

# “关键种”理论与福建南亚热带极度退化生态系统重建构想

朱小龙, 裘丽, 李振基

(厦门大学生命科学学院, 福建 厦门 361005)

**摘要:** 从“关键种”理论入手, 结合福建省南亚热带环境与植物资源的实际, 以实现适宜的顶级群落为目的, 探讨快速重建福建省南亚热带极度退化生态系统的模式, 即先使用福建南亚热带当地榕属植物营造生态系统的“关键植物资源”使之能自我维持, 然后以关键植物资源为构架, 通过自然扩散和人工协助等综合手段, 依靠生态系统的自组织, 重建整个生态系统。同时, 对运用“关键种”理论指导福建省南亚热带极度退化生态系统重建的几个瓶颈问题, 以及开展南亚热带极度退化生态系统生态重建实践对“关键种”理论本身的意义进行了探讨。

**关键词:** 关键种; 生态重建; 福建南亚热带

**中图分类号:** S781.5      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1002-7351(2002)02-0004-05

## The Key Species Theory and the Reconstruction Conception of Extremely Degraded Ecosystem in the Southern Subtropical Zone of Fujian

ZHU Xiao long, QIU li, LI Zhen ji

(The Life Science College of Xiamen University, Xiamen 361005, China)

**Abstract:** Beginning with the Key Species Theory, combined with the fact of southern subtropical zone environment and plant resource in Fujian Province and taking realizing the suitable climax as objective, this paper approached the mode of rapidly constructing the extremely degraded ecosystem in the southern subtropical zone of Fujian Province. Meanwhile, some critical problems of using the Key Species Theory to guide the reconstruction of extremely degraded ecosystem in the southern subtropical zone of Fujian Province and the significance of developing ecology reconstruction practice of the aboved ecosystem on the theory itself were approached.

**Key words:** key species; ecological reconstruction; southern subtropical zone of Fujian

本文拟从生态恢复过程中的“关键种”理论入手, 结合福建省南亚热带环境与植物资源的实际, 以实现适宜的顶级植被为目标, 探讨福建省南亚热带极度退化生态系统快捷生态重建的模式, 即通过自然扩散和人工协助等综合手段, 依靠非平衡态系统的自组织功能, 利用福建南亚热带森林生态系统的“关键植物资源”使得极度退化生态系统得以自我维持和重建。

### 1 福建省南亚热带极度退化生态系统形成原因及概况

福建省南亚热带位于欧亚大陆的东南端, 紧邻太平洋, 是明显的海洋性季风气候, 分布于北起连江以东, 黄歧半岛以南沿海, 沿福州盆地北缘, 在闽清以东折向戴云山东坡, 沿博平东岭入广东一线东南部的广大山地和丘陵地区, 土壤为花岗岩风化壳性红壤, 占一半以上, 地带性植被为以壳斗科、樟科、大戟科、紫金牛科植物为建群种的南亚热带雨林<sup>[7]</sup>。南亚热带森林生态系统的退化主要是由人口增多后, 人们大量开垦农田种植作物引起。另外, 木材的采伐也是导致森林退化的原因之一。至今, 由于人类的干扰, 福建南亚热带的地带性植被—南亚热带雨林除了南靖县和溪六斗山、虎伯寮、鹅仙洞等少数地方外, 已全部遭到或轻或重的破坏。

在干扰较轻的区域, 建群种的少量破坏会造成植被逐步从顶极群落退化形成针阔混交林或者针叶林, 在干扰停止后长时间封山育林可以自然演替回原先的状态; 而在干扰严重地区, 建群种大量破坏的同时引

收稿日期: 2001-12-21

作者简介: 朱小龙(1977-), 男, 福建漳州人, 厦门大学生命科学学院生态研究所硕士研究生, 从事恢复生态学研究。

起下层阴生草本和灌木植物因不适应阳生环境而死亡,地表植被的破坏造成水土流失,而水土流失进一步加剧了生境的恶化。这样的恶性循环加上南亚热带季风性气候所伴有的暴雨和洪涝灾害,会直接使植被退化到次生裸地或灌丛、草丛等极度退化生态系统阶段。

福建南亚热带因严重干扰而造成的极度退化生态系统主要有 3 种类型:①灌丛,在福建南亚热带分布广泛,包括桃金娘灌丛、岗松灌丛;②石头裸露,主要分布在厦门、漳州、南安;③崩岗,主要分布在安溪等。极度退化生态系统土地贫瘠,水源枯竭,生态环境恶化,生物多样性受损,生物生产力极低,从而严重地制约着农业生产的发展和影响人类的生活质量。如何在福建南亚热带极度退化生态系统上重建具有自我维持能力的森林生态系统,是改善生态环境、提高区域生产力、实现可持续发展的关键。

## 2 生态恢复概念及在南亚热带陆地退化生态系统的恢复实践

### 2.1 生态恢复概念

恢复生态学是一门在 80 年代以来得到迅速发展的现代生态学分支学科,它的研究对象是生态恢复。所谓生态恢复,是关于组装并试验群落和生态系统如何开始工作的过程;从另外的角度讲,生态恢复就是应用植物群落的次生演替原理再造一个自然群落或再造一个能自我维持的群落,其本质在于重建生态系统的必要功能并使系统能够自我更新。因此,余作岳等认为,恢复生态学是研究生态系统退化的原因、退化生态系统恢复与重建的技术与方法、生态学过程与机理的科学<sup>[18]</sup>。

到目前为止,自我设计与人为设计理论是从恢复生态学中产生的理论。自我设计理论认为,只要有足够的时间,随着时间的进程,退化生态系统将根据环境条件合理地组织自己并最终改变组分。而人为设计理论认为,通过工程方法和植物重建可直接恢复退化生态系统,但恢复的类型可能是多样的。在生态恢复实践中,学者们更倾向于人为设计理论。

### 2.2 生态恢复的途径与实践

在自然情况下要使极度退化生态恢复成森林是个漫长的过程,经世界各地多年的实验发现,在生态恢复中,森林发育的一些典型阶段不必经过,可以适当模拟地带性植被的群落结构,采用一步(直接模拟地带性植被结构造林)到位或二步到位(先种先锋群落,再间种地带性种类)的方法实现森林的尽快恢复<sup>[12]</sup>。

目前,国内在南亚热带陆地生态系统退化恢复开展研究的主要有余作岳、彭少麟、孔德珍、蓝崇钰等人。余作岳、彭少麟等在广东小良开展的裸地植被重建采用二步到位的方法,主要可分 2 个阶段:一为重建先锋群落,即在进行本底调查基础上采取工程措施与生物措施相结合,但以生物措施为主的综合环境治理方法,选用速生耐旱耐脊的桉树、湿地松和相思树,重建先锋群落;二为配置多层多种阔叶混交林即模拟自然森林演替过程的种类成分和群落特点,在松桉林先锋群落的迹地上开展阔叶混交林的配置研究<sup>[10-12]</sup>。孔德珍等在江西亚热带红壤退化生态系统进行恢复研究也采取二步到位法<sup>[4]</sup>。蓝崇钰等主要在垃圾场和铅锌尾矿废弃地开展生态重建研究,蓝崇钰等发现铅锌尾矿废弃地植被恢复能否取得成功很大程度上依赖于物种的选择和基质的改良,基质的改良重要有效的技术主要有化学改良法和有机废物的利用 2 种手段<sup>[5]</sup>。余作岳、彭少麟、孔德珍、蓝崇钰等的工作均已取得了很重要的成果,在理论上和实践上都有巨大的进展,同时也获得显著的生态和经济效益。但是,部分研究中重建先锋群落过程中大量应用了外来物种来恢复退化的植被,虽然在短期可以取得成功,但是长期的生态后果可能是不可预料的<sup>[19]</sup>。

## 3 “关键种”理论与生态重建

### 3.1 “关键种”理论及其发展

“关键种”(keystone species)概念源于捕食者对群落中物种多样性的控制思想。1966 年由 Pine 在《食物网复杂性与物种多样性》一文首次明确提出。“关键种”概念及其依据的理论认为:生物群落内不仅存在着制约种分布与多度的相互作用关系,而且还存在着起关键作用的物种,即“关键种”,它对其他物种的分布和多度起着直接或间接的调控作用,决定着群落的稳定性、物种多样性和许多生态过程的持续或改变<sup>[27]</sup>。“关键种”理论支持了 Clements 为代表的对生物群落性质认识上的生物观(也称机体论)。“关键

种”概念提出后,学者们进行了尝试性研究,并将这个本用于捕食者的术语引申开来,已经确定了关键捕食者、关键植食动物、关键病原体、关键寄生物、关键植物资源、关键散布者等类型<sup>[13, 14]</sup>。

经过 30 多年的研究实践,许多学者对“关键种”理论给予了充分的肯定,开展的工作使之得到了完善和充实,研究内容也从关键捕食者的调控作用,拓展到生态系统多样性和生态过程稳定性等诸多方面。如 Menge 对澳大利亚堡礁的海星与贻贝的关系的研究<sup>[4]</sup>, Hixon 与 Brostoff 对夏威夷鱼类与藻类多样性关系的研究<sup>[23]</sup>, Kerbes 对雪雁作为 Hudson 湾西岸湿地生境关键种的研究<sup>[24]</sup>, 尹林克进行的柽柳(*Tamarix* ssp.) 作为中亚荒漠生态系统关键种的研究<sup>[17]</sup>, 许再富等在热带雨林及其退化区域中关键种和潜关键种的功能与作用的探讨<sup>[14]</sup>, Brown 与 Heske 进行的更格芦鼠作为北美荒漠中关键种组的实验<sup>[20]</sup>, 以及 Soule 与 Wilcox 对 *Casuarina corymbosa* 作为秘鲁热带森林的关键植物资源的研究<sup>[28]</sup>。目前,研究工作已经从过去的以水域生态系统尤其是海洋方面为主的方向拓展到各种类型生态系统上来。

“关键种”理论已成为国际生态学的热点之一。Hixon 等把关键种的确定视为群落生态研究的主要目的之一<sup>[24]</sup>, Soule 等认为进行关键种的种群生存力分析(PVA)是确定其所在生态系统生存力的最适用途径<sup>[28]</sup>, Mills 等人则认为,关键种理论应作为群落生态学中心组织原理<sup>[26]</sup>, Burkey 等认为为了最大程度的保护生物多样性,关键种可以作为进行优先保护的目标,关键种的保护是解决生物多样性保护和土地利用矛盾的根本出路之一<sup>[2, 21]</sup>。

### 3.2 在“关键种”理论指导下的人为设计理论

“关键种”理论与人为设计理论相结合可以应用在生态重建领域。Conway 认为,在退化生态系统的重建和恢复中,关键种的恢复是生态系统结构和稳定性重建与维持的必需环节<sup>[22]</sup>。Soule 和 Wilcox 于 1980 年提出“关键植物资源”的概念,即“为复杂的动态关系提供关键性支持的典型植物”。在森林生态系统中,关键植物资源可以为众多的微生物、地衣、苔藓、有花植物,甚至昆虫、树栖动物提供附生栖息地,为各种鸟兽提供主要食物来源<sup>[28]</sup>。在退化生态系统中,植被的恢复是恢复生态学研究的首要工作,因为几乎所有的自然生态系统的恢复,总是以植被的恢复为前提。因此,极度退化生态系统的生态重建上,可以研究相关地带性植被的群落组成特点,找出关键植物资源,再通过具有自我维持能力的关键植物资源种群或群落的构建,然后在自然和人为协助基础上,注意互惠共生种的恢复,重建整个生态系统。

## 4 运用“关键种”理论指导实践的几个问题

### 4.1 关键植物资源物种的选择问题

从作为重建后生态系统的骨架上考虑,重建选用的物种必须能为其他相关物种提供丰富的生态位,有效地为生态系统的自组织提供空间,包括为众多的微生物、地衣、苔藓、有花植物,甚至昆虫、树栖动物提供附生栖息地,为各种鸟兽提供主要食物来源,成为食物链的一个重要环节。从适宜生长的角度上考虑,南亚热带极度退化生态系统土壤极度贫瘠,理化性差,就要求重建采用的物种具有萌发和生长对环境的要求低、耐干旱的特性。从恢复速度上考虑,为了更快地取得恢复效果,选用的物种必须生长迅速。从生态安全方面,选用的物种必须是当地种,以避免潜在的生态灾难。

福建南亚热带地带性植被——南亚热带雨林的建群种或者优势种主要是红栲(*Castanopsis hystrix*)、乌来栲(*C. uraiana*)、红鳞蒲桃(*Syzygium hancei*)等<sup>[7]</sup>,但是这些植物的生理生态特性使其对萌发及生长的环境条件要求很高,这限制了它们在极度退化生态系统中恢复的应用。而南亚热带次生林的重要物种马尾松(*Pinus massoniana*)、拟赤杨(*Alniphyllum fortunei*)等均为演替中期阶段的建群种,不稳定且生态效益相对较低,为了重建稳定且生态效益高的生态系统,因此也不太适合选用。

榕属植物广泛地分布于热带亚热带地区,是福建南亚热带雨林的一个不可缺少的重要组成部分,在许多自然生态过程中发挥了不可替代的作用。榕属植物满足作为雨林关键植物资源的条件。许再富等研究认为,榕属的一些种类是热带雨林的关键种(从“关键种”的分类上讲,应该属于“关键植物资源”),它们能为很多物种创造生态位并提供丰富的食物,成为生态系统中食物链的一个重要环节。许再富等在雨林生态恢复实践中发现多种榕属植物与其他树木相比较容易在恶劣生境中得到生长的条件,榕属植物的生态

效益明显,在热带雨林恢复中采用榕属植物作为恢复的主导可能是可行的<sup>[15]</sup>。在广西和云南等南亚热带地区,以榕属植物为核心的稳定的群落普遍存在。由于各项环境条件基本相似,在福建省南亚热带极度退化的生态系统以榕属植物为核心开展植被重建工作可能是可行的。

福建南亚热带地区当地榕属植物资源丰富,有17种,其中乔木8种,灌木9种<sup>[6]</sup>,其中榕树(*Ficus microcaipa*)、小叶榕(*F. concinna*)、山榕(*F. virens*)等都具有良好的生理生态特性,在其中选出一种或几种适合在恶劣生境中萌发和生长完全有可能。而且,榕属植物与其传粉者——榕小蜂是一一对应的关系<sup>[8]</sup>,榕属植物种子的数量巨大且易萌发,萌发后植株根的生长具有向水性等特点,先进行小块的榕属植物——榕小蜂系统的构建,通过自然散布,榕属植物可以实现在福建南亚热带极度退化生态系统中的自然扩散,形成稳定能自我维持的种群。在榕属植物自然扩散的同时,以榕属植物稳定种群为核心进行生态系统的自组织,在自然和人为协助基础上,并注意互惠共生种的恢复,达到重建整个生态系统的目的。

#### 4.2 水土控制的问题

福建南亚热带土壤是砖红壤性红壤,土壤肥力不高,有机质含量在2%~3%,土壤的成土作用以富铝化作用为主。所谓砖红壤化作用是指土壤在风化和强度淋失条件下,铁和铝的矿物质就变为不可溶的化合物,在二氧化硅和其他矿物质被淋失以后,这些铁铝化合物就遗留下来形成氧化土的过程。在南亚热带地区,森林植被破坏后会加速土壤砖红壤化的进程,大大降低土壤肥力和土地的生产能力。

福建省南亚热带地区极度退化生态系统土壤极度贫瘠,其理化结构也很差,严重水土流失造成的土壤侵蚀,加剧了生境的恶化。南亚热带次生裸地在自然条件下恢复植被难度非常大,因此首先必须对环境条件开展整治,第一步就是控制水土流失。对于类似崩岗侵蚀地等严重水土流失区域的治理,采取的是工程措施与生物措施相结合的方法。工程措施主要是采取开截流沟、建谷坊工程、削坡开级工程和拉沙坝工程。生物措施主要是挖掘乡土植物资源的优势和潜力,充分发挥崩岗侵蚀地草本植物群落优势种良好的适应,促进并利用在该地段发育起来的植物群落,虽然这样的植物群落种类组成简单但对崩岗侵蚀地恶劣的环境条件却最具适应性。生物措施和工程措施的综合运用可以在一定程度上改善环境条件,为关键植物资源物种的定居提供保障。

另外是对重建选用关键植物资源物种本身抗逆性能力的提高,主要有提高附着能力和保水能力2方面,可以通过附着剂和保水剂对物种种子进行处理。利用附着剂制成种子包衣可提高种子在退化土壤或岩石缝隙的固着能力,保水剂则可固定有限水分并促进其合理利用<sup>[3]</sup>,二者的相结合可以提高关键植物资源种子在恶劣生境中萌发生长的成活率,从而实现定居的成功。

#### 4.3 生态重建过程中的种群遗传学考虑

生态重建的本质是重建生态系统的必要功能并使系统能够自我维持。这就必须使关键种的种群重建在较长的时期内能够应付环境变化的程度,即重建起来的种群必须具有生长、繁殖、迁移和适应进化变化的能力。为了达到这样的效果,根据陈小勇的研究,生态重建必须遵守5个原则:①为减轻恢复过程中取样效应的影响,进行采种或收集幼苗时,应尽可能地随机取样。宫胁法(Miyawaki's method)从自然植物群落中广泛收集种子或幼苗,基本上符合这个原则。因此,在生态恢复实践中可以借鉴宫胁法在自然种群中广泛地选取种子或幼苗。②为避免恢复种群受小种群效应的影响,恢复植物种群应维持一定的有效种群大小。③在进行生态恢复时,种子或幼苗一般应尽量选择离恢复地点最近的种群,或根据气候、地形、土壤等环境条件选择与恢复地点生态条件一致的种群作为种源种群。④在进行生态恢复时,尽量选择一个种源种群,尤其要避免选择相距很远的种群,防止不甘落后种群之间的杂交,避免种群遗传混杂。⑤在生态恢复过程中,为保持种群的长期进化能力,应建立与自然种群类似的遗传变异和遗传分化的维持机制,应在恢复种群与自然种群之间建立适当的联系,使种群之间存在一定的花粉或种子交流,维持一定的基因流<sup>[1]</sup>。这5个原则在利用关键植物资源开展南亚热带极度退化生态系统的生态重建过程中同样是适用的。

### 5 福建南亚热带极度退化生态系统生态重建实践对“关键种”理论本身的意义

生态重建是一项十分复杂的系统工程,许多生态学理论均可以在这个过程得以检验和完善,“关键种”

理论也不例外。在对南亚热带生态重建过程进行长时间的定量定位观测试验,获取有关的生态参数,可以建立相应的基础数据库,在保证数据的标准化、有效性、完整性和连续性的前提下,可以研究以“关键种”为主导,群落和生态系统如何自组织并开始工作的过程。福建省南亚热带极度退化生态系统生态重建实践在发展“关键种”理论和非平衡态系统自组织理论方面可能在以下 3 个方面取得进展:①研究关键植物资源的初级驱动对外来随机散布定居的物种选择,初级驱动对生态重建速率的影响方面。②可以探讨关键种与各非关键种、非关键种与非关键种之间的相互作用关系,作用强度、物种增加过程与生态系统稳定性变化关系方面。③各物种在生态系统中的生态位的获得,在生态系统自组织自我完善过程的各物种生态位动态变化方面。

### 参考文献:

- [1] 陈小勇. 生态恢复过程中的种群遗传学考虑[J]. 长江流域资源与环境, 2000, 9(3): 313- 319.
- [2] 韩兴国, 黄建辉, 等. 关键种概念在生物多样性保护中的意义与存在的问题[J]. 植物学通报, 1995, (12): 168- 184.
- [3] 何景峰, 唐德瑞, 等. SA 型高效型保水剂对造林成活率及苗木生长的影响[J]. 陕西林业科技, 1994, (3): 76- 78.
- [4] 孔德珍. 江西亚热带红壤丘陵退化植被恢复与重建的初步研究[A]. 姜恕, 等. 植被生态学研究——纪念著名生态学家侯学煜教授[C]. 北京: 科学出版社, 1994. 375- 387.
- [5] 蓝崇钰, 等. 矿业废弃地植被恢复中的基质改良[J]. 生态学杂志, 1996, 15(2): 55- 59.
- [6] 林来管, 等. 福建植物志(第一卷)[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1982. 439- 455.
- [7] 林鹏, 等. 福建植被[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1990. 53- 75.
- [8] 马炜梁, 陈勇, 等. 榕树及其传粉者研究综述[J]. 生态学报, 1997, 17(2): 209- 215.
- [9] 彭少麟. 恢复生态学研究进展及在中国热带亚热带的实践[J]. 四川师范学院学报(自然科学版), 2000, 21(3): 221- 227.
- [10] 彭少麟. 恢复生态学与植被重建[J]. 生态科学, 1996, 15(2): 26- 31.
- [11] 彭少麟. 中国南亚热带退化生态系统的恢复极其生态效应[J]. 应用与环境生物学报, 1995, 1(4): 403- 414.
- [12] 任海, 彭少麟. 恢复生态学导论[M]. 北京: 科学出版社, 2001. 10- 35.
- [13] 孙刚, 盛连喜. 生态系统关键种理论的研究进展[J]. 动物学杂志, 2000, 35(4): 53- 57.
- [14] 孙刚, 盛连喜. 生态系统关键种理论: 新思想、新机制、新途径[J]. 东北师大学报自然科学版, 2000, 32(3): 73- 77.
- [15] 许再富. 榕树——滇南热带雨林生态系统中的一类关键植物[J]. 生物多样性, 1994, 2(1): 21- 23.
- [16] 许再富. 生态系统关键种类型及管理对策[J]. 云南植物研究, 1995, 17(3): 331- 335.
- [17] 尹林克. 中亚荒漠生态系统中的关键种——怪柳(*Tamarix* spp.) [J]. 干旱区研究, 1995, (3): 5- 8.
- [18] 余作岳, 彭少麟, 等. 热带亚热带退化生态系统植被恢复生态学研究[M]. 广州: 广东科技出版社, 1997.
- [19] 中国环境与发展国际合作委员会生物多样性工作组. 利用天然植被改善中国退化环境[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001. 3- 5.
- [20] Brown, J. H., and E. J. Heske. Control of a desert grassland transition by a keystone guild[J]. *Science*, 1990, 250: 1705- 1707.
- [21] Burkey, T. V. Extinction in nature reserves: the effect of fragmentation and the importance of migration between reserve fragments[J]. *Oikos*, 1989, (5): 75- 81.
- [22] Conway, W. G. The prospects for sustaining species and their evolution. In D. Western and M. C. Pearl, (eds). *Conservation for the Twenty-First Century* [M]. New York, Oxford University Press, 1989. 199- 209.
- [23] Hixon, M. A., and Brostoff, W. N. Damselfish as keystone species in reverse: intermediate disturbance and diversity of reef algae [J]. *Science*, 1983, 220: 511- 513.
- [24] Kerbes, R. H. Destruction of wetland habitat by lesser snow geese: a keystone species on the west coast of Hudson bay [J]. *Appl Ecol*, 1990, 27: 242- 258.
- [25] Menge, B. A. The keystone species concept: variation in a rocky intertidal habitat [J]. *Ecological Monograph*, 1994, 64(3): 249- 286.
- [26] Mills, L. S. and Soule, M. E. The keystone species concept in ecology and conservation [J]. *Bio. Science*, 1993, 43(2): 219- 224.
- [27] Paine, R. T. Food web complexity and species diversity [J]. *American Naturalist*, 1966, 100: 65- 75.