某种生物的抗干扰能力是描述系统脆弱性的两个方面,但肥力的高低并不一定与该种生物的抗干扰能力发生必然的联系,生态系统某方面较脆弱的同时,另一方面或许相对稳定,评价生态系统的脆弱性需有一整套综合性的概念和方法。

脆弱性的各个方面不可能绝对性地量化,脆弱性的整体亦然。还是以土壤肥力为例,土壤肥力的高低可通过各项指标体现出来,人工林生态系统中没有固氮特性的先锋树种能否生存或生长的快慢与这些指标(比如 N 素含量)或许有一定的定量关系,但对有固氮能力的先锋树种而言, N 的指标则不是限制因子,故土壤肥力的量化指标在这种情况下不起作用。

评价生态系统的脆弱性还取决于研究主体所考虑的时间和空间尺度以及系统内生物类群的大小^[12],某一生态系统从长期的角度来看是稳定的,短期的观察则是脆弱的。美国西部的针叶林经常出现火灾,这种针叶林在火因子的干扰下是脆弱的,火灾是灾难性的但却是局部的,非长期性的,因为,从更大的区域来看,火灾往往又是维持该地区森林景观,维持固有的林相、结构、多样性和种类组成的重要生态因子,从大的景观(大尺度)来考虑是稳定的。红椎(*Castanopsis hystrix*)是广东鼎湖山常绿阔叶林的先锋建群种,由于它的幼苗耐阴性差,群落内种群的更新异常困难,随着时间的推移,红椎这一种群将会退出原来的群落。可以说该种群波动较大,是脆弱的,但是相同生活型的种类会取而代之,常绿阔叶林群落的结构、功能以及总体的种类组成结构几乎保持不变,从大尺度来看又是稳定的。

3.2 脆弱性与物种的入侵和消亡

物种的入侵和消亡是产生脆弱性的两个基本过程。物种能否成功地加入一个生态系统(入侵)取决于如下 4 个方面:① 与该系统内原有本地种不产生竞争关系;② 没有共同的天敌;③ 该系统具有传粉(指植物)、种源扩散的媒介或互利者;④ 入侵种不具备产生于自身不利的低密度效应。自然界中,入侵一个成熟而稳定的生态系统成功率是很低的,因为这类自然生态系统内相互作用、相互影响的种已充分利用已有的资源从而使新成员的定居相当困难,即使有可能入侵也只

能是加进系统,不可能替代已有的种类。种的入侵,可看作是外部干扰,在如此压力之下,生态系统的脆弱程度表现不一,如果被入侵的是一简单群落,那怕其中一些植物被消除就会引起生物链的崩溃,而入侵者是一个杂食性的种类,同时它又没有相应的天敌,那么入侵的后果会更加严重。种入侵现象往往发生在正在演替中的、较脆弱的生态系统。反之,如果某一演替系列在某一时期出现大量的种类入侵,显示该系统是处于相当脆弱的时期,人为干扰会导致系统演替停止或出现逆向演替。

与入侵相反,物种的消亡则是常常发生的事情,种的消亡有自然原因也有人为因素。自然条件下,富营养化、区域流行病、种的传播和群集能力低下、大规模迁移、气候变动、火山爆发、地磁逆转、陨石下落、捕食特性和竞争等一系列因素都会造成物种的消亡。最常见的与人类有关的种类消亡的原因包括:过渡捕杀、生境被毁坏、病原的引入、捕食者和竞争者的引入以及化学污染物等,除此之外,人类的大规模迁移和新的定居也会产生同样的问题。一个种的入侵或灭绝可能会引发生态系统内出现进一步的种类更换和种群波动。因此,了解生态系统对种的入侵和消亡的反应是判断脆弱性的基础。

脆弱性是衡量生态系统抵抗力的特征之一,脆弱性要处于一定的干扰条件下才显示出来,生态系统的抵抗力除有赖于种的丰富度和复杂性外,还决定于消亡种是属于哪一层的营养级(即被干扰的方式)。对于种类较单一的植物群落,消亡种若是上层乔木,后果是致命的,系统的脆弱性将达到极点,下层大多数耐荫植物(包括上层树种的幼苗)将会不适应新的环境而大部分消亡,林内的动物和土壤生物数量急剧减少^[9],原群落种类组成将会发生根本性的变化。

3.3 脆弱性与多样性

生物多样性是生态系统稳定的基础,生物多样性高,系统的脆弱性低。生态系统种的丰富度和种类组成是多样性最基本和最重要的两个度量,其变化的程度不受时间的影响,因而也是研究脆弱性最合适的两个参数。温远光等研究了大明山原生常绿阔叶林与采伐后20年恢复起来的次生林的植物种数量特征及种的丰富度,以皆伐、择伐(择伐强度为70%)和原生作为干扰的不同方式和不同强度,发现砍伐常绿阔叶林后,经过一段时间(20年)的自然恢复,皆伐后的次生林中,有56种未见于原生林内,而择伐后的次生林中只有38种未见于原生林,即皆伐次生林的物种与原生林的物种共有率较低,为63.03%,而择伐的物种共有率较高,为73.36%^[2]。这说明不同的干扰强度对退化生态系统种类组成恢复的影响是很明显的。

种类单一的森林群落往往极易受到外界因素的干扰,其抗干扰能力低于种类组成较丰富、结构较复杂的森林群落。广东地区有大面积的马尾松纯林,80年代末90年代初曾经遭受松突圆蚧(*Hemiberlesia pitysophila*)的袭击,出现大面积连片松林死亡的情况,给当地经济造成巨大损失。在同一地区,某些局部性的连片人工阔叶混交林和针阔叶混交林(如在鹤山市)却能抵御这种虫害。因为松突圆蚧主要危害松树的生长点,虫害的扩散是通过邻近的植株逐步传播,而针阔叶混交林和阔叶混交林的种类配置结构具有抑制虫害传播的条件,故能成功地躲避自然灾害。这是系统多样性带来的高抗干扰能力(低脆弱性)的明显例证。

退化生态系统植被恢复研究中最令人关心的问题之一是系统内物种多样性的发展,任何一种退化生态系统,就其性质而言都是脆弱的,未成熟之前(恢复的过程中)即使微弱的干扰都会使其

延缓或停止顺向演替,强度大的干扰还可能导致逆行演替。人为地配置多样性的生态系统是提高退化生态系统稳定性的有效手段之一。彭少麟等从脆弱性的角度出发,就热带雨林能否恢复曾作过详尽的论述^[1,9],他们的理论研究和实践表明,通过人工生物措施启动群落演替,在热带地区水土流失严重、寸草不生的沿海侵蚀地上进行植被恢复,这些人工植被是能够恢复为地带性季风林的,而关键的问题之一是物种的多样性能否逐渐恢复发展。在恢复过程中,植物多样性的发展又是整个生态系统多样性增加的关键,因为多样性的植物为更多的消费者提供食物,多样性的植物形成多层的根系,又为土壤生物提供良好的生境,这样就创造多样的异质空间,容纳更多的生物,从而使生产力随之提高,生态系统变得更加稳定,植被恢复得以实现。

3.4 脆弱性与第一性生产力

第一性生产力(Primary productivity)是决定整个生态系统对资源利用效率的生态指标,第一性生产力较低或者生产力不稳定的地区(如荒漠、山顶和人为干扰较严重的热带雨林地区)所面临的是一个不利于生物繁殖的生态条件^[10],在受干扰以后其恢复的速度甚慢,因而是脆弱的。比如山顶,当我们谈及植物与动物的扩散时,它就好象一座孤岛,极易受到干扰,与山坡或山底沟谷发育良好的植被相比,山顶的第一性生产力非常低。在种类单一的人工森林群落中,其种类组成和群落结构比阔叶混交林简单,系统是比较脆弱的,群落异质空间的多样性程度低,植物利用空间的层次少,太阳能利用率低^[11],第一性生产力远不如阔叶混交林。

林龄大致相同的湿地松林、大叶相思林和阔叶混交林人工群落的各项生物量测定显示:阔叶混交林的生物现存量明显高于其他两种纯林(表1)。考虑到当地的森林病虫害时有发生,降雨强度大,台风频繁等自然条件,阔叶混交林在抗自然干扰方面的优势也是明显的,一方面它对病虫害的抵抗力胜于纯松林,另一方面抗台风的能力又比大叶相思林较优,同时它的林冠能拦截雨滴,减弱雨水对林内地表的冲蚀,保护垫面植物,促进土壤生物的生长和土壤表层发育,形成良好的多层多样性的生态系统,因此阔叶混交林的功能比其他两种纯林要强,生态系统也较稳定。

3.5 脆弱性与生态位

生态位是指每个物种在群落中的时间和空间位置与其机能关系,或者说生态位就是群落内一个种与其他种的相关位置。它是用于概括说明某物种究竟是怎样生活在地球上的生态因子群的;生活在一起的种,必须每一个具有它们自己的独特生态位,物种生态位的大小反映了种群的遗传学、生物学和生态学特征^[13]。一个生态位分化程度高的生态系统中种类非常丰富,其脆弱性低,抗干扰能力强,热带雨林就是一个生态位分化程度很高的最好例子,在热带雨林中地上与地下的空

表1 广东鹤山各类人工群落生物量分布和生物增量($t\text{ hm}^{-2}$)^{*}

Table 1 Distribution and increment of biomass ($t\text{ hm}^{-2}$) in different artificial forests in Heshan, Guangdong

生物量 Biomass	湿地松林 <i>Pinus elliottii</i> forest	大叶相思林 <i>Acacia auculaeformis</i> forest	阔叶混交林 Broadleaf mixed forest
树干 Trunk	41.3	53.1	47.7
树枝 Branch	15.1	14.7	14.8
叶 Leaf	17.7	16.5	17.8
根 Root	28.0	11.4	22.8
总生物量 Total	95.2	95.8	103.3
年增长量 Annual increment ($t\text{ hm}^{-2}\text{ a}^{-1}$)	6.6	7.6	8.56

林龄:湿地松林为10年、大叶相思林7年、阔叶混交林7年。

The ages of forests measured for *Pinus elliottii* forest, *Acacia auculaeformis* forest and broadleaf mixed forest are 10, 7 and 7 years old, respectively.

^{*}引自余作岳^[12] Data are cited from Yu^[12].

间资源被完全充分利用,食物链的环节多且精细,丰富的物种构筑成一个复杂的有机系统;它一旦受到干扰或局部受到损坏,系统能迅速作出反馈和进行修复,重新建立平衡,因而它是稳定的。所以说,生态系统的脆弱性与生态系统的生态位分化的程度呈相反关系。有学者认为,热带雨林生态系统的稳定性与脆弱性并存,它的脆弱是因为该系统对资源的利用程度高带来的负面作用,具体表现在土壤营养被消耗,空间的种类组成与分布的程度高,一旦被破坏,非常难以恢复^[1,9]。但是这种观点并不说明具生态位高度分化的热带雨林生态系统本身是脆弱的,而是由于高强度的干扰破坏雨林以后形成退化生态系统,退化生态系统本身是脆弱的。

应用生态系统脆弱性与生态位关系的原理,可在实践上发挥植物在退化生态系统植被恢复中的作用,以增强新建立的森林生态系统的稳定性和抗干扰能力:(1)利用植物种的生态位分化的原理构建多层多种的群落结构,林冠对雨水的截留,林下垫面凋落物的积聚,能起到减缓雨滴对地表的冲刷、减少地表径流量和控制水土流失的作用;(2)植物有机残体和根系的穿透作用,根系分泌物的理化作用,可以促进土壤的发育和熟化,改善局部环境,并在水平和垂直空间上形成多格局和多层次,造成生态位的多样性,促使生态系统生物多样性的形成;(3)应用生态位的原理,构建具有植物根系错落交叉的整体网络结构的群落,增加固土防冲能力,为其他生物提供稳定的生境,逐步建立稳定的森林群落^[1]。

实践上若不注意客观规律,不善于利用生态系统的脆弱性与生态位的关系,往往会出现事与愿违的结果。桉树林是华南地区常见的人工林,这种人工林群落林下的光板现象相当普遍,由于群落结构简单,缺乏下层结构,若长期经营常常导致土壤的衰退,土壤微生物量减少(表2),个别人工桉林的水分效应甚至比没有植被覆盖的裸地还差(如地下水位更低,雨水对地面的冲蚀更严重)^[4]。这种纯桉树人工林非常脆弱,更新种的种子和幼苗无法生存,土壤的理化性状没有明显改善,群落的下层几乎是一个空置的、未被占领的生态位,林段生产力低,群落的演替速度缓慢,脆弱性高而易受干扰。

华南人工桉林下的光板现象是生态系统脆弱的具体表现,它的形成是由自然干扰和人为干扰造成的。自然干扰这里是指人们常说的化感作用,桉树本身分泌一些次生性的代谢化合物,对其它植物,尤其是当地的植物树种有排斥的作用,使得林下的植物种类稀

少;人为干扰指当地居民不断的刮走枯枝落叶(用作燃料),从而加剧了这种现象的形成,以致直接阻碍土壤肥力的提高,特别是阻碍了上层土壤生物的发展,更新种的种子也因此而缺乏保护层(抚育层),难以保存和萌发^[15]。两种干扰使得桉林群落的生态位分化非常单一,无法保障系统的稳定。人工造林时,应充分考虑干扰的因素,选择能抵御化感作用的下层树种营造结构合理的森林群落,同时杜绝人为干扰,使生态系统的各生态位得以合理利用,才能增加群落的稳定性,使生态系统朝良性方向发展。

表2 干扰对窿缘桉林土壤肥力和土壤微生物的影响*

Table 2 Impact of interference on soil fertility and microbes in *Eucalyptus exserta* forest

植被类型 Vegetation type	pH	有机质 (%) Organic matter	全 N (%) Total N	全 P (%) Total P	干土微生物总数 Microbe sum in dry soil (10 ⁶ g ⁻¹)
8年保护的桉林(A)	4.44	1.87	0.09	0.04	16.13
经常受干扰的桉林(B)	4.46	0.45	0.05	0.03	1.45
自然次生林(C)	4.34	3.21	0.18	0.09	13.33

A=*Eucalyptus exserta* forest protected for 8 years; B=*E. exserta* forest disturbed frequently; C=Natural secondary forest.

*引自彭少麟^[15] Data are cited from Peng S L^[15].

3.6 脆弱性与环境因子

生态系统的脆弱性与环境因子并不存在必然的因果关系,但环境变化,尤其是群落内小气候的变化能反映生态系统的脆弱程度。利用这种关系,把环境因子作为生态系统脆弱性评价的基础,通过预测环境因子变化,特别是那些对种类动态起关键性作用的环境因子的变化,可判断生态系统稳定性。植物群落中,群落对诸环境因子的反应,最明显的是群落内的热条件。

群落对热状况的改变或影响,首先是群落的作用面林冠层吸收和反射了大量的太阳辐射,使进入群落内的辐射能减少,从而减少了群落内的热量,而密闭的植冠层又起着被覆保温作用,使群落内的热量不易散失和变化。同时,群落中重迭的层次结构,又阻碍了群落内部及其与群落外部的热量交换,因此,在某种意义上群落内温度的稳定性和温度的下降的程度,是与群落的郁闭度和组成的层数成正比例,即系统越稳定,温度的变化越缓和。此外,群落中植物的蒸腾和枯枝落叶的蒸发不断消耗热能,调节系统内的温度,缓和地表温度的振幅和热量的散失,使系统内的水分状况相对稳定^[6]。这种规律在粤东五华地区较脆弱的灌丛草坡群落和较稳定的次生阔叶林群落中形成鲜明对照(表3),前者的环境温度和湿度变幅明显大于后者,尤其是最高和最低的气温、地表温度和相对湿度的比较更说明这一问题。野外定位观测数据显示,灌丛草坡群落一年内最高气温可达到39.0℃,地表最高温度为47.0℃,相对湿度最低值是44.0%,气温和地表温度最低值及湿度的最高值分别是:10.0℃、8.0℃和100%;而次生性阔叶林群落的气温、地表温度及最低湿度的记录分别是:36.0℃、38.5℃和54.0%,气温和地表温度的最低值及湿度的最高值分别为10.0℃、10.0℃和90.0%。因此,灌丛草坡小气候的稳定性比次生阔叶林低。

表3 广东粤东五华县灌丛草坡和次生性阔叶林温湿度的季节变化(1996)

Table 3 Seasonal variation of temperature and humidity of shrub-grassland and secondary broadleaf forest in Wuhua, Eastern Guangdong in 1996

日期 Date	时间 Time	气温 Air temperature(℃)						地表温度 Surface temperature(℃)						相对湿度(%)	
		最高 Max.		最低 Min.		瞬时 Instant		最高 Max.		最低 Mix.		瞬时 Instant		Relative humidity	
		SBF	SGL	SBF	SGL	SBF	SGL	SBF	SGL	SBF	SGL	SBF	SGL	SBF	SGL
960113	8:00			10.0	10.0	10.8	11.0			10.0	8.0	11.0	12.0	90	100
	14:00	23.0	27.0			20.8	23.2	24.0	38.0			22.0	33.5	67	56.0
	20:00					17.6	17.8					17.0	18.5	79	44.0
960410	8:00			14.5	14.0	14.7	14.3			14.5	15.5	15.0	16.0	100	97.0
	14:00	21.0	24.5			19.5	21.3	21.0	27.5			20.0	26.5	68	63.0
	20:00					17.2	17.5					18.5	21.5	83	71.0
960715	8:00			22.8	23.0	25.8	26.7			24.0	23.0	25.0	26.5	97	88.0
	14:00	36.0	36.0			31.0	32.5	38.5	47.0			30.5	35.0	72	61.0
	20:00					28.0	29.5					28.0	31.0	81	74.0
961013	8:00			15.0	15.0	19.6	19.0			15.5	16.5	20.0	21.0	93	94.0
	14:00	30.0	39.0			28.0	30.5	29.0	46.5			27.0	46.5	54	48.0
	20:00					25.6	27.7					24.5	31.0	65	53.0

观测数据由华南植物研究所敖惠修高级工程师提供。Data were obtained from Mr. Ao Huixiu, Senior engineer, South China Institute of Botany. SBF: 次生性阔叶林 Secondary broadleaf forest; SGL: 灌丛草坡 Shrub-grassland

粤东地区的五华县自然条件优越,历史上曾是森林茂密、山清水秀之地,由于人口增长过快,过度开垦和采薪,使原有的亚热带森林植被遭到彻底的毁坏,造成严重的水土流失,阻碍了当地农业的发展。近十年的封山育林和人工水土整治工程的实施,使原来的荒山披上了绿装,消

失的南亚热带常绿阔叶林正在缓慢地恢复,其中灌丛草坡和次生性阔叶林是植被恢复演替进程中具有代表性的前后两个阶段。灌丛草坡群落的主要种类有红鳞蒲桃(*Syzygium hancei*)、荷木(*Schima superba*)、马尾松(*Pinus massoniana*)、岗松(*Beckea frutescens*)、桃金娘(*Rhodomyrtus tomentosa*)、鹧鸪草(*Eriachne pallescens*)、地捻(*Melastoma dodecandrum*)和芒箕(*Dicranopteris dichotoma*)等,而乔木树种处于幼苗时期。次生性阔叶林群落的主要植物种类包括荷木、马尾松、红鳞蒲桃、华杜英(*Elaeocarpus chinensis*)、坚荚树(*Viburnum sempervirens*)、毛冬青(*Ilex pubescens*)和樱叶石楠(*Photinia prunifolia*)等,群落的乔、灌、草三层的分化非常明显。从前者向后者演替,是一个漫长的过程,此阶段需大量的当地植物种入侵、定居,入侵种能否成功,小环境起到关键性的作用,因为,新种的入侵非常依赖群落的小气候条件。种子的萌发、幼苗的生长需要一个较稳定的小环境。只有相当数量的植物成功地进入这个群落,才能过渡到演替的第二阶段,即次生性阔叶林群落。因此第一阶段系统是非常脆弱的,微弱的干扰会使群落的小环境变得更不稳定,阻碍新的种类加入系统,以致演替速度下降或停止。因此,此时人为保护非常重要。一旦成功地过渡到第二阶段,群落的生物多样性、多种层次的空间结构有了明显的发展,群落就变得较为稳定。

以上是脆弱性与退化生态系统某些方面的关系,实践上我们还可以利用脆弱性的理论,判断生态系统被干扰的程度,确定退化生态系统的类型,界定退化生态系统的大小,或者通过研究生态系统的种类组成的变化趋势,模拟某些关键种的变化来预测生态系统在某种干扰下产生退化的结果,进而采用不同的恢复途径和方法。

参考文献

- 1 余作岳,彭少麟. 热带亚热带退化生态系统植被恢复生态学研究. 广州: 广东科技出版社, 1996, 1-9,10-30
- 2 温远光,李信贤,元昌安等. 不同采伐方式对常绿阔叶林物种多样性保持与恢复的影响. 生物多样性研究进展. 首届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文集. 北京: 中国科学技术出版社, 1996, 354-360
- 3 Nilsson C et al. Can rarity and diversity be predicted in vegetation along river banks? *Biological Conservation*, 1988, 44:201-212
- 4 Jordan C F. *Tropical Ecology*. Stroudsburg, Pennsylvania: Hutchinson Ross Publishing, 1981, 31-89
- 5 Orians G. Diversity, stability and maturity in natural ecosystems. *Unifying Concepts in Ecology*. The Hague: Dr W. Junk Publishers, 1975, 139-158
- 6 Westman W E. Measuring the inertia and resilience of ecosystems. *BioScience*, 1978, 28:47-60
- 7 Whittaker R H. *Communities and Ecosystem*. New York: Macmillan Publishing Corporation, 1975, 169-181
- 8 谭炳林,丁勇,黄明度等. 松林生态系统节肢动物群落生态研究(I、II). *生态学报*, 1995, 15(增刊A):165-177
- 9 彭少麟. 南亚热带森林群落动态学. 北京: 科学出版社, 1996, 39-47
- 10 Osmond C B et al. *Physiological Processes in Plant Ecology*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1980, 2-10, 378-418
- 11 赵平,曾小平,余作岳. 广东鹤山丘陵地人工林几种乔木的光合年变化. *生态学报*, 1995, 15(增刊A):64-67
- 12 余作岳,彭少麟等. 热带亚热带退化生态系统的植被恢复及其效应. *生态学报*, 1995, 15(增刊A):1-17
- 13 王伯荪. *植物群落学*. 北京: 高等教育出版社, 1987, 30-37
- 14 周国逸. *生态系统水热原理及其应用*. 北京: 气象出版社, 1997, 81-108
- 15 彭少麟,方炜,曹洪麟等. 人类干扰对热带人工桉林生态系统的影响. *生态学报*, 1995, 15(增刊A):31-37
- 16 Larcher W L. *Physiological Plant Ecology*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1980, 18-50