

江西省不同类型退化荒山生态系统植被恢复与重建措施

郭晓敏, 牛德奎, 刘苑秋, 杜天真, 肖舜祯, 叶学华

(江西农业大学林学院, 南昌 330045)

摘要:对江西省 5 种不同类型退化荒山生态系统进行综合治理, 开展植被恢复与重建技术及理论研究。研究结果表明: 优选的植物组合及合理的配置并辅以工程措施是快速启动植被恢复进程, 控制水土流失、重建退化荒山生态系统的有效措施。一林多用的树种组合, 合理的生物体系设计和针、阔叶树种混交是改良地力, 改善环境, 促进退化荒山生态系统进展演替的优良途径。先进造林技术的应用和林农牧业结合的复合经营方式是提高综合治理效益, 促进并维持生态恢复过程稳定的先决条件。

关键词:退化荒山生态系统; 植被重建

The Vegetation Restoration and Reconstruction of Different Types of Degraded Barren Ecosystems In Jiangxi

GUO Xiao-Min, NIU De-Kui, LIU Yuan-Qiu, DU Tian-Zhen, XIAO Shun-Zhen, YE Xue-Hua (College of Forestry, Jiangxi Agricultural University, Nanchang, 330045, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(6): 878~884.

Abstract: To restore vegetation on five major types of barren hills in Jiangxi Province, trials were set up in 1990 and were carefully monitored afterwards. Both short and long term feasibility were taken into account by selecting high valued and hardy species to ensure the success of the re-vegetation processes on these barren hills.

Based on the type of the barren hill and local weather pattern, species of trees, shrubs, grasses and their combinations were carefully selected to study suitability of the plant. According to the local conditions and goals, various management skills and practices with either the cross-over or the randomized block design were conducted. The survival rates, growth rates and degree of vegetative coverage were recorded annually. In 1994, economic analysis and a more detailed survey were conducted to record biomass, microclimate, soil properties and root growth.

The results indicated that simultaneous introduction of a mixture of selected conifers, broadleaf trees, shrubs and grass improved soil properties and erosion control significantly and stimulated further vegetative growth.

Eminent pioneer trees and grasses are: *Pinus massoniana*, *Platycladus orientalis*, *Liquidambar fomesana*, *Schima superba* and *Gardenia jasminoides*, *Lespedeza* spp. On limestone barren hills, combinations of *Platycladus orientalis* and *Firmiana simplex*, *Toona sinensis* and *Amorpha fruticosa*, *Alnus cremastogyna* and *Platycladus orientalis* as well as *Cornus macrophylla* and *Amorpha fruticosa* gave satisfactory results. Mixtures of *Pinus massoniana* spp. and *Lespedeza* spp. with *Paspalum wettsteinit* as

基金项目: 江西省科委重点科技资助项目([1993]249-2); 省林业厅科技推广资助项目([1990]78)

收稿日期: 2001-07-14; 修订日期: 2001-10-10

作者简介: 郭晓敏, 女, 江西遂川人, 博士, 教授。主要从事退化生态系统恢复和林木营养研究。E-mail: xmguo@public.nc.jx.cn

well as *Pinus elliottii* and *Liquidambar fomesana* with *Digitaria* spp. produced the best results on severely eroded barren hills in south and east side of the province.

Root hormone to stimulate root growth, sapling transplantation with container seedling to boost survival rates, fertilizer supplement to provide proper nutrients for growth, species selection to elevate survival rate as well as economic return when harvest and high population density to sustain colonial plants were important factors in vegetative restoration. On the steep slopes in central Jiangxi, soil and water conservation practices such as building terraces and water-retaining pits were applied to ensure the initial establishment of the introduced vegetation.

Due to the interference from human activities, severe soil erosion, infertile soil and low survival rate for tree seedling, good management skills developed for various local situations in this study are needed to bring vegetation back to these barren hills in Jiangxi.

Key words: degraded barren ecosystem; vegetation reconstruction

文章编号:1000-0933(2002)06-0878-07 中图分类号:Q143,X171.4 文献标识码:A

荒山作为亚热带一种典型的退化生态系统,是在人为活动或自然干扰因素作用下森林群落逆向演替的结果,是生态环境恶化的象征。大面积荒山退化生态系统的发生和发展,严重制约了生态服务功能的正常发挥,严重退化地发生的一系列生态灾难甚至成为当地经济发展的障碍^[1~4]。江西农业大学林学院自1990年开始,为实现江西省政府“消灭荒山,绿化江西”的目标,解决困难地带造林技术的难题,立题进行荒山绿化生态经济模式的研究。该项目选择江西省有代表性的不同类型退化荒山生态系统,进行了为期5年的恶劣生境下植被快速恢复与重建有效途径及技术模式的试验和探索。本文旨在通过该项目设计思想和实践的总结回顾,挖掘并展示荒山退化生态系统植被恢复与重建过程中具有规律性的内涵,为现有类似退化生态系统的恢复与重建提供有益的经验,并为丰富恢复生态学的理论和技术体系奠定基础。

1 试验区概况与恢复和重建措施

1.1 试验区概况

10个试验点分布在赣北、赣南、赣西、赣东和赣中,试验面积1491hm²。荒山类型有较强的代表性和示范性。针对其退化状况,从经营角度和恢复步骤上考虑,划分为五大类型退化荒山生态系统,进行科学的恢复模式设计。试验区基本情况见表1。

1.2 退化荒山生态系统恢复重建设计指导思想

根据不同类型退化荒山生态系统的特点,确定各自的恢复重建目标。以控制水土流失,迅速恢复植被和森林群落,促进残次林进展演替,改善生态环境为主要目的,采取因地制宜、适地适树,兼顾长、中、短期效益的原则,进行林种、树种的合理配置。实行乔、灌、草立体组合,针阔叶混交,林、农、牧业结合,生态效益与经济效益并重,试验与生产紧密联系的综合治理方针。应用先进的栽植技术,建立多种试验组合,选择最佳处理,并辅之以水土保持工程措施^[5~10]。

1.3 退化荒山生态系统恢复与重建目标及措施

1.3.1 剧烈侵蚀型荒山 此类荒山试验地设于赣东和赣南的圭峰、赣县,其土壤遭受强烈侵蚀和人为干扰。启动植被恢复、控制水土流失是此类荒山治理的主要目标^[9,11]。选择耐干旱瘠薄的乔木树种马尾松(*Pinus massoniana*)、湿地松(*P. elliottii*)、枫香(*Liquidambar fomesana*)、木荷(*Schima superba*)、赤桉(*Eucalyptus camaldulensis*)、黑荆树(*Acacia mearnsii*)和胡枝子(*Lespedeza* spp.)、白栎(*Quercus fabri*)等灌木及狗芽根(*Cynodon dactylon*)、鹅观草(*Roegneria* spp.)、马唐(*Digitaria* spp.)、雀稗草(*Paspalum wettsteinit*)、百喜草(*P. notatum*)等固土草种进行乔、灌、草合理配置,针阔叶混交,并采用ABT生根粉、容器苗、优良种源等先进营林技术和施肥、高密度造林等措施保证成活率。对坡度较陡的试验地采用了水平沟整地、开挖鱼鳞坑、水平截留沟等水土保持工程措施。

表 1 不同类型退化荒山生态系统试验点基本情况表

Table 1 Basic information of different types of degraded barren ecosystem

荒山类型 Type of barren	试验点 Trial site	海拔(m) Altitude	年均温(℃) Annual average temp	年降水(mm) Annual rainfall	母岩 Parent rock	植被盖度(%) Vegetation coverage	侵蚀程度 Erosion degree
剧烈侵蚀型荒山 Intensive eroded barren	圭峰 Guifeng	36~55	18.0	1816.2	红砂岩 Red sandstone	<5	剧烈侵蚀 Intensive erosion
	赣县 Ganxian	120~320	19.0	1434.3	花岗岩 Granite	<10	
石灰岩裸岩荒山 Limestone barren	修水 Xiushui	<321	16.5	1630.7	石灰岩 Limestone	30~50	严重侵蚀 Strong erosion
石砾茅草荒山 Rock couch grass barren	余江 Yujiang	86~202	17.7	1752.1	砂砾岩 Conglomerate	5~30	严重侵蚀 Strong erosion
	泰和 Taihe	70~130	18.6	1726.0	砂岩 Sandstone	10~20	
丘陵密灌丛荒山 Dense boskage barren	景德镇 Jingdezhen	200~300	17.6	1776.2	千枚岩 Phyllite	80	无侵蚀 No erosion
	萍乡 Pingxiang	210~320	17.0	1583.0	花岗岩 Granite	80	
	弋阳 Yiyang	84~562	18.0	1816.2	页岩 Shale	70	
	进贤 Jinxian	<55	17.7	1580.6	花岗岩 Granite	<25	中度侵蚀 Moderate erosion
岗地疏灌丛荒山 Sparse hummock boskage barren	乐安 Lean	100	17.0	1657.1	红砂岩 Red sandstone	30~40	

1.3.2 石灰岩裸岩荒山 此类荒山试验地设于赣西修水。针对土层薄但肥力较高,土壤近中性的特点,以恢复森林植被、治理和开发利用结合、建立寓经济效益于生态效益之中的林农牧复合经营模式为主要目标^[12]。选用多种适应石灰岩山地并有一定经济价值的树种如侧柏(*Platycladus orientalis*)、四川桤木(*Alnus cremastogyne*)、香椿(*Toona sinensis*)、杜仲(*Eucommia ulmoides*)、青桐(*Firmiana simplex*)、木(*Cornus macrophylla*)、青钱柳(*Cyclocarya paliurus*)和紫穗槐(*Amorpha fruticosa*)、胡枝子、黄栀子(*Gardenia jasminoides*)等进行立体组合,并在林间套种农作物和优良饲草籽粒苋(*Grain amaranth*),发展养殖业。

1.3.3 石砾茅草荒山 此类荒山试验地设于赣东和赣中的余江、泰和。改良地力,恢复植被,建立薪炭林基地,兼顾长、中、短期效益是重建主要目标^[13]。选择马尾松作为薪炭林树种经营,采用湿地松、火炬松(*Pinus taeda*)与木荷、枫香、樟树(*Cinnamomum cumphora*)、桉树(*Eucalyptus* spp.)及黄栀子、胡枝子、百喜草等混交,建成上、中、下坡不同密度、树种、组分的多用途林分,沟底进行林农复合经营,以带动坡面治理。

1.3.4 丘陵密灌丛荒山 此类荒山试验地设于赣北、赣西、赣东的景德镇、萍乡、弋阳。人工促进进展演替,迅速恢复森林群落,营造用材林和工业原料林是此类荒山重建主要目标^[14]。对灌丛中有一定数量优良阔叶树的景德镇试验林分采取择优选留阔叶树种,补植湿地松和晚松,并进行封育管理。对萍乡、弋阳试验地则重新营造杉木(*Cunninhamia lanceolata*)、湿地松、桐棉松(*Pinus massoniana* spp.)、火炬松为主的用材树种,并保护抚育原有阔叶树种或混交配置油桐(*Vernieia fordii*)、杜仲等短期收益经济树种,在2年生杉木幼林中还进行了耐荫药材广东紫珠(*Callicarpa kwangtungensis*)的套种试验。

1.3.5 岗地疏灌丛荒山 此类荒山试验地设于赣中乐安、进贤,位于城镇、村庄附近,具地势平缓,土层较厚,肥力较好,耕种樵采强度大的特点。生态恢复的主要目标为提高植被覆盖,建立集约农林业复合生态系统,依托城镇,发展城郊林业。除了营造湿地松、马尾松与木荷、枫香、南酸枣(*Choerospondias axillaries*)、四川桤木的混交林外,还营造晚松(*Pinus serotina Michx*)薪炭林、香椿菜用林和板栗(*Castanea mollissima*)、柑桔、奈李果用林及杜仲、厚朴(*Magnolia officinalis*)、黄栀子、油茶(*Camellia oleifera*)、油桐等药用经济林,并在幼林间套种作物和蔬菜,以获得短期收益^[11]。

1.4 试验方法

试验根据研究目的、要求和条件,分别采用正交试验设计或随机区组设计,设立固定样地和固定样株进行观测调查。研究中针对不同类型退化荒山生态系统进行了恶劣生境下乔、灌、草复层结构的造林试验及不同树种、草种适应性试验,不同树种混交组合试验,不同造林技术应用试验和林农复合经营模式试验。

各试验点于1990年冬实施造林,每试验小区 0.7hm^2 以上,重复2~3次,造林后进行封育和正常抚育管理,分年度调查各小区幼树成活率、高径生长、植被盖度等。并于1994年度进行林分生长量、小气候、土壤理化性质、根系、枯枝落叶量和主要树种生物量调查及经济效益调查。

2 研究结果

2.1 退化荒山生态系统植被恢复与重建的生态效益

对5种类型退化荒山生态系统进行针对性的恢复与重建试验研究,经过4a有效整治,取得了明显的生态效益,结果见表2。

表2 恢复重建后林木生长量及环境因子变化情况表

Table 2 Changes of vegetation restoration and environmental factors on different types of degraded barren ecosystem											
退化荒山类型 Type of barren	测点 Site	小气候 Microclimate				土壤 Soil		林木生长 Growth		植被盖度 Vegetation coverage (%)	林下植被生物量 Vegetation biomass (t/hm ²)
		最高温 Max. temp. (C)	最低温 Min. temp. (C)	相对湿度 Relative humidity (%)	土温变幅 Soil temp. change (C)	有机质 O. M (%)	容重 Bulk density (g/cm ³)	平均高 Average height (cm)	平均胸径 Average diameter (cm)		
剧烈侵蚀荒山 ^①	对照 ^⑥	44.0	24.0	76.7	30.5~33.4	0.72				0.7	
	林内 ^⑦	41.1	23.4	80.5	29.0~31.0	1.22		194.2	5.6	71	6.82
石灰岩裸岩荒山 ^②	对照	54.9	23.6	78.3	29.0~30.8	1.82	1.47			40	
	林内	35.7	23.1	84.4	25.8~27.6	2.97	1.26	298.7	4.4	90	7.07
石砾茅草荒山 ^③	对照	49.5	39.2	75.5	27.6~34.6	0.65	1.60			15	
	林内	44.2	26.4	82.7	26.6~34.3	1.20	1.44	215.5	7.3	90	1.36
丘陵密灌丛荒山 ^④	对照	32.2	22.4	76.2	28.4~32.2	2.11				75	3.16
	林内	31.3	23.2	78	25.9~30.1	3.33		301.5	7.2	95	13.69
岗地疏灌丛荒山 ^⑤	对照	51.4	24.0	69.7	30.8~32.4	0.94	1.25			25	
	林内	49.5	23.0	71.0	29.9~31.5	1.43	1.18	155.9	3.3	89	

① Intensive eroded barren; ② Limestone barren; ③ Rock couch grass barren; ④ Dense boscage barren; ⑤ Sparse hummock boscage barren; ⑥ Control; ⑦ Inside

表中数据说明,综合治理后的不同类型退化荒山生态系统植被盖度和林下植被生物量均有大幅度增加,水土流失严重的退化荒山类型效果尤其明显,增长60%~75%不等。赣县、圭峰强度侵蚀荒山植被盖度是原来的10倍,而土壤肥力和林地气候条件也因此发生了很大变化。土壤有机质增加0.5%~1.2%,夏季林内最高气温比林外低4~19℃,相对湿度升高,土温变幅变小,林木生长达到或接近正常生长水平。水土流失已得到控制,恶劣生境已向良性转化,达到了恢复重建退化荒山生态系统的初步目标。

植被快速恢复、生态系统重建成功的原因,主要是乔、灌、草复层结构的优化配置和建立良好的树种合理互补关系是退化生态系统恢复成功的关键。对于强度侵蚀的裸露荒山和石砾茅草荒山,应该快速恢复植被以控制水土流失,仅依靠自然力或单纯种树、种草显然达不到目标,必须利用多层次、多格局、多种群的植物群落的整体作用,造成生境的多样性,增加固土防冲能力,才能逐渐恢复业已退化的生态系统。

各试验点造林结果表明,松类树种为主的针叶树,如桐棉松、晚松、湿地松、火炬松、马尾松、侧柏(石灰岩山地)均可作为贫瘠荒山先锋树种的首选,而试验所选的大多数阔叶树作为退化生态系统改土培肥的优良树种营造,也被证明是可行的,与针叶树混交,可促进土壤条件的改良。表3与表4的数据表明,水土流失较严重的圭峰试验点,湿地松+胡枝子试验林有机质增加85%,全N增加159.8%,全P增加240.5%,特别是盐基代换量增加了313.7%。泰和点的数据则表明,针阔混交林土壤物理特性的改变量明显高于松纯林。弋阳密灌丛荒山杉木+油桐、湿地松+油桐、湿地松+木荷混交系列的林分土壤有机质比造林前提高26.18%,**万方数据** N提高125%~170%,全P提高27.8%~59.3%。这些都证明松+胡、杉+桐、松+枫、柏+桐等针阔、乔灌组合存在协调互补的关系,能有效增加植被盖度和枯枝落叶量,从而改善土壤理

化性质,促进林木正常生长。这其中,胡枝子、四川桉木、紫穗槐、黑荆树等豆科树种的固 N 作用无疑也对改良土壤、恢复植被起了良好促进作用^[15]。

表 3 圭峰湿地松正交试验树高地径生长量调查统计表

Table 3 Biomass statistic result of *Pinus elliottii* in Guifeng

小区号 Site number	处理 Treatment	成活率		年份 Year									覆盖率 Vegetation coverage (%)
		Survival ratio		1991			1992			1994			
		湿 (%)	胡 (%)	D _地 (cm)	H (cm)	H _{max} (cm)	D _地 (cm)	H (cm)	H _{max} (cm)	D _地 (cm)	H (cm)	H _{max} (cm)	
1,5	湿 ^① (容)+胡 ABT	42.7	95	0.45	20.5	44	1.56	51.9	86	6.34	214.4	320	64
2,6	湿地松 ^② (容) ^③	71.5		0.4	14.3	23	1.36	42.0	70	6.88	185.2	270	45
3,7	湿(裸) ^④ +胡 ^⑤	83.4	90	0.6	17.9	31	1.41	48.7	90	5.71	165.8	270	70
4,8	湿(裸)ABT ^⑥	66.7		0.8	24	46	1.86	65.3	130	6.24	193.7	395	47.5

①②*Pinus elliottii*;③Container seedling;④Bare-rooted seedling;⑤*Lespedeza* spp;⑥ABT root growth hormone

表 4 针阔混交林土壤性质及林木生长变化表

Table 4 Changes of soil properties and tree growth of mixed conifer-broadleaf forest

荒山类型 Type of barren	混交组合 Mixed type	有机质 O. M (%)	全 N Total N (%)	全 P Total P (%)	盐基代换量 CEC (m • mol/kg)	平均高 Average height (cm)	平均胸径 Average diameter (cm)	容重 Bulk density (g/cm ³)	总孔隙度 Total capillary porosity (%)	毛管持水量 Capillary capacity (%)
剧烈侵蚀 荒山 ^①	松+胡 ^⑥	1.1214	0.0543	0.0630	19.6280	214.4	6.30			
	对照 ^⑦	0.6060	0.0209	0.0185	4.7450	185.2	6.90			
密灌丛	杉+油桉 ^⑧	2.9622	0.1025	0.0511	16.0427	272.3	5.63			
荒山 ^②	松+油桐 ^⑨	2.6625	0.1230	0.0637	35.9203	335.7	8.78			
	对照 ^⑦	2.1100	0.0455	0.0400	4.4223	258.2	7.08			
石砾茅草	松+枫香 ^⑩					227.0	7.30	1.44	61.20	38.5
荒山 ^③	对照 ^⑦					232.0	7.30	1.60	40.16	19.7
疏灌丛	松+木荷 ^⑪	1.0735	0.0550	0.0424	37.6744	181.6	4.41			
荒山 ^④	对照 ^⑦	1.0416	0.0526	0.0303	18.2810	185.0	6.01			
石灰岩裸	柏+青桐 ^⑫	2.8744	0.1934	0.0294	287.5211	265.0	4.01			
岩荒山 ^⑤	对照 ^⑦	1.8215	0.1332	0.0119	36.4533	233.0	3.48			

①Intensive eroded barren;②Dense boskage barren;③Rock couch grass barren;④Sparse hummock boskage barren;
⑤Limestone barren;⑥*Pinus elliottii* + *Lespedeza* spp;⑦Control;⑧*Cunninghamia lanceolata* + *Vernieia fordii*;⑨*Pinus elliottii* + *Vernieia fordii*;⑩*Pinus elliottii* + *Liquidambar fomesana*;⑪*Pinus* + *Schima superba*;⑫*Platycladus orientalis* + *Firmiana simplex*

其次,先进造林技术和水土保持工程措施的辅助应用是退化生态系统植被恢复的必要条件。现存退化荒山生态系统均属于造林困难地带,存在许多自然和人为的限制因素,而对于剧烈侵蚀的荒山生态系统,传统的造林可能使乔木植被有所恢复,但仍难以控制地表土壤侵蚀继续发展。因此,困难地带造林必须依托科学的方法和特殊的技术。在恢复退化生态系统过程中普遍采用了 ABT 生根粉、容器苗造林、优良种源、高密度多树种组合造林、穴垦施肥等先进造林技术,同时,在赣县试验点每公顷开挖鱼鳞坑 750~1500 个,并配合水平截留沟工程。表 3 数据也表明,ABT 生根粉处理优于对照,容器苗造林在幼树地径生长和高生长上均优于裸根苗。与未处理相比,树高分别增长 16.2%、11.3%。由于植被恢复与林分组合、密度、生长明显相关,故高密度、多树种组合造林和穴垦施肥对短时间内恢复林地植被,促进阔叶树生长有明显效果。正是这些先进技术与工程措施在复层结构的共同作用下发挥了固土、保水的效应,促进了林木成活及林下植被的着生,为生态系统的重建提供了保证。

2.2 退化荒山生态系统植被恢复与重建的经济效益

在江西省退化荒山生态系统恢复与重建的研究中,由于确定了经济效益与生态效益并重的指导思想和兼顾长、中、短期效益的设计原则,使生态系统的恢复过程步入了良性循环的轨道。植被恢复的生态效益不但影响林木本身数据,也影响周围环境,进而对区域生态平衡有所贡献。在江西省优越的自然条件作用下,伴随植被恢复的显著生态效益,产生显著的经济效益和社会效益则是必然的结果(见表 5)。

表5 不同类型林农牧复合经营经济效益收益情况表(1994年)

Table 5 Economy profits on restored and reconstructed ecosystem

荒山类型 Type of barren	试验点 Trial site	收益项目 Benefit items	面积 Area (hm ²)	总产值 Total income (yuan)	年产量 Annual yield (kg)	纯收入 Net income (yuan)	投入 Input (yuan)	产投比 Input to output ratio
石灰岩裸岩荒山 Limestone barren	修水 XiuShui	间种 Interplant	3.0	4149.2	2659.1	2601.2	1548	2.68 : 1
		药材 Herb	47.1	84960.0	5816.3	79800.0	5160	
		养殖 Stockbreeding		30263.0		17079.5	13184	
石砾茅草荒山 Rock couch grass barren	余江 YuJiang	间种 Interplant		7550.0	8250.0	6550.0	1000	7.55 : 1
		药材 Herb		800.0	200.0	750.0	50	
		养殖 Stockbreeding		20675.0		17325.0	3350	6.17 : 1
		果业 Fruit		1482.0	655.0	1282.0	200	7.41 : 1
密灌丛荒山 Dense boscage barren	萍乡 PingXiang	药材 Herb	3.5	9450.0	11812.5	6930.0	2520	3.75 : 1
	弋阳 YiYiang	混交 Mixed forest	15.3	1680.0	1600.0	1140.0	540	3.11 : 1
疏灌丛荒山 Sparse boscage barren	乐安 LeAn	间种 Interplant	4.67	19900.0	9575.0	14400.0	5500	3.62 : 1
	进贤 JinXian	果业 Fruit	2.67	35898.0	99720.0	27885.0	8013	4.48 : 1

表5列举了4种类型退化荒山生态系统恢复与重建过程中实行林、农、牧复合经营的经济效益。结果表明,这种治理与开发结合,恢复生态环境与发展经济相协调的恢复重建技术所带来的经济效益是可观的。实践也证明以生态经济学原理为指导设计的低丘陵荒山林业生态经济经营模式和针对不同类型退化荒山生态系统构建的林、农、牧复合生态系统有着强大的生命力。以修水、余江试验点为例,在300余公顷的山地上,按生物学特性合理搭配树种,其乔灌结合的造林组合,对改善裸岩荒山和茅草荒山恶劣生境,治理水土流失有很重要的意义,同时也能培养大量商品材,长期受益。而栽植的药材和经济林木是中短期效益项目,以果、叶收获为主,收获时间长,经济效益好。山下幼林中实行林农复合经营,栽种经济作物和优良饲料籽粒苋,带动养殖业则是短期效益项目,在林木郁闭之前,可获得较高经济效益,对土壤改良也起了促进作用。正是这种以林为主,多种经营的立体林业和复合农林业模式使退化荒山生态系统得以多层次开发利用,收益得以长短相济。系统成分复杂,结构合理,实现了土地、资金、技术的最佳配置。各试验点林农复合经营的产投比达到2.68~7.55:1不等,单位面积平均收入大大超过现有林地经营水平,使恢复生态系统中林业的经济、社会效益融为一体,产生了立体林业的较高生产力,从而也维护了系统发展的稳定性,加快了进展演替速度。

景德镇试验点密灌丛荒山实行的择优、封育、补植和改造结合的恢复手段被证明是一种值得借鉴和推广的模式。试验地内较多的优良阔叶幼树被有意识地选留下来,同时,在林地内穴垦补植晚松或湿地松,形成结构较复杂的近似天然的针阔混交林,在封育管理下,林分能迅速恢复进展演替。这种模式虽无直接经济效益,但省工、省时、省钱。经测算,与营造人工林相比,可节省一半投资,且成林早、见效快,是此类退化荒山生态系统快速恢复的捷径。

3 结论

江西省退化荒山生态系统具有人为干扰频度大、水土流失严重、土壤贫瘠、造林成活率低、植被恢复困难的特点,在南方亚热带区域具有较强的代表性。经过4a的恢复重建实践,展现了不同恢复模式良好的生态效益和经济效益,对类似地区退化生态系统恢复有一定借鉴和指导意义。

3.1 恢复设计应首先针对退化荒山特点和所处演替阶段划分类型,在确定采用高度或适度人工干预恢复模式的基础上,应用生态经济学原理根据不同恢复目标,制定优化方案和实施措施。

3.2 充分挖掘地方优良适生植物种并设计良好的配置组合是生态恢复的重要途径,也是维护生态系统稳定与安全的必要基础。马尾松、侧柏(石灰岩山地)、枫香、木荷及黄栀子、胡枝子,均可作为贫瘠荒山先锋树种的首选,石灰岩山地荒山植被恢复的优良植物组合有侧柏+青桐、香椿+紫穗槐、桤木+侧柏、木+紫穗槐等混交模式;强度侵蚀型荒山优良组合有桐棉松(马尾松优良种源)+胡枝子+雀稗、湿地松+枫香+

马唐等。

3.3 采取治理和开发相结合的恢复手段,引入有经济价值的植物种类,构建林果药立体经营、长中短效益结合、生态经济效益兼顾的林农牧复合经营模式,可为启动生态恢复过程,维护生态系统稳定性奠定较好的经济基础。良好的混交模式有杉木+油桐、杉木+广东紫珠、晚松+黄栀子、杜仲+油桐(农作物)、木+籽粒苋等。

3.4 以生态系统自我调节和发展规律为基础的人工辅助手段是加快恢复进程的必要条件。择优选留、补植并进行封育改造的恢复模式,对密灌丛荒山迅速发展至森林群落有良好促进作用。

3.5 依靠科技进步,引入先进技术和运用新型材料是生态恢复的有力保障。ABT 生根粉处理优于不处理,容器苗造林在幼树地径生长和高生长上均优于裸根苗。

参考文献

- [1] Yu Z Y(余作岳), Peng S L(彭少麟). *Ecological studies on vegetation of tropical and subtropical degraded ecosystems*(in Chinese). Guangdong:Guangdong Science and Technology Press,1996. 1~30.
- [2] Zhao P(赵平), Peng S L(彭少麟), Zhang J W(张经纬). An effective way to restore biodiversity of degraded ecosystems. *Chinese Journal of Ecology*(in Chinese)(生态学杂志),2000, **49**(1):53~58.
- [3] Yang Y S(杨玉盛). Effect of different improving patterns on fertility of severely degraded granitic red soil. *Acta Soil*(in Chinese)(土壤学报),1998, **35**(2):276~282.
- [4] Peng S L(彭少麟). Restoration ecology and vegetation reconstruction. *Ecologic Science*(in Chinese)(生态科学),1996, **15**(2):26~31.
- [5] Yang Y S(杨玉盛). Effects of different recover and restoration measures on plant diversity and soil fertility for serious degradation ecosystem. *Acta Ecological Sinica*(in Chinese)(生态学报),1999, **19**(4):490~494.
- [6] Cen H X(岑慧贤), Wang S G(王树功). Ecological restoration and reconstruction. *Advances in Environmental Science*(in Chinese)(环境科学进展),1999, **7**(6):110~116.
- [7] Peng S L(彭少麟). Restoration of degraded ecosystem and agro-forestry in tropics and subtropics. *Chinese Journal of Applied Ecology*(in Chinese)(应用生态学报),1998, **9**(6):587~591.
- [8] Peng S L(彭少麟). Rehabilitation of the degraded ecosystem and its ecological effect in South China's subtropical region. *China. J. Appl. Environ. Biol.* (in Chinese)(应用与环境生物学报),1995, **1**(4):403~414.
- [9] Guo X M(郭晓敏), Huang X S(黄小珊), Wang L G(汪林桂), et al. Studies on the technique of controlling serious erosion and loss of soil and water in the district of Guifeng and its effect. *Research of Soil and Water Conservation*(in Chinese)(水土保持研究),1997, **4**(1):124~128.
- [10] Shu J M(舒俭民), Liu X C(刘晓春). The theoretical basis, key technology and application prospects of restoration ecology. *China Environmental Science*(in Chinese)(中国环境科学),1998, **18**(6):540~543.
- [11] Du T Z(杜天真). A study on management orientation and classification of management types of barren hill on low hills in Jiangxi. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*(in Chinese)(江西农业大学学报),1995, **17**(7):22~25.
- [12] Guo X M(郭晓敏), Fan Y G(樊友庚), Li J G(李建国), et al. A study on multiple forestry structure and technique concerning forestry, agriculture and animal husbandry of calcareous mountains. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis* (in Chinese)(江西农业大学学报),1995, **17**(7):36~42.
- [13] Guo X M(郭晓敏), Zhu Y Y(诸燕毓), Liu Z X(刘早兴), et al. To construct eco-economic ravine is an effective way of wild ravine harnessing on low hills. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis* (in Chinese)(江西农业大学学报),1995, **17**(7):50~56.
- [14] Guo X M(郭晓敏), Tan M H(覃茂华), Lin Z M(林忠明), et al. Reinforcement planting and improvement are fine way to increase eco-economic benefit of afforestation. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis* (in Chinese)(江西农业大学学报),1995, **17**(7):57~63.
- [15] Guo X M(郭晓敏), Li J G(李建国), Fan Y G(樊友庚), et al. Choice of tree species for afforestation on calcareous mountains. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*(in Chinese)(江西农业大学学报),1995, **17**(7):26~33.