

# 广东热带沿海侵蚀地的植被 恢复途径及其效应

余作岳

皮永丰\*

(中国科学院华南植物研究所)

(广东省电白县小良水土保持试验推广站)

**编者按:** 中国科学院1958年12月在北京召开的植物学工作会议中提出了“植被改造自然”的研究任务。中国科学院华南植物研究所于1959年和广东省电白县小良水土保持试验推广站(以下简称小良水保站)协作,在热带沿海台地上布置了这项试验。通过工程措施与生物措施相结合而以生物措施为主的途径,在水土流失、寸草不生的光裸坡地上恢复了各种类型的人工植物群落,收到了生态效益、经济效益和社会效益。

对这项科技成果,中国“人与生物圈”国家委员会于1983年11月进行了评议,认为在热带水土流失地区人工地恢复森林生态系统对科研和生产均很有意义。中国科学院生物学部也于1984年11月进行了成果鉴定,认为“这是一项比较重大的并有实际经济意义的成果。”

“广东热带沿海侵蚀地的植被恢复途径及其效应”一文是成果鉴定的主要技术资料,现摘要发表。各专业的有关论文已分别从本刊第二集开始陆续发表。

热带森林的生物生产量之巨大、蕴藏物种资源之丰富和稳定自然生态平衡的作用之显著,都是其它生态系统所不能比拟的。可是,热带森林正以惊人的速度在消失中,接踵而来的是气候恶化、水土流失、土壤瘠瘦和水源枯竭,生态平衡遭到严重破坏,大大削弱环境养育人类的能力。因此,人工恢复人类所需要的森林,繁衍和保护生物资源,维持生态平衡,是当今世界上都在重视的刻不容缓的任务。

1959年开始,中国科学院华南植物研究所与小良水保站协作,在水土流失严重、寸草不生的侵蚀坡上开展“植被改造自然”研究。目的在于探索热带森林植被恢复的有效方法和途径,为热带、亚热带荒山草坡的改造利用提供样板和科学依据。

试验区位于广东电白县的沿海台地上(图1),居于东经 $110^{\circ} 54' 18''$ ,北纬 $21^{\circ} 27' 49''$ ,属热带北缘地区。地带性土壤为砖红壤。顶极群落是热带季雨林。但由于不

\* 皮永丰同志1981年前在小良水保站工作。

断增长的人为活动影响,原生森林已破坏殆尽,水土流失达百年历史,平均每年冲刷表土

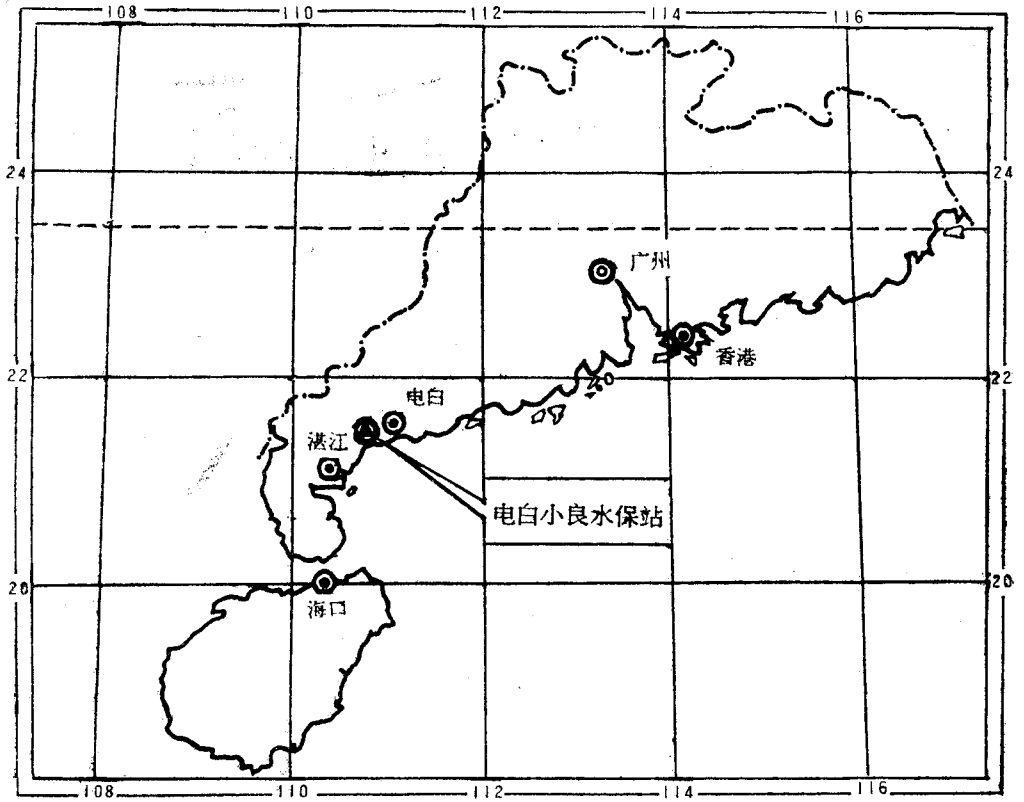


图1 广东省电白县小良水土保持试验推广站的地理位置

Fig. 1 The geographic position of Xiaoliang Station of Water and Soil Conservation, Dianbai County, Guangdong Province

约1厘米,每平方公里每年流失泥沙1万立方米。土壤有机质含量从4.0%降到0.6%以下<sup>[1]</sup>。结果造成环境恶劣,生态平衡严重失调。

## 一、试验步骤和方法

依据植被的演替规律和热带自然林组成种类、层次结构多样性的特点,开展植物引种和群落配置研究。整个试验工作分为三个阶段。

第一,重建先锋群落:采取工程措施与生物措施相结合但以生物措施为主的方法,选用速生、耐旱、耐瘠的马尾松 (*Pinus massoniana*)、窿缘桉 (*Eucalyptus exserta*) 和台湾相思 (*Acacia confusa*) 进行荒山绿化,水土保持,以便对恶劣的

环境稍加改善，为后来阔叶混交林的生长创造条件<sup>[2]</sup>。

**第二，配置多层多种阔叶混交林：**在群落的水平分布方面，生境条件较差的地方，选择适应性强的豆科植物，配置以改造环境为主的混交类型；在生境条件较好的地方，选择经济价值较高的植物，配置以利用为主的混交类型。在群落的层次结构配置方面，选择对阳光、水分和养分要求差异比较大的种类进行混交。因为植物对各种条件需要的差别越大，在同住结合时竞争性就越小，有时一植物所要求的恰恰为另一植物所要避免的，这就减少它们之间的矛盾性，加强协调性。

**第三，发展经济作物和果树：**采取改造自然与发展生产相结合、长期受益与短期受益相结合的方法，一方面尽量选用经济价值较高的植物进行混交林配置，另一方面因地制宜地开展多种经营，农、林、牧、副全面发展，以达到提高经济、改善生活的目的。

## 二、试验结果

经二十多年定位研究，已筛选出一批适合在这类水土流失严重的侵蚀坡上生长的速生树种，建立起6500亩的多样性的人工森林群落样板，初步找到了从不毛荒坡恢复到多层多种阔叶混交林的有效途径，为热带、亚热带荒山草坡的改造利用、水土保持、改良土壤和发展经济等方面，开辟了一条新路子。

1980年开始，在试验区范围内，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(小流域)，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、土壤动物和土壤微生物等方面的生物、生态环境效应的观测研究，初步结果如下(表1)。

**1. 生物效应：**植物群落从荒坡→松、桉纯林→多层多种阔叶混交林的演变过程，也是动物、微生物群落从简单到复杂的变化过程。特别是植物群落的组成种类、层次结构的多样性，对动物、微生物群落的发生、发展有着深刻的影响。例如，1973年以前，试验区范围内绝大部分是马尾松林和窿缘桉林，那时由于植物群落很单纯，因此动物种类也很稀少。1974—1980年间，多层多种阔叶混交林的面积从原来的10多亩扩大到300多亩，植物种类从原有的10多种增加到320多种，因此动物和微生物的种类也相应地多起来了。到1982年止，已查清的脊椎动物共有100种，其中鸟类有74种，两栖类8种，爬行类9种，兽类9种<sup>[3]</sup>。估计昆虫有400多种<sup>[4]</sup>。此外，还统计出35个土壤动物类群<sup>[5]</sup>，初步鉴定出真菌17个属，放线菌13个类群，芽孢细菌8个种<sup>[6]</sup>。随植物群落的多样性，出现多样性的昆虫、鸟类、土壤动物和土壤微生物，并且它们之间形成一个相互依存、相互制约和互相促进的食物链索关系，结果不但减轻了人工林的病虫害，而且还促进植物群落的生长、发育和后代的繁衍。例如小良水保站竹园岭有一片21亩的试验林，是1975年定植的、以豆科植物为建群种的混交林。原来荒坡的植物仅有鹧鸪草(*Eriachne pallescens*)、华三芒(*Aristida chinensis*)、银丝草(*Evolvulus alsinoides*)、蛇婆子(*Waltheria americana*)、越南叶下珠(*Phyllanthus cochinchinensis*)、了哥王(*Wikstroemia indica*)、黑面神(*Breynia fruticosa*)、鬼灯

笼 (*Clerodendrum fortunatum*) 和大沙叶 (*Aporosa chinensis*) 等10多个种。1975—1980年间, 人工配置进去的植物有铁刀木 (*Cassia siamea*)、白格 (*Albizia procera*)、黑格 (*Albizia odoratissima*)、大叶相思 (*Acacia auriculaeformis*)、新银合欢 (*Leucaena leucocephala* cv. *salvador*)、白木香 (*Aquilaria sinensis*)、沙椶 (*Aphanamixis polystachya*)、越南鸡藤 (*Calamus bonianus*)、黄栀子 (*Gardenia jasminoides*)、益智 (*Alpinia oxyphylla*) 和砂仁 (*Amomum villosum*) 等41种。1982年7月26日调查结果, 这片混交林的全部植物共有119种, 其中有鸭脚木 (*Schefflera octophylla*)、樟树 *Cinnamomum camphora*)、竹节树 (*Carallia brachiata*)、胶樟 (*Litsea glutinosa*)、九节木 (*Psychotria rubra*)、阔叶雀稗 (*Paspalum wettsteivii*) 和缩箬 (*Oplismenus undulatifolius*) 等68种是自然繁衍起来的, 占植物总数的57%。由此可见, 植物群落的多样性是人工森林生态系统稳定性的基础。

**2、生态环境效应:** 随森林植被、生物群落的不断发展, 生态环境也逐步改善, 变生态系统的恶性循环为良性循环。

(1) 温度的年振幅变小, 从荒坡的14.3℃变为混交林的13.0℃; 大气相对湿度增大, 从83.2%增加到87.3%<sup>[7]</sup>。

(2) 土壤的理化性状也越来越好, 如土壤有机质含量从原来荒坡的0.60%提高到混交林的1.13%, 最高达1.70%<sup>[8]</sup>; 土壤pH值从荒坡的4.5到混交林的5.7<sup>[9]</sup>。

(3) 地表迳流泥沙冲刷量显著降低, 如荒坡的泥沙年流失量平均为19897公斤/公顷, 而混交林的流失量仅为3公斤/公顷<sup>[10]</sup>。

(4) 表层土壤含水量从荒坡到混交林逐渐提高, 如1982年1月份, 10厘米土层的土壤含水量, 荒坡为9.8%, 混交林为13.2%。但深度在100厘米以下的土层, 荒坡的土壤含水量反而最高, 混交林次之, 桉树林最低 (图2)。产生上述差别的原因, 前者主要是由于森林的复盖作用, 后者主要是由于林木根系对下层土壤水分的吸收和林冠的蒸散作用所致。

(5) 地下水位以混交林为最高, 其垂直变化在1—4米之间; 桉树林的地下水位最低, 其垂直变化在9—11米之间; 荒坡的地下水位反而比桉树林的高, 其垂直变化在3—5之米间 (图3)。产生这些差别的原因, 从荒坡来说, 虽然水分补给量少 (因为大部分降雨流走), 但它的水分消耗量也少 (因为没有林冠蒸散), 因此地下水位变化较稳定。混交林的水分消耗量虽大, 但由于它的涵养水源的功能高, 水分的补给量大于水分的消耗量, 故地下水位高而稳定。桉树林地下水位特别低是由于林下没有复盖层, 涵养水源功能差, 每年新得到的水分补给量不足以抵偿森林的蒸发、蒸腾水分的消耗量所造成。

**3、经济和社会效益:** 二十多年来, 坚持领导、群众和科技人员相结合, 按自然规律办事, 结果取得了较大的经济和社会效益。

(1) 小良水保站的经济情况。从表2可看出, 建站初期经费全由国家负担, 到八十年代收入超过150,000元, 最高达200,000元。该站现有固定资产总值达3,000,000

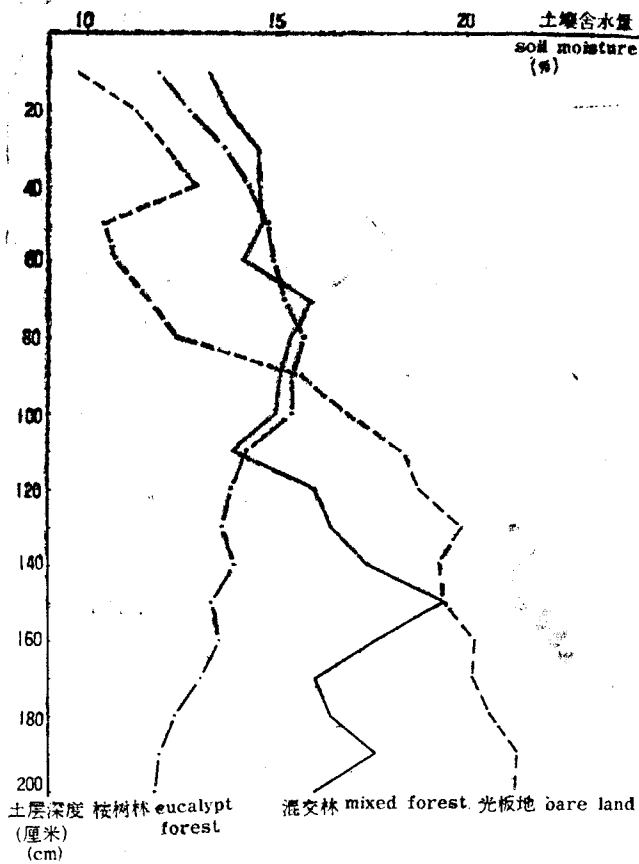


图2 不同植被类型下土壤含水量垂直变化比较 (1982年1月)

Fig. 2 The gradient variation of soil moisture in different forests (January, 1982)

元,大大超过国家历年的总投资。130多名职工的一切经费开支基本自给,减轻了国家的负担。

(2) 附近农村的生产受益情况。在未治理水土流失以前,这里都是一片红色风化壳,每遇降雨,大量的黄泥水(田老虎)向低处倾泻,淹埋了不少良田。据调查资料,小良水保站周围四五十平方公里范围内,将近10000亩耕地被泥沙埋没而荒废了。因此过去的农业生产没有保障,稻谷十种九无收,有收也只年亩产一二百斤。现在由于消灭了水土流失造成的酸水和泥沙的为害,加上其他措施,使稻谷年亩产达1400多斤。

(3) 科研成果的应用推广情况。自1977年以来,曾接待过世界各地十多个国家共六十多人次的专家、教授前来参观访问。水利、林业、环保等部门还先后召开了各种类型的现场经验交流会议。例如,1981年6月,广东省林业厅在电白县利用小良水保站引种大叶相思的现场,召开了大叶相思鉴定、推广会议之后,促进了这个树种的迅速发展。

展，到1982年止，全省栽种面积已达二十万亩。几年来，为了推广大叶相思，我们还向有关部门提供了一千多斤种子，对发展薪炭林，解决农村能源问题做出了贡献。

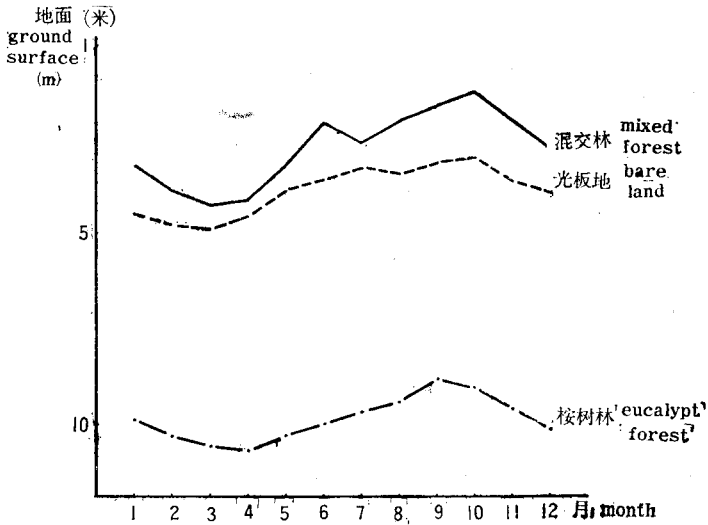


图3 不同植被类型地下水深度比较 (三年平均值)

Fig. 3 The comparison of the depth of ground water in different forests (mean of 3 years)

### 三、结 论

二十多年的试验结果表明，热带森林遭反复破坏后是能人工恢复的，但要建立一个稳定的、最优化的人工森林生态系统，必须实施以下几方面。

1. 从不毛荒坡恢复到混交林要分两步进行，首先重建先锋群落，并发挥其初步改善环境的作用，然后代之以多层结构的混交林。
2. 充分利用豆科植物的固氮作用，建立一个永续的可更新的森林生态固氮系统。
3. 以树种、林种多样化来提高生物潜能，增强森林生态系统的抗逆性和稳定性。
4. 配置多层次、多种类和价值高的森林类型，提高光能和土地的利用率，增加生物生产量和经济效益。

采用上述植被恢复途径所得到的效果是：

1. 植物群落多样性带来多样性的昆虫、鸟类、土壤动物和土壤微生物，因而形成一个较复杂的食物链，减轻了森林病虫害，又促进了生物群落的生长、发育和后代的繁衍。
2. 植物群落的多层结构不仅带来了相应的丰富的生物类群，而且使得整个森林生态系统中小气候、土壤、水文等各项指标都不断地向着良性方向转化和发展，对于改造

表 1 不同植被类型生物和生态效应比较表

Table 1. The comparison of biological and ecological effects in different vegetation types

生物和生态效应 Biological and ecological effects		植 被 类 型 Vegetation	荒 坡 Barren hill	桉树纯林 Eucalypt forest	阔叶混交林 Broad-leaf mixed forest
生物类群 Biological groups	植 物 Plants	高等植物种类 Higher plants	10	12	320
	动 物 Animals	昆虫 (估计种数) Insects (Estimated species)	50	100	300
		鸟类 (见到只数) Birds (Number)	93	22	144
		土壤动物类群数 (个体数/米 <sup>2</sup> ) Soil animals (Number/m <sup>2</sup> )	16	12	33
	微 生 物 Soil mibrobe	土壤动物生物量 (克/米 <sup>2</sup> ) Biomass of soil animals (g/m <sup>2</sup> )	1,3171	6,2924	72,1763
		细菌 (百万/克干土) Bacillus (mill./g)	0.01	0.24	1.06
		真菌 (百万/克干土) Fungi (mill./g)	0.29	1.96	0.65
放线菌 (百万/克干土) Actinomycetes (mill./g)		0.06	1.35	3.03	
生态环境 Ecological environ- ment	气 候 Climate	气温年振幅(°C) Annual temperature fluctuation (°C)	14.3	14.0	13.0
		大气相对湿度(%) Relative humidity (%)	83.2	85.5	87.3
	土 壤 Soil	有机质(%) Organic matter (%)	0.60	0.75	1.13
		pH(H <sub>2</sub> O)	4.5	4.9	5.7
	水 文 Hydro- logy	泥沙年流失量(公斤/公顷) Annual loss of soil per unit area (kg/ha)	19897.5	5677.5	3.0
		10cm土层土壤含水量* Soil moisture content (%)	9.8	11.9	13.2
	地下水深度(米) Depth of ground water (m)	3-5	9-11	1-4	

\* 10cm土层的土壤含水量是1982年1月份的规测数值

表2 小良水保站历年国家投资和收入情况

Table 2. The national investment and productive income of Xiaoliang Station of Water and Soil Conservation

年 度 Years	国 家 投 资 (元) National investment (Yuan)	生 产 收 入 (元) Productive income (Yuan)
1957—1958	23598	.....
1959	40310	4524
1960—1966	184269	10000—20000
1967—1973*	.....	25000—30000
1974—1980**	340013	100000—150000
1981		197000
1982		217000
合 计 Total	588190	1866274.60

\* 1967—1973年, 国家投资中断, 生产自给

\*\* 1974年以后的国家投资是专项经费, 指定作科研用

生态环境, 恢复和保持生态平衡等方面已经产生了良好的生态效益。

3. 在荒坡的改造与利用、长期利益与短期利益相结合的方针指导下, 注意到发展生产, 在引种对象中考虑到经济植物及水果等种类, 因而在获得良好的生态效益的同时也收到了明显的经济效益和社会效益。

### 参 考 文 献

- [1] 屠梦照等, 1983: 广东沿海丘陵地森林植被的变迁与土壤之间的关系。中国科学院华南植物研究所集刊, 第1集, 95—101页。
- [2] 广东省植物研究所地植物学研究室, 1977: 沿海丘陵荒坡水土保持的植物措施的效应。植物学报, 19卷3期, 182—189页。
- [3] 陈茂乾等, 1984: 小良热带人工林脊椎动物初步调查。热带亚热带森林生态系统研究, 第2集, 202—213页。
- [4] 谢映书等, 1984: 电白小良人工林昆虫群落特征的初步比较。热带亚热带森林生态系统研



究, 第2集, 173—183页。

- [5] 廖崇惠等, 1984: 小良热带人工林土壤动物初步调查。热带亚热带森林生态系统研究, 第2集, 214—226页。
- [6] 蚁伟民等, 1984: 鼎湖山自然保护区及电白人工林生态系统中土壤微生物特性的研究。热带亚热带森林生态系统研究, 第2集, 59—68页。
- [7] 黄录基等, 1984: 小良不同类型人工林的温湿特征。热带亚热带森林生态系统研究, 第2集, 114—121页。
- [8] 屠梦照等, 1983: 幼林地间种绿肥——山毛豆的效应报告。土壤通讯, 第6期。
- [9] 屠梦照等, 1984: 不同植物群落对土壤pH值影响的调查研究。热带亚热带森林生态系统研究, 第2集, 110—113页。
- [10] 姚清尹等, 1984: 小良花岗岩台地风化壳破坏特征及其整治利用的研究。热带亚热带森林生态系统研究, 第2集, 91—109页。

THE PATH AND ITS EFFECTS TO REHABILITATING  
VEGETATION ON THE TROPICAL LITTORAL  
ERODED LAND IN GUANGDONG PROVINCE

Yu Zuo-yue

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

Pi Yong-feng

(*Xiaoliang Station of Water  
and Soil Conservation,  
Dianbai County, Guangdong*)

Abstract

The quantity of biomass, the number of living species and the effect of ecological equilibrium in tropical forest are all highest than any other ecosystems. The tropical forest is disappearing rapidly, then water loss and soil erosion is following. Therefore, the reconstruction of tropical forest vegetation is very important in the tropics.

The studies were carried out at 1959. The experimental area is situated in the littoral terrace of Dianbai County, Guangdong Province, 110°54'18"E and 21°27'49"N. The zonal soil is lateritic soil. The climax is tropical monsoon forest. By reason of increasing human activities, the original forest had been destroyed entirely. The erosion at such area had a long history more than hundred years. The annual average depth of eroded surface soil is 1 cm. The loss of soil is 10000 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/year. The content of humus decreases from 4.0% to 0.6% or less.

The aim of the studies was to find the way of reconstruction of tropical forest vegetation, and to establish a model of improvement and utilization of tropical and subtropical mountainous and hilly wasteland.

I. Steps and methods

There were three stages in the experiments.

1. The first stage: The combined methods of biological treatment and engineering treatment have been used to construct the pioneer arborescences on eroded barren land. The communities consisted of some species with drought and sterility resistance, such as *Pinus massoniana* and *Eucalyptus exserta*.

2. The second stage: The natural tropical forest as a model, the

broad-leaf mixed forests with multiple strata and species were constructed instead of the pine and eucalypt forest.

3. The third stage: After the environment was improved, a diversified agricultural economy was developed, included the cultivation of tropical crops and fruits.

## II. Results

1. Biological effects: During the reconstructed process of plant community from barren land to the forests of pine or eucalypt and went on to the broad-leaf mixed forests, the more complex biome consist of plant, animal and microorganism were occurred. A diversity of insects, birds, soil animal and soil microbes was appeared. A complex food-chain was established. Therefore, the diversity of plant community was as the stable basis of the forest ecosystem.

2. Ecological effects : The ecological environments were being improved during the development of the biotic communities.

( 1 ) The annual fluctuation of temperature decreased from 14.3℃ to 13.0℃; the relative humidity increased from 83.2% to 87.3%.

( 2 ) The degree of soil run off declined. The loss of soil decreased from 19897 kg/ha to 3 kg/ha, and the soil moisture increased. The level of ground water rose from 3.91m to 2.79m.

( 3 ) The physical and chemical characters of soil were improved, the pH value of soil ranged from 4.5 to 5.7, and the content of humus increased from 0.76% to 1.13%.

3. Economic effects: After reforestation on eroded hills and the environment was improved, then the agricultural production has been developed, and the economic effects have been achieved. For instance, the production in rice field increased from 750 kg/ha to 10500 kg/ha.

## III. Conclusions

1. In order to reconstruct a broad-leaf mixed forests with multiple strata and species on the barren land at shorter period, two stages may be adopted, the effects of pioneer arborous community must be emphasized.

2. Utilizing the ability of nitrogen fixation in leguminous plants, a system of nitrogen fixation of man-made forest may be established.

3. The stability and ability of resistance inside the forest ecosystem may be enlarged according as the diversity of tree species and forest types.

4. When the broad-leaf mixed forests with multiple strata and speci-

es have been reconstructed, the utilizing rate of light energy and land resources will be increased, and the biological production and economical effect will be raised.