

恢复生态学与植被重建

彭少麟

(中国科学院华南植物研究所, 广州 510560)

摘要 恢复生态学是现代最重要的分支学科之一, 其理论与方法均在不断发展之中。本文论述恢复生态学的理论、方法与实践, 并探讨热带亚热带区域地带性植被的恢复途径及其效益。

关键词 恢复生态学, 植被重建, 退化生态系统

恢复生态学 (restoration ecology) 是一门在80年代以来得到非常迅速发展的现代生态学分支学科。重建已损害或退化的生态系统, 恢复生态系统的良性循环和功能过程, 称为退化生态系统的恢复。恢复生态学则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学科。

恢复生态学这一名称, 基本上是以其功能来命名的。由于退化生态系统的恢复和重建过程有很大程度的人为促进因素, 并且这个过程是相当综合的和在生态系统层次上进行的, 因而恢复生态学在一定意义上可以说是一门生态工程学 (ecological engineering), 或是在生态系统水平上的生物技术学 (biotechnology)。有些学者因而以其技术特点为理由, 称之为“合成生态学” (synthetic ecology)。

恢复生态学是一门综合性很强的学科, 也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。不仅在生态学内与其它分支—从传统的遗传生态学、生理生态学、种群生态学和群落生态学, 到现代的生态系统生态学、景观生态学、保护生态学等有密切联系, 而且与生态学外的许多相关学科, 如地理学、土壤学、生物气象学、环境化学、工程学、甚至经济学等保持着广泛的学科交叉。因此, 有关退化生态系统恢复与重建的研究, 需要组织多部门多专业进行综合研究。

退化生态系统中的植被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的。

恢复生态学研究对象是那些在自然灾变和人类活动压力条件下受到破坏的自然生态系统的恢复和重建问题, 因而具有十分强烈的应用背景。

1 生态系统退化的原因及植被恢复与重建的意义

1.1 生态系统退化的原因

当生态系统的结构变化引起功能减弱或丧失时, 生态系统是退化的。引起生态系统结构和功能变化而导致生态系统退化的原因很多的, 干扰的作用是主要的原因。由于干扰结果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, 从而导致系统的退化。

干扰使生态系统发生退化的主要机理首先在于干扰的压力下, 系统的结构与功能发

生变化。事实上, 干扰的压力不仅仅在群落的物种多样性的发生和维持中起重要作用, 而且在生物的进化过程中也是重要的选择压力; 在功能过程中, 干扰能减弱生态系统的功能过程, 甚至使生态系统的功能丧失。干扰可来自两个方面, 即自然压力和社会压力。自然干扰包括火、冰雹、洪水、干旱、颶(台)风、滑坡、海啸、地震、火山、冰河作用等自然因素对生态系统的干扰作用。人为干扰包括有毒化学物的施放与污染、森林砍伐、植被过度利用、露天开采等等人为活动因素对生态系统的影响, 属社会性的压力。

干扰的强度和频度是生态系统退化程度的根本原因。过大的干扰强度和频度, 会使生态系统退化成为不毛之地, 而极度退化的生态系统的恢复是非常困难的, 常常需要采取一些生态工程措施和生物措施来进行退化生态系统恢复的启动, 进之恢复植被。若自然生态系统的地下部分(主要是土壤)保留较显完整, 则植被的自然恢复是可行的。

在社会性干扰压力中, 采矿废弃地是应以特别重视的。矿业废弃地是指为采矿活动所破坏的、非经治理而无法使用的土地。根据地矿部门的初步统计, 到1990年为止, 我国共有9000多座大中型国营矿山, 26万座乡镇经营和个人开采的矿山。总计已形成200万 hm^2 的废弃地, 现每年约以2.5万 hm^2 的速度继续扩大。矿山废弃地可直接毁坏了大片森林草地和农田, 把生产性地变成非生产性地; 同时废弃地还造成水土流失, 又是巨大的污染源。因此, 废弃地的整治在退化生态系统的恢复与重建中具有重要的位置。

1.2 植被恢复与重建的意义

1.2.1 植被恢复与重建的社会效益 人类对植被和自然资源的不合理的开发利用, 尤其是资本主义掠夺式的生产方式, 相应地引起自然条件的恶化, 严重的水土流失, 地力的衰退, 风水旱等自然灾害以及流行病等大自然的无情报复。近年来全球平均每年有500万 hm^2 土地, 由于极度破坏、侵蚀、盐渍化、污染等原因, 已不能再生产粮食; 全世界每年以5~7万 km^2 的惊人速度使土地沙漠化; 全世界的热带森林, 每年以2%的破坏率, 到2000年就不复存在了; 20世纪以来, 全世界3800多种哺乳动物中, 已有110种和亚种消失了, 9000多种鸟类中已有139个种和39个亚种消失了, 还有600种动物和25000多种植物正面临绝灭的危险。人类对植被的自然资源的盲目式掠夺式的开发和利用其后果是极其严重的。

我国自然生态系统的退化也十分严重。由于人类过度活动的影响, 工业化和城市化的加速发展, 加之缺乏合理地开发利用, 忽视生态保护和环境整治, 使原有的自然生态系统遭到很大的破坏。据统计, 我国退化土地约150万 km^2 。北方的黄土、南方的花岗岩风化壳红土, 是中国境内侵蚀最严重的地质—地貌单元。

大面积植被破坏后的严重水土流失, 是加剧生态系统退化的主要原因。这类退化生态系统土地贫瘠, 水源枯竭, 生态环境恶化, 从而严重地制约着农业生产的发展和影响人类生存空间的质量。例如华南地区, 每年约有500~600万 hm^2 的土地失去再生产能力。如何进行综合整治, 使退化生态系统得以恢复, 这是提高区域生产力、改善生态环境、使资源得以持续利用、经济得以持续发展的关键。

广东省雷州半岛50年代末人工造林前是一片荒芜状的热带亚热带景观, 经过大面积造林绿化后, 不但改变了原有植被面貌, 并促进了水分小循环, 年雨量从50年代1300mm, 增至60年代的1425.5mm, 70年代达到1708.8mm, 比未造林前增加了31.4%, 大大地优

化了生态环境, 电白小良的植被重建则应是其中之一典范。巴西橡胶 *H. evelia brassiliensis* 在中国北纬24°地带成功建立起大面积的橡胶林, 成为世界上的创举。广东省珠江三角洲的“桑基鱼塘”的生态系统已被推广到发展中国家。草原地区兴建的草库伦, 是一种封育的生态系统, 避免了牧畜过分采食, 践踏, 牧羊得以休养生息, 同时也改变了土壤水分养分、盐分和植被小气候状况, 牧草能充分利用太阳能和地力, 加快了物质循环和能量流动提高第一性生产力, 进而增加第二性的动物量。草库伦的建立是现代化草原的基本建设之一, 也是创建新的植被和生产系统的一种有效措施。

中国科学院小良热带人工林生态系统定位研究站, 几十年来在致力退化生态系统的恢复、整治和重建的过程中, 生产收入逐年增加, 从1960年的18 440元上升1987年的2 193 967元, 1989年的固定资产总值为1 880 000元, 大大超过历年国家投资总额。此外, 通过以小良站为示范样板, 从而使小良站周围369km²的水土流失得到根治, 改善了农业生产条件, 使水稻年产由过去750~ 1500kg/hm², 提高到9000kg/hm²。

退化生态系统的恢复与重建所产生的经济和社会效益, 在各个试验站点均反映出来。中国科学院华南植物研究所主持的鹤山定位研究站, 其构建的优化人工林模式, 以及利用丘陵山地构建的林果草渔和林果草苗复合大农业模式均得大面积的推广。而构建的混交林, 连片推广约20000hm², 成为广东最大的连片混交林, 对防治病虫害、改善区域环境起到重要作用, 成为广东绿化达标后林地管理和林份改造示范样板。

广东省五华试验区在对退化生态系统的综合整治的同时, 1986~ 1990年试验区的农业总产值每年均在增长。若以1985年为100, 1986年则为107; 1987年为141.40; 1988年为209.72; 1989年为308.74; 1990年为350.53。5年时间产值增加了2.51倍。平均每年递增率为28.5%, 3年时间就可翻一番。

显然, 退化生态系统的恢复与重建具有重大的生态效益、经济效益和社会效益, 对生态环境和国民经济建设均具有重要的现实意义和深远的历史意义。

1.2.2 植被恢复与重建的生态效益 在森林植被的恢复中, 森林的发展增加了生态系统的多样性, 产生的功能过程, 对林地土壤、森林水份、林地小气候等均产生高的生态学效应。对人工植被的光能利用率进行了比较, 可以发现在本地带的植被恢复中具有高的生物量积累与初级生产力(表1)。

表1 人工植被恢复后其功能强度的发展

	光板地	桉树林	混交林
乔木种数 T (100m ²)	0	2	11
昆虫种数 (100m ²)	50	100	300
鸟类种数 (100m ²)	4	7	11
微生物数量 (10 ⁷ /g)	0.36	3.55	4.74
土壤动物优势种数	1	3	7
年平均温度(, 1.5cm)	22.8	22.7	22.6
年平均湿度(%, 1.5cm)	83.2	85.5	87.3
光能利用率(CO ₂ /dm ² ·h)*	0.30	7.91	9.16
地面水深度(m)	1~ 4	9~ 11	3~ 5
土壤酸度(10~ 20cm)	4.5	5.0	5.3
有机质含量(%, 1~ 15cm)	0.60	0.75	1.13

* 林冠光强为60000lx

植被恢复与重建过程的森林生态效应,最直观体现在侵蚀的控制上。小良站的研究表明(表2),光板地的侵蚀最严重,为 $52.3\text{t}/\text{hm}^2\cdot\text{a}$;其次是桉树,为 $10.79\text{t}/\text{hm}^2\cdot\text{a}$;人工混交林最低,为 $0.18\text{t}/\text{hm}^2\cdot\text{a}$;与其它地区相比,在瑞士,光板地年侵蚀量为 $2.22\text{t}/\text{hm}^2\cdot\text{a}$,森林为 $0.05\text{t}/\text{hm}^2$;美国的森林年水土流失为 $0.05\text{t}/\text{hm}^2\cdot\text{a}$;在中国的海南岛,轮作后的荒地 $32\text{t}/\text{hm}^2\cdot\text{a}$;而在天然热带山地雨林里则为 $0.05\text{t}/\text{hm}^2\cdot\text{a}$ 。可见人工阔叶混交林对水土的保持能力基本接近天然混交林。

表2 退化生态系统植被的恢复及与控制侵蚀的关系

年份	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	总计	年平均
光板地									
降雨量(mm)	1560	1962	2369	1402	1348	1289	1255	11185	1598
流失量(m^3/hm^2)	3567.4	6022.8	5920.8	2908.1	2946.2	2567.1	2596.9	26524.9	3789.3
土壤侵蚀(t/hm^2)	29.4	44.3	66.2	58.9	71.0	46.2	50.2	366.2	52.3
桉树林									
降雨量(mm)	1658	2013	2415	1394	1352	1285	1285	11402	1629
流失量(m^3/hm^2)	6666.2	10041.9	12808.8	5220.6	6374.5	1913.8	5273.4	49299.3	7042.8
土壤侵蚀(t/hm^2)	6.3	12.4	21.2	12.0	11.3	4.3	8.0	75.5	10.2
混交林									
降雨量(mm)	1494	2040	2431	1400	1368	1313	1257	11303	1615
流失量(m^3/hm^2)	43.3	1728.2	1641.2	3.1	5.8	4.5	2.2	3428.4	489.7
土壤侵蚀(t/hm^2)	0.1	1.0	0.3	0	0	0	0	1.3	0.18

植被恢复的生态效应不但影响林地本身,也影响周围的环境,进而对区域和全球的生态平衡有所贡献。

2 退化生态系统恢复的步骤

植被恢复是重建任何生态系统的第一步。它是人工手段促进植被在短时期内得以恢复。但不同的退化生态系统其技术与步骤是不同的。

2.1 极度退化生态系统的恢复

极度退化的生态系统,其特点是土地的极度贫瘠,其理化结构也很差。由于这类生态系统总伴随着严重的水土流失,每年反复的土壤侵蚀,更加剧了生境的恶化,因而极度退化的生态系统是无法在自然条件下恢复植被的。对极度退化的生态系统的整治,第一步就是控制水土流失。

中国南方红壤区域中,严重水土流失区域会出现崩岗等严重的水土流失现象,如广东省德庆县崩岗面积只占水土流失总面积的17%,流失量却占总流失量的60%以上。其治理应采取工程措施和生物措施相结合的方法控制水土流失。治理崩岗的工程措施主要是采取开截流沟、建谷坊工程、削坡升级工程和拦沙坝工程。生物措施是因地制宜选用合适的植物,人工造林种草,这是一项治本的工作。生物措施与工程措施密切配合,可以相互取长补短,有效地起到控制水土流失的作用。在此基础上再进行植被的重建。

在生物措施中,首先是植物措施。植物在受损害生态系统恢复与重建中的基本作用就

是: A 利用多层次多物种的人工植物群落的整体结构, 通过林冠的截留, 凋落物增厚产生的地面下垫面的改变, 以减缓雨滴溅蚀力和地表径流量, 控制水土流失; B 利用植物的有机残体和根系穿透力, 以及分泌物的物理化学作用, 促进生态系统土壤的发育形成和熟化, 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, 造成生境的多样性, 促进生态系统生物多样性的形成; C 利用植物群落根系错落交叉的整体网络结构, 增加固土防止水土流的能力, 为其它生物提供稳定的生境, 逐步恢复业已退化的生态系统。

小良热带人工森林生态系统定位站是在寸草不长的侵蚀地上开展植被重建实验。基本建设和研究工作从1959年3月开始, 分四个阶段进行: 重建先锋群落 (1959~ 1964): 在进行本底调查的基础上, 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治理方法, 选用速生、耐旱、耐瘠的桉树、松树和相思树, 重建先锋群落。配置多层多种阔叶混交林: 从1973年开始, 模拟自然森林群落演替过程的种类成分和群落结构特点, 在松、桉林先锋群落的迹地上开展阔叶混交林的配置研究。根据1959年的调查资料统计, 试验区附近的村边林, 残存有高等植物293种, 分属于243属、87科, 其中乔木有95种, 灌木有81种, 草本有22种。这些残存的自然次生林的物种结构和层次结构是进行植被重建时种类构建林分改造的科学依据。发展经济作物和果树: 在400多 hm^2 侵蚀地得到全面绿化, 环境条件得到改善后, 开展了多种经营, 种植热带植物和水果。综合研究阶段: 从1980年开始, 采取以空间代替时间的方法, 选择荒坡、桉树纯林和阔叶混交林三个不同植被类型而地貌、岩性、土壤类型和坡度等基本一致的集水区, 分别建立起森林气候、森林土壤和森林水文的综合观测点, 并同步进行植物、动物、昆虫、土壤动物和土壤微生物等方面的生物、生态环境效应的动态观测研究, 从深入地而揭示退化生态系统恢复过程的生态学机理。

对极度退化生态系统的重建及综合研究, 针对性地分阶段进行综合治理和研究是很必要的。早期适宜的先锋植物种类对退化生态系统的生境治理具有重要的作用。在后期进行多种群的生态系统构建时, 更要注意构建种类的选取。彭少麟等 (1992) 研究了广东鹤山5个7年生的人工林群落后指出: 鹤山的混交林, 采用了相当部分的豆科树种与其它阔叶树混交。由于所栽种的豆科植物有较强的固氮能力, 在很贫瘠的土地上有快生速长的特点, 因而与其它树种混栽后能较快地改变生态环境, 在一定程度上也促进了其它树种的生长。因此利用豆科树种与乡土树种混交, 是一种有效的造林途径。

2.2 次生林地生态系统的恢复

次生林地生态系统一般生境较好, 或植被刚破坏而土壤尚未破坏, 或次生裸地而已有林木生长, 因而其恢复的步骤是按上述的演替规律, 人为的促进顺行演替的发展。

(1) 封山育林。这是简便易行、经济省事的措施, 因为封山育林可为阔叶树种创造适宜的生态条件, 促使被破坏的林地的林木生长, 或针叶林逐渐顺行演替为保持土地能力较高的针阔叶混交林, 进而顺行演替为地带性的季风常绿阔叶林。

(2) 进行林分改造。为了促使森林的顺行快速演替, 可对处于演替早期阶段的林地进行林分改造, 如在马尾松疏林或其它先锋林中补种椎栗、木荷、鬃蕨或樟树等, 以促使针叶林的快速顺行演替为高生态效益的针阔叶林混交林, 进而恢复季风常绿阔叶林。

(3) 透光抚育。即在针叶林或其它先锋林中, 对已生长着的一些阔叶树进行透光抚育,

或择伐一些先锋树种的个体, 以促进阔叶树的生长, 尽早形成针阔叶混交林, 顺行演替为生态效益最高的季风常绿阔叶林。

2.3 废矿地生态系统的恢复

采矿地的生态重建应以恢复生态学作为它的理论基础。先用物理法或化学法对废矿地生态系统进行处理, 消除或减缓尾矿、废矿对生态系统恢复或重建的物理化学影响, 再铺上一定厚度的土壤。若矿物具有毒性的, 还需有隔离层再铺土, 然后种上植物。对废矿地或其它污染造成的退化生态系统的植被恢复, 还要注意如下两方面的技术。

(1) 化学改良: 化学改良主要是指化学肥料、EDTA、酸碱调节物质及某些离子的应用。速效的化学肥料易于淋溶, 收效不大, 缓效肥料往往能取得较好的效果。在管理方便的情况下可以少量多次地施用化学肥料。EDTA 主要被用来络合含量高的重金属离子使之对植物的毒害有所减轻。研究还发现, 金属阳离子的毒性可由 Ca^{2+} 的作用而趋于缓和, 富钙废弃物中许多金属的毒性是属于低强度的。钙离子的存在也会减轻铬酸盐的毒性, 这种作用不依附于 pH 值变化和可溶性现象。酸性较高的基质, 可以施放大量石灰石渣滓: 熟石灰或含白云石的石炭等予以中和, 这样往往能取得满意的效果。碱性废物如发电站灰渣可用于改良酸废土。对于碱性基质, 可以施用硫磺、硫酸亚铁及稀硫酸等。近期的一些研究还发现, 磷酸盐能在效地控制伴硫矿物酸的形成, 因而, 磷矿废物亦可用于改良含酸废弃地。

(2) 有机废物的应用: 污水污泥、泥炭、垃圾及动物粪便等富含 N、P 有机质, 它们被广泛地应用于改良矿业废弃地并起到多方面的作用, 首先是它们富含养分, 可以改善基质的营养状况; 其次是它们含有大量的有机质, 可以螯合部分重金属离子缓解其毒性; 再次是这些改良物质与基质本身便是一类固体废弃物, 这种以废治废的做法具有很好的综合效益。试验证明, 污水污泥等往往比化学肥料的改良效果要好。

Restoration Ecology and Vegetation Reconstruction

Peng Shaolin

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

Abstract The present paper deals with the theory and methods of restoration ecology, and probing for the ways and effects of vegetation reconstruction.

Keywords restoration ecology, vegetation reconstruction, degraded ecosystem