

热带亚热带退化生态系统的恢复 与复合农林业^{*}

彭少麟 (中国科学院华南植物研究所, 广州 510650)

【摘要】 我国热带亚热带是人口和环境压力最大的区域之一, 原有自然生态系统遭到很大的破坏, 退化生态系统大面积增加, 这是严重制约农业生产发展的重要因素。长期的恢复生态学定点研究表明, 通过综合整治, 使退化生态系统得以恢复与重建, 具有重大的生态效益、经济效益和社会效益。在丘陵山区进行退化生态系统的恢复与重建实践中所构建的“林-果-草-(牧)-鱼”复合生态系统, 是高产、高质、高效的复合农林业模式, 是促进地方农业经济发展的有效途径。

关键词 热带亚热带 退化生态系统恢复 农业 复合农林业

Restoration of degraded ecosystem and agroforestry in tropics and subtropics. Peng Shaolin (South China Institute of Botany, Academia Sinica, Guangzhou 510650). -Chin. J. Appl. Ecol., 1998, 9(6): 587 ~ 591.

The tropics and subtropics in China are the regions most seriously stressed by human population and environment. The destruction of natural ecosystems and the increasing area of degraded ecosystems are the key factors limiting the development of agriculture. A long-term study on restoration ecology shows that integrated management has a great ecological, economic and social effect on the restoration and reconstruction of degraded ecosystems. The forest-fruit-herbage-grazing-fish complex ecosystem stemmed from the practice of restoration and reconstruction of degraded ecosystems is an agroforestry model with high yield, high quality and high efficiency in hilly areas, and an efficient approach to enhance the development of local agricultural economy.

Key words Tropics and subtropics, Restoration of degraded ecosystem, Agriculture, Agroforestry.

1 引言

人类对植被和自然资源的不合理的开发利用, 尤其是掠夺式的生产方式, 相应地引起自然条件恶化, 水土流失严重, 地力衰退。近年来全世界的热带森林, 每年达2%的破坏率; 全世界每年以 $5 \times 10^4 \sim 7 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的惊人速度使土地沙漠化。中国自然生态系统的退化也十分严重。据统计, 我国退化土地约有 $1.5 \times 10^6 \text{ km}^2$, 而热带亚热带是较严重的区域^[1], 该区域是人口密度最大的区域。近代以来, 由于人类过度活

动和工业化、城市化的加速发展, 加之缺乏合理开发利用, 忽视保护和整治, 使原有的自然生态系统遭到很大的破坏。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。华南每年约有 $5.0 \times 10^6 \sim 6.0 \times 10^6 \text{ km}^2$ 土地失去再生能力^[2]。生态系统退化的标志是物种多样性减少, 结构简单, 土地贫瘠, 水源枯竭, 生态环境恶化, 生产力下降。其结果严重地

^{*} 国家自然科学基金重点资助项目(39330040)和中国科学院重大和重点资助项目。

1997-06-02 收稿, 1997-10-18 接受。

制约着农业生产的发展和影响人类生存空间的质量。

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、农业与经济得以持续发展的关键^[3,4]。50年代后期,中国科学院小良热带人工林生态系统定位研究站(110°54'E, 21°27'N)就开始了退化生态系统恢复的定位研究,这是我国最早进行这方面研究的站点之一。80年代起,中国科学院鹤山亚热带丘陵综合试验站(112°54'E, 22°41'N)进一步开展了这方面的研究。这两个站迄今几十年的研究,积累了大量的科学数据,为热带亚热带退化生态系统恢复与重建和退化生态系统的综合利用提供了示范样板,有效地改善了区域环境,促进了地方农业经济的发展^[4,8~13]。本文对此加以论述。

2 热带亚热带退化生态系统的恢复与农业的发展

2.1 热带亚热带退化生态系统的恢复与重建的方法与步骤

热带亚热带极度退化的生态系统总是伴随着严重的水土流失,土壤极度贫瘠。极度退化生态系统的恢复与重建是极其困难的,需要将其作为系统工程来进行综合整治^[14,15]。

鹤山站第一阶段用5年的时间,在143hm²丘陵荒坡上,依据生态学原理,进行生态设计,配置以林果为主的、结构多样性的人工复合生态系统,调控系统中各组分之间的比例关系,使其朝着最有效地利用太阳能、物质能量多级利用、生物固氮改良土壤和提高生物生产量的方向发展。第二阶段研究人工生态系统恢复与重建过程中的生物与环境、结构与功能及生态与经济之间的相互关系,探讨优化模式并进行

预测,为加速华南热带亚热带丘陵荒坡的造林绿化、水土保持和发展农村经济提供示范样板和科学依据。第三阶段进行机理研究,深入研究森林、大气、土壤之间的物质、能量的产生、输送和转化机理,揭示各种森林类型与温室效应、土壤改良和涵养水源之间的相互关系的规律,找出优化模式并进行预报,为我国热带亚热带丘陵荒坡的全面开发、利用、保护和现代化管理提供理论基础。

小良站在光板地上重建人工生态系统采用4个阶段。首先是重建先锋群落阶段,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。到1972年,433hm²荒坡都披上了绿装。第二阶段起配置多层多种阔叶混交林,模拟自然林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。第三阶段在森林形成的基础上发展经济作物和果树,在400hm²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,种植热带作物和水果。第四阶段则进行综合研究,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3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观测点,并同步进行植物、动物、昆虫、土壤动物和微生物等方面的生物、生态环境效应的动态观测研究,揭示恢复与重建的过程与机理。

2.2 热带亚热带退化生态系统的恢复与效应

长期定位研究的结果表明,热带退化生态系统植被恢复过程中,生态系统的功能总伴随植被结构的发展而增强,出现明显地环境效应和生物效应。其环境效应表

现在生态系统的土壤理化特性、微气候、地下水位的不断优化,尤其是对水土流失的控制.生物效应则表现在生物多样性的不断恢复发展,包括植物、动物(昆虫、鸟类、土壤动物等)和土壤微生物的物种多样性的增加和发展,生产力的提高等^[4,5].

对热带亚热带退化生态系统进行人工植被恢复后,植物多样性发展很快.鹤山造林 5 年后,林地就有不少乡土树种出现,其物种多样性不断增加.小良 30 年林龄的人工混交林,其多样性指数已接近自然林.退化生态系统恢复过程中,群落物种结构的消长总是朝着地带性植被类型的方向,伴随先锋的阳性树种的先发展后衰退和顶极种中生性树种的发展.β 多样性指标的测定结果表明群落物种多样性向地带性植被类型方向演变的进程在前中期是加速进行的^[8].植物多样性导致了群落复杂性.复杂的群落意味着更多的垂直分层、更多的水平斑块格局与复杂的地下根系,这就可能在不同的小生境条件下拥有更多的生物体,包括昆虫、鸟类、微生物和土壤动物等.

在热带亚热带良好的光、温、水条件下,只要先用合适的种类,退化生态系统进行植被恢复是很快的,其生物量积累相当高.鹤山南亚热带 7 年林龄的人工林,其现存量为 100~150t·hm⁻²,已达鼎湖山自然林的 1/4~1/3,具有很快的恢复速度^[7].林地恢复后,其能量环境也不断改善,植被的能量利用效率不断增加.

植被恢复能有效地控制水土流失,小良站 10 年研究表明,光板地的侵蚀最严

重,为 52.3t·hm⁻²·a⁻¹;桉林为 10.79t·hm⁻²·a⁻¹;混交林最低,为 0.18t·hm⁻²·a⁻¹.人工阔叶混交林对水土的保持能力基本接近天然混交林^[5].

退化生态系统植被恢复后导致了土壤理化特性的改善,其土壤含水量、最大毛管持水量和饱和持水量,以及各种营养元素,均显示人工植被对土壤理化结构的改善.小良站对不同植被覆盖下的土壤肥力的研究表明,人工植被恢复后具有显著的效应.1979~1991 年,光板地土壤肥力持续下降:有机物含量从 0.6%下降到 0.45%,含 N 量从 0.06%降至 0.028%,土壤在持续退化;混交林土壤肥力则逐年增加(表 1).退化生态系统的植被恢复后,形成了林内抗逆性较高、波动性较小的小气候(表 2),并影响周围的环境,进而对区域环境有所贡献.

2.3 退化生态系统的恢复对农业发展的促进作用

热带亚热带区域光温充裕,水热条件优越,生态环境改善后对农业生产有很大的促进作用,因而在热带亚热带退化生态系统的恢复与重建中,除显著的生态效益外,还伴随有显著的经济效益和社会效益.

中国科学院鹤山定位研究站,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到大面积的推广,该市通过该模式推广而获得的经济效益 10 年累计近 30 亿元.而构建的混交林,连片推广约 2.0×10⁴hm²,成为广东最大的连片混交林^[17],

表 1 小良不同林龄阔叶混交林的土壤肥力动态

Table 1 Dynamic of soil fertility in various forests with different ages

肥力指标 Nutrient indexes	光板地 Bareland	5 年林 5 years old forest	8 年林 8 years old forest	15 年林 15 years old forest	25 年林 25 years old forest	100 多年自然林 Over 100 years old forest
有机质 Organic material (%)	0.64	1.34	2.07	2.40	2.68	4.18
全 N Total N (%)	0.031	0.076	0.109	0.141	0.135	0.215
全 P Total P (%)	0.006	0.012	0.020	0.033	0.022	0.054
速效磷 Absorbable P(mg·100g ⁻¹)	痕迹 Trace	0.11	0.10	0.13	0.16	0.78

表 2 混交林与裸地的温度和湿度比较(1981~1990 年,)

Table 2 Difference of temperature and moisture between mixed forest and bareland

	年均温 Annual average temp.	最热月均温 Annual temp. in the hottest month	最冷月均温 Annual temp. in the coolest month	极端高温 Maximum temp.	极端低温 Minimum temp.	年振幅 Annual amplitude	相对湿度 Relative humidity (%)
1.5m 处 At 1.5m							
混交林 Mixed forest	22.7	28.5	15.6	35.3	4.8	13.8	87.3
裸地 Bareland	22.9	28.7	15.6	36.3	4.6	13.8	82.7
系统差 System difference	- 0.2	- 0.2	0.0	- 1.0	0.2	0.0	4.6
地面处 At ground							
混交林 Mixed forest	24.0	30.7	16.7	56.2	6.1	15.1	
裸地 Bareland	25.9	33.4	15.9	57.5	5.2	17.0	
系统差 System difference	- 1.9	- 2.7	0.8	- 1.3	0.9	- 1.9	

对防治病虫害、改善区域环境起到重要的作用,成为广东绿化达标后林地管理和林分改造的示范样板。

小良站几十年来在致力退化生态系统整治和重建过程中,水保站的生产收入逐年增加,从 1960 年的 18440 元上升到 1987 年的 2193967 元,现有固定资产总值为 1880000 元,超过历年国家投资总额^[18]。此外,通过以小良站为示范样板,使其周围 369km² 的水土流失得到根治,改善了农业生产条件,水稻产量增加 10 倍。显然,退化生态系统的恢复与重建对生态环境和农业经济建设均具有重要的现实和历史意义。

3 热带亚热带退化生态系统的恢复与复合农林业

在热带亚热带退化生态系统恢复与重建的实践中,特别提出在丘陵地区应用复合农林业生态原理,构建复合生态系统的经验,这是促进农业高速发展的有效途径。

1989~1996 年在中国科学院鹤山丘陵综合试验站及其附近进行“林-果-草(牧)-鱼”复合农林业生态系统定点研究,鹤山市自 1989 年起大力推广该模式,改造山坑低产地为高产、高质、高效的复合农林业模式,极大地促进了地方经济的发展。1990 年,鹤山农委以连片开挖鱼塘为突破口,把边远山坑田、低产田和劳动力转移后出现的丢荒弃耕地,开发成连片鱼塘,建立

了一批山顶植树,山坡种果,山脚筑塘,塘中养鱼,塘头养猪养三鸟,塘基种果、种草、种菜的立体式生产基地。其主要模式有林-果-草-鱼、林-果-猪-草-鱼、果-猪-鱼、果-菇-稻、林-果-鸡-鱼、林-果-鸭-鱼、林-果-蔬-鱼、林-果-鸵鸟等。这些复合农林业生态系统都是因地因时制宜的人工生态系统,具有复合生态系统的结构与功能,它们的发展均遵守生态学和经济学的规律。

以林-果-猪-鱼模式为例,该系统是由森林、果园、猪场和鱼塘构成的,而林、果、猪、鱼本身也各自成系统,因而这类复合模式是由大小循环系统构成、层次分明的水陆相互作用的人工生态系统。该系统的基本成分有植物、动物、微生物和无机环境等,各成分之间又是彼此相联系的,存在着物质流、能量流、价值流的联系。山顶的阔叶林和塘边的草场主要起水土保持作用,猪的粪便进入塘中可以养育众多的水生浮游生物,这些浮游生物和草又可供鱼食用,阔叶林的落叶及塘泥均可作为果园的肥料。可见,这类复合生态系统依据生态位原理把经济价值高的物种引入山坡的不同空间,根据食物链的原理把种植业与养殖业有机地联系起来,实现了系统内能量流动和物质循环。这些模式在鹤山的发展加速了农业从分散性经营向规模经营的转变,促进了鹤山市农业的发展。

鹤山市自 1989 年以来,其农业总收

入、纯农业总产值和复合农林业生态系统的产值逐年增加,农民的年均纯收入也逐年增加.在纯农业总产值中,复合农林业生态系统的产值占农业总产值的比重已由1989年的0上升到了1996年的84.0%,8年中总产值约是总投资额的3倍.从1997

年起,这些复合农业林生态系统的投资额大量减少而产值越来越高,因而其净收入也将越来越高(表3,根据鹤山市农业委员会财务科提供的数据综合).

鹤山复合农林业生态系统在运行过程中,林和果系统可起到水土保持、提高土壤

表3 1989~1996年鹤山市复合农林生态系统的经济效益(×10⁴元)

Table 3 Economyic benefit of agroforestry in Heshan in 8 years

年份 Year	农村总收入 (含农、工业) Total income	纯农业 总产值 Agri. income	复合农林业生态系统产值 Product of agroforestry					农民纯收入 Net income per person (yuan·yr ⁻¹)
			果(蔬) Fruit	林 Forest	牧 Grazieri	渔 Fisher	总计 Total	
1989	46358	16456	0	0	0	0	0	958
1990	53525	18387	618	24	1005	284	1913	1070
1991	63702	20542	1111	0	2309	695	3115	1208
1992	79189	21597	1635	299	4917	1290	8141	1438
1993	259168	48128	18448	1578	8555	3082	31663	1825
1994	338523	64616	28030	1713	13093	5324	48160	2320
1995	426363	78875	35338	2050	17457	7574	62419	2820
1996	521521	102806	48184	2811	25056	10299	86350	3311

肥力、涵养水源和改善生态环境的作用,牧系统产生的垃圾可供渔系统利用,防止污染,渔系统塘泥可作为肥料提供给果林系统,形成营养能量的多重利用.此外,这种复合系统还有效地利用土地资源,增加农产品的种类,丰富市场,增加就业机会.退化生态系统的恢复与复合农林业的发展有良好的生态和社会效益.

我国南亚热带约有退化荒坡面积4.7×10⁷hm²,而且面积还在不断扩大.应用鹤山的经验,在这些退化生态系统上重建复合农林业生态系统,可以充分发挥这些地区的资源优势,并能提高区域生产力,改善生态环境和促进经济持续发展.

参考文献

1 广东省科学院丘陵山区综合科学考察队主编. 1991. 广东山区水土流失及其治理. 广州:广东科学技术出版社.
2 中国科学院广州分院等编著. 1991. 广东省五华县国土治理与开发综合试验研究. 广州:中山大学出版社.
3 李文华等. 1994. 中国农林复合经营. 北京:科学出版社.
4 余作岳. 1994. 广东热带沿海侵蚀地植被恢复生态学研究. 姜恕、陈昌笃主编. 植被生态学的研究. 北京:科学出版社.
5 余作岳、彭少麟. 1997. 热带亚热带恢复生态学. 广

州:广东科学技术出版社.
6 康乐. 1990. 生态系统的恢复与重建. 马世骏主编. 现代生态学透视. 北京:科学出版社, 300~308.
7 彭少麟等. 1992. 鹤山亚热带丘陵人工林群落分析. 植物生态学与地植物学学报, 16(1): 1~10.
8 彭少麟、方炜. 1995. 热带人工林生态系统重建过程物种多样性的发展. 生态学报, 15(增刊A辑): 18~30.
9 彭少麟. 1995. 中国南亚热带退化生态系统的恢复及其生态效应. 应用与环境生物学报, 1(4): 403~414.
10 彭少麟. 1996. 恢复生态学及植被重建. 生态科学, 15(2): 26~31.
11 彭少麟. 1996. 南亚热带退化生态系统的恢复和重建的生态学理论. 应用. 热带亚热带植物学报, 4(3): 36~44.
12 彭少麟. 1996. 南亚热带森林群落动态学. 北京:科学出版社.
13 彭少麟. 1997. 南亚热带森林群落的演替与退化生态系统的恢复步骤. 生态系统建设与区域持续发展研究的生态学理论. 应用(中国地理学会编). 北京:测绘出版社, 66~72.
14 Cairns, J. J. (ed.). 1980. The Recovery Process in Damaged Ecosystems. Ann Arbor Science Publishers Inc.
15 Jordan, W. J. et al. 1987. Restoration Ecology. Cambridge Univ. Press.
16 Parham, W. (ed.). 1993. Improving degraded lands: promising experience from south China. Bishop Musuem Press, Honolulu.
17 Peng Shaolin & Yu Zuoyue. 1993. Species diversity structures of different mair-made tropical forests and their relations with ecological benefits. Natural Resources Management and Conservation in Chinese Tropical and Subtropical Regions. China Science and Technology Press. 205~209.
18 Yu Zuoyue, Wang Zhu hao & He Shaoyi. 1994. Rehabilitation of eroded tropical coastal land in Guangdong, China. J. Trop, For. Sci., 7(1): 28~38.