

RESEARCH
ON
RED SOIL
ECOSYSTEM

红壤生态系统研究

第三集

中国科学院红壤生态实验站 编

中国农业科技出版社

ISBN 7-80119-117-X



9 787801 191175 >

ISBN 7-80119-117-X/S · 43

定价: 20.00 元

红壤生态系统研究

第三集

中国科学院红壤生态实验站 编

主 编：王明珠 张桃林 何园球

编 委：（以姓氏笔划为序）

王明珠 史学正 何园球 李振高

季国亮 张佳宝 陈怀满 杨艳生

罗家贤 张桃林 蔡贵信 蔡祖聪

中国农业科技出版社

1995

(京)新登字 061 号

内 容 简 介

《红壤生态系统研究》第三集是《红壤生态系统研究》第一、二集的续篇,旨在反映我国红壤地区农业生态、持续农业和综合治理方面的长期、定位研究成果,供国内外学术交流和作为合理开发利用红壤资源的科学依据。

本文集共收集论文 46 篇,论述了红壤发展战略与对策;生态模式的评价与优化;物质循环与调控;以及红壤持续利用与保护等问题,对提高红壤的综合开发利用水平,促进相关学科的发展和相互渗透,具有重要科学与实际意义。

本文集可供从事生态学、地学、环境科学、林学、农学的研究、教学和生产人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

红壤生态系统研究 第三集/王明珠等主编. —北京:
中国农业科技出版社,1995. 11
ISBN 7-80119-117-X

I. 红… II. 王… III. 红壤-土壤生态体系-研究 IV. S 155. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 20714 号

技术设计		中国农业科技出版社
出版发行		(北京海淀区白石桥路 30 号)
		新华书店北京发行所发行
经 销		南京艺美彩色印刷厂印刷
印 刷		787×1092 毫米 1/16 印张:24.75
开 本		1—1000 册 字数:602 千字
印 数		1995 年 11 月第一版 1995 年 11 月第一次印刷
版 次		
定 价		20.00 元

前 言

《红壤生态系统研究》第三集今天和广大读者见面了。它和先前出版的第一集和第二集一起，展现了“中国科学院红壤生态实验站”成立以来各个时期所进行的研究工作及取得的成果。

本文集共收入 46 篇论文，分为 4 个部分：发展战略与对策；模式评价与优化；物质循环与调控；持续利用与保护。这些论文所涉及的内容基本上涵盖了红壤生态实验站近年来的所有研究项目和成果。应该说，本文集所收入的论文，既有理论性强的基础工作，又有生产作用明显的应用性工作；既有覆盖面大综合性强的工作，又有专业性和地域性突出的工作；既有长期性和延续性的工作，又有新近开拓的创新工作。因此，对红壤生态实验站而言，本文集的内容具有承前启后，继往开来的作用。

在编辑过程中，邵杰传、莫淑勋和朱韵芬同志做了大量细致的工作；谢佩珠、徐映红等同志为文集绘制了插图，在此一并致谢。

受编辑水平所限，错误与不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

1995. 5

目 录

一、发展战略与对策

红壤生态系统综合治理技术及农业持续发展	石 华 赵其国 王明珠 张桃林 何国球 唐永良 刘崇群 (1)
我国南方丘陵区红壤资源潜势、问题与持续利用耕作制度	张桃林 张 斌 王兴祥 孙 波 (28)
我国南方红壤丘陵区农村经济现状与发展对策	翟玉顺 张桃林 赵其国 (44)
南方红壤丘陵区土壤侵蚀评价	梁 音 张桃林 史德明 (50)
我国南方红壤丘陵区生态环境特征及其评价	李 勇 张桃林 (57)
江西红壤丘陵区乡村林业典型调查与分析	殷云龙 陈 忠 蔡剑华 (69)
红黄壤地区果业综合发展对策与措施	陈 凯 胡国谦 房经贵 (78)

模式评价与优化

红壤农业生态模型设计及其优化	何国球 (82)
耕作制度综合评价指标体系的建立及其应用	黄国勤 章熙谷 柯建国 (92)
不同冬作和耕作制度的投入产出模型	黄国勤 章熙谷 柯建国 (110)
红壤旱坡地几种种植模式比较研究	黄晚庆 何国球 (115)
不同耕作制度下红壤缓坡地水土流失及土壤水分研究	张 斌 张桃林 (121)
新垦红壤旱坡地不同耕作制度下的土壤温度研究	王兴祥 张 斌 张桃林 (130)
低丘红壤林农间作生态系统的生物量和生产力的研究	刘建业 秦泰毓 裘敏和 涂翠琴 过文珍 (138)
低丘红壤复合桔园环境特征分析	陈 忠 蔡剑华 殷云龙 (144)
红壤低丘种草养鱼建立稳定生态系统模式的研究	孔德珍 曹景勤 陈碧云 周秋白 (151)
亚热带低丘红壤间作栗园生态效应和经济效益	涂翠琴 裘敏和 过文珍 刘建业 (159)
红壤生态系统的芽孢杆菌资源	李振高 吴胜春 俞 慎 潘映华 王俊华 (165)
红壤区不同植被下土壤酶活性的研究	潘映华 施亚琴 李振高 王俊华 俞 慎 吴胜春 (172)
低丘红壤区农田的微生物	尹瑞龄 王明珠 何国球 (179)

物质循环与调控

红壤农田生态系统低投入研究	鲁如坤 张中一 时正元 (188)
低丘红壤薪炭林生物量和养分循环及能量的研究	蔡守坤 (193)
亚热带人工林地的生物归还动态及土壤养分含量的变化	李忠佩 林心雄 车玉萍 (201)
肥力贫瘠化红壤的特点及其产生原因	罗家贤 杨德勇 包梅芬 蒋梅茵 陈 捷 (210)

贫瘠红壤的肥力变化	罗家贤	杨德勇	包梅芬	蒋梅茵	陈捷	(217)
✓ 第四纪红粘土发育的红壤持水特征	杨艳生	梁音	吕喜玺	史德明		(224)
我国中亚热带红壤区雨养旱地避旱复种的对策	柯建国	路季梅	刘洪顺			(235)
红壤丘陵区甘薯引种鉴定及栽培技术配套研究	宗海宏	王明珠	沈稼青			(241)

持续利用与保护

低丘红壤区水资源的时空变异及综合开发利用	王明珠	张佳宝	赵春生	谭清美	何园球	(243)
红壤上以覆盖耕作为手段的持续农业的研究	赵诚斋	张佳宝				(283)
中低产红壤性水稻土的综合改造技术	熊思健	李淑玲	吴金发	陈绍荣		(291)
红壤多年施用石灰对作物产量及硼、钼营养的影响	徐俊祥	徐永福	唐永良			(298)
石灰石粉和石灰对旱地红壤物理性质的影响	许绣云					(304)
红壤施用磷肥对豆科作物结瘤及产量的影响	曹景勤					(311)
微生物肥料在红壤上的应用	尹瑞龄	王明珠	何园球			(315)
有效微生物菌剂对新垦红壤种植花生的影响	吴胜春	李振高	潘映华	俞慎	王俊华	(319)
红壤中几种土著 VA 菌根真菌对植物生长的效应	吴铁航	郝文英	林先贵	施亚琴		(323)
VA 菌根对加速侵蚀劣地植被恢复的作用	施亚琴	林先贵	吴铁航	史德明		(328)
低丘红壤荒坡垦植果树的改土培肥效应	胡国谦	陈凯	房经贵	周克瑜	张斌	(334)
¹⁵ N 自然丰度法测定豆科作物共生固氮初报	施书莲	杜丽娟	曹亚澄	周克瑜	孙国庆	(340)
低丘红壤森林植被的恢复与重建	孔德珍					(345)
湿地松林地修筑集水槽及栽种胡枝子在改良林业中的作用	徐礼煜					(353)
含濒危植物群落迁地保护的初步研究	李今	陈家宽	周进	王明珠		(358)
长喙毛茛泽泻的繁育特性与迁地保护	殷云龙	贺善安	陈家宽	王明珠		(367)
弯叶画眉草在红壤矿区尾砂坝的生态适应性及其防护效果	蔡剑华	陈忠	殷云龙	游云龙		(374)
热带多年生禾本科牧草越冬返青的生长动态研究	李正民	舒惠玲	曹景勤			(381)

RESEARCH ON RED SOIL ECOSYSTEM

CONTENT

Preface	(1)
Foreword	(1)

Strategies and Countermeasures

Study on Comprehensive improvement Techniques of Red Soil Ecological System and Sustained Development of Agriculture	Shi Hua, Zhao Qiguo, Wang Minzhu, Zhang Taolin, He yuanqiu, Tang Yongliang and Liu Chongqun (27)
Potentials and Constraints in relation to Sustainable Farming Systems for Using Red Soil Resource in Hilly Region of Southern China	Zhang Taolin, Zhang Bin, Wang Xingxiang and Sun Bo (43)
Current Situation and Development Strategies of Rural Economy in hilly Red Soil Region of Southeastern China	Zhai Yushun, Zhang Taolin and Zhao Qiguo (49)
An Evaluation of Soil Erosion in Red Soil Hilly and Mountainous Region of Southern China ...	Liang Yin, Zhang Taolin and Shi Deming (56)
The Ecological and Environmental Characteristic and Its Assessment of the Hilly Red Soil Region in Southern China	Li Yong and Zhang Taolin (68)
Typical Investigation and Analysis of Rural Forestry in the Red Soil Hilly Region of Jiangxi Province	Yin Yunlong, Chen Zhony and Cai Jianhua (74)
Comprehensive Development Countermeasures of Fruit Production in Red and Yellow Soil Areas of South China	Chen Kai, Hu Guoqian and Fang Jinggui (81)

Evaluation and Optimization of Pattem

Design and Optimization of Agri-Ecological Model in Red Soil	He Yuanqiu (91)
The Establishment and Application of a Comprehensive Evaluation Criteria Set for Cropping Systems	Huang Guoqin, Zhang Xigu and Ke Jianguo (109)
Study on the Models of Input-output in Several Winter Crops and Cropping Systems	Huang Guoqin, Zhang Xiguo and Ke Jianguo (114)
Study and Comparison of Several Cropping Patterns on Red Soil Sloping Upland	Huang Xiaoqin and He Yuanqiu (120)
Studies on Soil Moisture and Runoff and Soil Erosion in Different Farming Systems on Gentle Slope Upland of Red Soil	Zhang Bin and Zhang Taolin (129)
Soil Temperature of Several Farming Systems on the Newly Reclaimed Sloping Upland of Red Soil	Wang Xingxiang, Zhang Bin and Zhang Taolin (137)

Study on the Biomass and Productivity of Forest-crop Intercropping Ecosystems in the Subtropical Low Hilly Red Soil Region	
..... Liu Jianye, Qin Taiyu, Qiu Minhe, Tu Cuiqin and Guo Wenzhen (143)	
Analyses on Environmental Characteristics of the Intercropping Citrus Orchard in Low Hilly Red Soil Areas	Chen Zhong, Cai Jianhua and Yin Yunlong (150)
Study on Stable Ecosystem Patterns of Feeding Fish by Planting Grass in Red Soil of Low Hilly Land	Kong Dezhen, Cao Jianqin, Cheng Biyun and Zhou qiubai (158)
Study on Ecological Efficiencies and Economic Profits of Chestnut Orchard Interplant in the Subtropical Low Hilly Red Soil Region	
..... Tu Cuiqin, Qiu Minhe, Guo Wenzhen and Liu Jiangye (164)	
Resource of Bacillus in the Ecological System of Red Soil	
..... Li Zhengao, Wu Shengchun, Yu Shen, Pan Yinghua and Wang Junhua (171)	
Study on Soil Enzymes Activity Under Different Vegetation in the Red Soil Area	
Pan Yinghua, Shi Yaqin, Li Zhengao, Wang Junhua, Yu Shen and Wu Shengchun (178)	
Microbes of Agricultural Land in Red Soil of Hilly Area	
..... Yin Ruiling, Wang Mingzhu and He Yuanqiu (185)	

Material Cycling and Its Control

Recycling Potentiality of Different Crop Rotations in Subtropical Region of China	
..... Lu Rukun, Zhang Zhongyi and Shi Zhengyuan (192)	
Studies on the Biomass, Nutrients Cycling and Energy of the Fuel Wood of Hilly Red soil ...	
..... Cai Shoukun (200)	
Studies on the Litter Fall, Its Decomposition and Effect on the Soil Nutrient Elements in the Plantation of Low Hilly Red Soil Area	
..... Li Zhongpei, Lin Xinxiong and Che Yuping (209)	
The Impoverishment Characteristic and its Geneses of Red Soils	
..... Luo Jiaxian, Bao Meifen, Jiang Meiyin, Yang Deyong and Chen Jie (216)	
The Fertility Evolution of Infertile Red Soils	
..... Luo Jiaxian, Yang Deyong, Bao Meifen, Jiang Meiyin and Chen Jie (223)	
An Investigation of Water-Holding Status of Soil at the Ecological Experiment Station of Red Soil	
..... Yang Yansheng, Liang Yin, Lu Xixi and Shi Deming (234)	
Multiple Cropping Systems for Preventing Drought in Rainfed Uplands of Red Soil in Middle Subtropic Zone of South China	Ke Jianguo, Lu Jimei and Liu Hong Shun (240)
Appraisal of an Introduced Variety of Sweet Potato and Complete Sets of Its Cultivation Techniques in Low-hilly Land of Red Soil Region—Study of Cultivation and Management of Sweet Potato	Zong Haihong, Wang Mingzhu and Sheng Giaqing (244)

Sustainable Use and Protection

Study on Temporal and Spatial Heterogeneity of Water Resource and Its Comprehensive Utiliza-	
--	--

tion in Low-hilly Red Soil Region	
Wang Mingzhu, Zhang Jiabao, Zhao Chunsheng, Tan Qingmei and He Yuanqiu (282)	
Study on the Sustained Agriculture Based on Covering Cultivation for Red Soil	
1. The Relationship of Water Characteristic of Soil and the Growth of Corn on the Sloping Land	Zhao Chengzhai and Zhang Jiabao (290)
Study on the Comprehensive Technique of Ameliorating Low and Middle Yield Paddy Fields of Red Soil	Xiong Sijing, Li shuling, Wu Jingfa and Cheng Shaorong (297)
Influence of Applying Lime Several Years on Crop Yield and Its Nutrition of Boron and Molybdenum in Red Soil	Xu Junxiang, Xu Yongfu and Tang Yongliang (303)
Effect of Applying Limestone Powder and Lime on the Physical Properties of Upland Red Soil	Xu Xiuyun (310)
Effect of Applying Phosphate Fertilizer on the Nodule Bearing and Grass Yield of Leguminous Grass in Hilly Red Soil Region	Cao Jingqin (314)
Application of Microbial Fertilizers on Red Soil	
..... Yin Ruiling, Wang MingZhu and He Yuanqiu (318)	
Effect of Preparations of Effective Microorganisms on Peanut Growth in the Newly Cultivated Red Soil	
..... Wu Shengchun, Li Zhengao, Pan Yinghua, Yu Shen and Wang Junhua (322)	
Effect of Several Indigenous VA Mycorrhizal Fungi on Plant Growth in Red Soils	
..... Wu Tiehang, Hao Wenying, Lin XianGui and Shi Yaqin (327)	
Role of VA Mycorrhiza in Accelerating the Rehabilitation of Vegetative Cover of Intensively Eroded Red Soils	Shi Yaqin, Lin Xiangui, Wu Tiehang and Shi Deming (333)
Effects of Planting Fruit Trees on Soil Fertility of Uncultivated Sloping Red Earth in Lower hilly Area	Hu Guoqian, Chen Kai, Fang Jinggui, Zhou Keyu and Zhang Bin (339)
Preliminary Report on the Estimation of Symbiotic Nitrogen Fixation in Leguminous Crops by the Natural ^{15}N Abundance Method	
..... Shi Shulian, Du Lijuan, Cao Yacheng, Zhou Keyu and Sun Gouqing (344)	
A Study on Restoration and Reestablishment of the Forest Vegetation in Red Soil Hilly Area	
..... Kong Dezhen (352)	
Improving Pinus Elliottii by Planting Lespedeza and Establishing Minipolders	
..... Xu Liyu (357)	
A Preliminary Study on EX Situ Conservation of Community Including Near Extinct Plants	
..... Li Jin, Chen Jiakuan, Zhou Jin and Wang Mingzhu (366)	
Reproductive Characteristics and EX Suit Conservation of Ranalisma Rostrum Staff	
..... Yin Yunlong, He Shenan, Chen Jiakuan and Wang Mingzhu (373)	
Ecological Adaptability and Protecting Effect of Eragrostis Curvula (Schrad) Nees on the Debris Sand Dam in Red Soil Areas	
..... Cai Jianhua, Chen Zhong, Yin Yunlong and You Yunlong (380)	
The Growth Dynamic Study on the Reviving After Winter of Tropical Perennial Herbage of the Grass Family	Li Zhengmin, Shu Huiling and Cao Jingqi (385)

发展战略与对策

红壤生态系统综合治理技术 及农业持续发展*

石 华 赵其国 王明球 张桃林 何园珠 唐永良 刘崇群

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

本文全面论述了红壤区生态环境的逆向演替及其退化机制,提出了立体布局优化模式、调控水分养分和改造低产田地园林塘的综合治理技术。并从促进农业持续发展的高度,阐述了改造生境条件,增加物质投入,发挥潜在优势等战略性的关键措施。

红壤既是我国亚热带地区的重要土壤资源,也是我国南方农业综合开发与经济发展的重要基地。由于受东南季风之惠,该地区气候温暖,水热丰沛,年均温 $14-20^{\circ}\text{C}$,大于、等于 10°C 积温 $4500-6500^{\circ}\text{C}$,年降水量 $1000-1800\text{mm}$,干燥度小于 1。植被组成丰富,生物生长速度快、周期短,生物产量潜力高和良好的投资效益。盛产大米、茶叶、烤烟、油茶、油桐、毛竹、杉木和柑桔果类等,为我国野生和栽培植物资源最丰富的地区之一^[1]。

然而,由于长期利用失当,红壤资源的潜力未能充分发挥。尤其是人口密度大的低丘红壤区,林被破坏,经营单一,土地用多养少料(燃料、饲料、肥料、木料)俱缺,水土流失加剧,肥力锐减,季节性干旱也日趋严重,使整个红壤生态系统退化并陷入恶性循环,荒丘荒地和中强度流失面积各占 $1/4$ 和 $1/3$ 。每公顷产量低于 $3750-7500\text{kg}$ 的中低产田约占耕地的 $2/3$ 。

一、红壤生态系统

红壤—生物—环境间的物质能量交换构成了一个红壤生态系统。现有利用状况表明,该系统正向生态环境退化和生物的逆向演替方向发展,现以余江县为例,剖析如下:

余江县处于赣东北山区向鄱阳湖平原过渡的地段(约 $N28^{\circ}14'-28^{\circ}37'$, $E116^{\circ}41'-116^{\circ}89'$),是长江中下游以南典型的低丘红壤区。红壤及红壤性水稻土占全县土地面积的 90%。在我国南方,尤其是中亚热带东部湿润区有着广泛的代表性。

(一) 红壤区生态环境的演变

* 本文系中国科学院红壤生态实验站 8 年多来研究的综合性成果,主要资料来源于“红壤生态系统研究”第一、二集有关应用研究成果;本文由王明珠执笔。

1. 近期气候变异的特点^[2]

(1) 温度、光照、雨水变化趋势

近 36 年来, 余江县年平均气温为 17.6°C ; 年平均日照时数为 1809.5h; 年平均降水量 1741.3mm。如果以年平均气温 17.0°C — 18.0°C 为平年, $<17.0^{\circ}\text{C}$ 为冷年, $>18.0^{\circ}\text{C}$ 为暖年, 则 50 及 60 年代应为暖、平年; 70 及 80 年代为冷、平年。年平均日照时数的变化大致与其相对应, 其中以 70 年代为最少。年平均降水量变幅较大, 也以 70 年代最为明显, 可见, 余江气候有向冷、湿、少日照和旱涝年频繁交替方向发展的迹象, 且四者相关性显著。

(2) 季风气候的年际变异增大

该县处于亚热带季风区, 气候具有不稳定性与年际振荡的特征。近 40 年来, 这种变异与振荡加大, 灾害的频率强度也愈来愈大。

1) 炎夏年与凉夏年频繁出现

典型炎夏年(距平 $+1^{\circ}\text{C}$) 有 5 年, 最高气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 的天数 ≥ 35 , 极端高温达 40.5°C 。凉夏年(距平 -1°C) 有 8 年, 最高气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 的天数 ≤ 25 。高温、凉夏年占统计年数的 43.3%。

2) 干旱与洪涝频繁发生

1960—1989 年间, 有 6 年出现严重伏旱、6 年出现秋旱, 平均每 2、3 年有 1 次伏旱或秋旱, 有 5 年出现伏秋连旱, 平均每 6 年有 1 次, 1978 年和 1986 年伏秋旱最为严重, 干旱持续 90 天; 出现洪涝有 10 年, 每年平均有 2—3 次大的连续降水过程, 降水量达 280—550mm。

3) 冷冬年与暖冬年交替发生

余江县在正常年份的极端低温 $-5\sim-6^{\circ}\text{C}$, 1967—1973 年是冬季寒冷期, 最低温度达 -9°C 。其后, 是冬暖时期, 1990 年以前未出现过 -7°C 以下低温。1990 年及 1991 年又是两个冬寒年, 极端低温分别为 -11.7°C 和 -15.1°C , 是该县有气象记录以来的最低值, 以致柑桔遭毁灭性危害。

4) 作物生长发育临界温度的初终日变异大

$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 初日最早在 3 月 6 日; 最迟在 4 月 4 日。 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 终日最早在 9 月 18 日, 最迟在 10 月 31 日。而且 70、80 年代积温偏低, 比 60 年代低 5—25%。

2. 植被逆向演替

从现在植被类型和植物区系分析, 原生植被属亚热带中生性常绿阔叶林。由于人为活动的干扰, 余江县森林覆被率由 50 年代的 34% 下降至 80 年代的 15.2%。而且植被有逆向演替的趋势, 表现出旱生、阳性、次生的性质。目前, 这种次生的常绿阔叶林仅零星残存于丘陵下部边缘和村落周围, 优势种主要有常绿阔叶树木荷 (*Schima Superba*)、石栎 (*Lithocarpus glaber*)、若槭 (*Castanopsis sclerophylla*) 和针叶树马尾松 (*Pinus massoniana*), 而面积较大的为次生性稀树干旱草坡, 建群种有白茅 (*Imperata cylindrica* var. *major*)、刺野古草 (*Arundinella setosa*) 十珠芽画眉草 (*Eragrostis bulbifera*)、金茅 (*Eulalia Spnora*) 等。但从残存的毛萼杨桐和川山矾的高大、粗壮估计, 它们树龄大致在百年以上, 由此推断该区的林被是近百年或更近的时期才被破坏的。据访问, 50 年前这里还是木荷、苦槭等林木组成的林地。但从 50 年代起, 随着土地大面积的开垦, 加剧了常绿阔叶林向马尾松稀树草坡逆向演替。

3. 红壤性质退化

长期以来, 余江县农业生产活动主要局限于丘间盆地和沟谷地区, 而对于面积比沟谷大 2—4 倍的低丘红壤的利用重视不够, 随着开垦、重用轻养, 导致红壤大面积退化。根据余江县土壤普查资料, 红壤退化主要表现在以下 3 个方面:

(1) 侵蚀红壤面积扩大、程度加剧

从表1可见,全县红壤侵蚀面积达28.73万亩,占丘岗面积45.3%,与50年代相比,不仅侵蚀面积增加了144.6%;而且中、强度侵蚀比例增加了3倍多。有些地方甚至已经出现了裸岩。

(2) 土壤肥力衰减,抗逆性差

近20多年来,红壤及其发育而成的水稻土广种薄收,只用不养的现象较为普遍。余江县冬绿肥(紫云英)面积几乎减少一半,化肥投入量也只及全国平均量的68.9%,导致土壤营养元素亏缺,每公顷产量3750—7500kg的中低产田,约占全县耕地的2/3以上。

表1 余江县侵蚀红壤面积及其肥力状况

指标项目	侵蚀总面积 (万亩)	侵蚀程度 (t/km ²)		
		轻度 <2000	中度 2000—10000	强度 >10000
侵蚀面积(万亩)	20.73	17.46	10.12	1.16
占总侵蚀面积%	100.00	60.0	35.2	4.0
土壤肥力状况	有机质 (g/kg)	>5	5—3	<3
	全磷 (g/kg)	>1.0	10.5	<0.5
	有效磷 (mg/kg)	5—3	3—1	<1

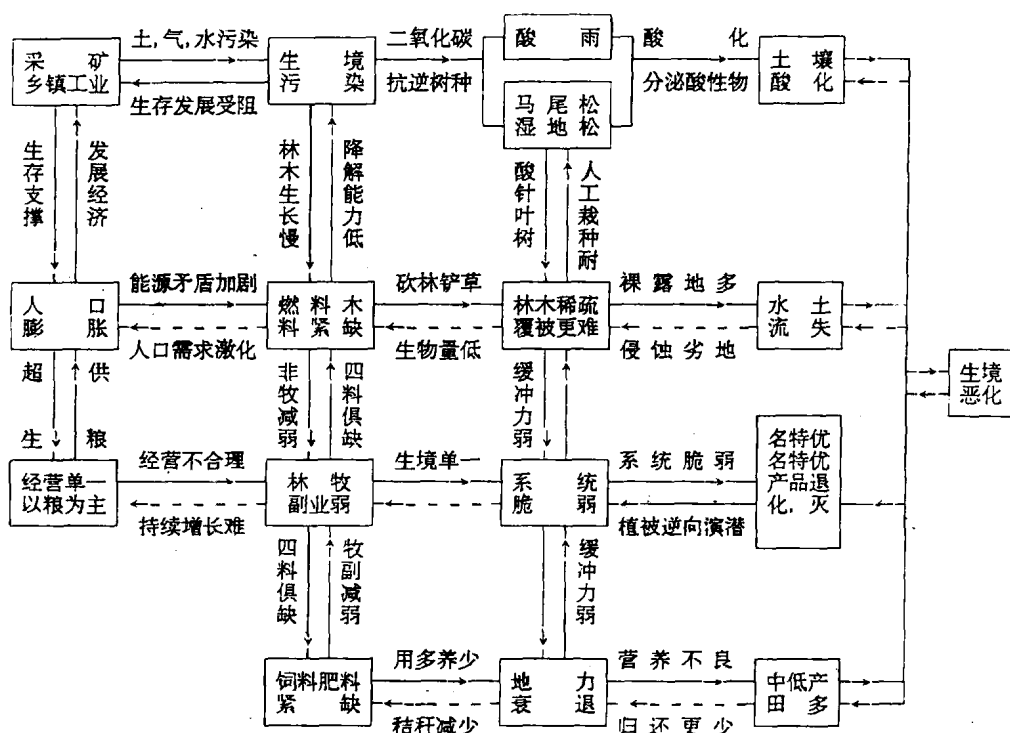
(3) 红壤酸化、水稻土潜育化

红壤是在高温多雨环境下,遭受强烈风化淋溶形成的酸性土壤,粘土矿物简单,交换量低,易于受酸性沉降物(pH4.5左右)的影响,形成较多的铝离子,对柑桔,花生,油菜等产生毒害。此外,它的抗逆力也弱,特别是降水分配不均,红壤中可供作物利用的有效水含量范围窄(5—10g/100g土),易产生伏秋旱。水稻土由于长期灌排不当和实行稻—稻—肥轮作,引起次生潜育化(其面积近5万亩,约占余江水稻土总面积的15%),氧化还原电位低,还原性有毒物质含量较高,养分的有效性差,使水稻根系发育不良,迟发贪青、病虫害多、一般减产10—20%。

因此,随着该区人口增长,特别是贫困低丘红壤区人口的增加,土地资源开垦无度、森林面积急剧减少,生物多样性降低,植被出现逆向演替,不少名特优农林产品退化或濒临灭绝;气候的年际与季节变异突出,旱、涝、冻害的频率及强度增大;土壤由于覆被破坏,利用不合理以及乡镇工业的废弃物污染,导致了土壤侵蚀及其理化特性的恶化。而红壤的退化又对气候、水循环、生产环境等产生了一系列影响^[3]。这样,互为因果、愈演愈烈,使整个系统陷入了恶性循环(图1)。

(二) 红壤生态环境的退化机制

该系统退化既有自然因素,也有人为因素。但从整个系统来看,后者的影响更为重要。自然因素包括气候、土壤、地形等因素。人为因素首先由于人口增长、生存的压力;次为农业结构不合理^[4]。如余江县长期经营单一,农业总产值中的63.1—87.0%依靠种植业,而种植业用地仅占土地面积的18.1%,大片低丘红壤森林覆被率不足15%,林业产值仅占农业产值



的 0.7—3.6%；再次是投入少，80 年代，水田平均每公顷年投资不足 750 元，加之管理粗放，很难取得 7500kg 以上的产量。现就红壤生态系统退化机制^[5]剖析如下。

1. 侵蚀引起退化

土壤侵蚀是导致红壤和红壤生态系统退化的最重要的原因,联合国粮农组织将其列为世界土地退化的首要问题。据我国中亚热带东部 9 省(区)估计〔6〕,每年分别有近 7 亿吨的表土,16 万 t 的有机质和 18 万 t 的矿质养分(N、P、K)因遭侵蚀而损失。由此可见,侵蚀引起的红壤养分贫瘠化已成为土壤肥力衰减的根本原因。尤其是近 40 年来,低丘红壤的侵蚀有所加剧。侵蚀面积由 50 年代的 7.1 万 km² 增加到 80 年代的 20 万 km²;长江流域的侵蚀面积也由建国初期的 36.4 万 km² 增加到 1985 年的 56.2 万 km²,流失面积扩大 54.48%,土壤侵蚀量由以往的 13 亿吨增加到 15.7 亿吨。洞庭湖平均年淤积泥沙 2 亿吨,淤高 3.5cm,湖面相应从 6270km² 缩小至 2400km²,湖容量减少了 40%。第二次土壤普查表明:余江县红壤侵蚀面积已占其总面积的 45.3%。在侵蚀红壤中,中、强度侵蚀红壤又占其侵蚀面积的 40%,它们的剖面构型发生变化,A 层以至 B 层全部被蚀,心、底土的 C 层裸露,而成为侵蚀劣地。

(1) 土壤养分流失^[7]

从表 2 中可以看出, 氮、磷、钾的消失率(固体径流值/侵蚀土壤值)达 1.57—3.11。再加之径流水中流失的养分元素, 每年流失的水解氮总量为 84.04 千克/公顷, 速效磷(P_2O_5)总量为 0.83 千克/公顷和速效钾(K_2O)总量 422 千克/公顷, 大大高于进入土壤中的物质质量。例如, 在严重流失坡地, 氮、磷、钾元素的积累量, 仅为无明显流失地段(密林下)的 1/40。而严重流失坡地氮、磷、钾的流失量却为无明显流失坡地的 35 倍。

表 2 固体径流中养分元素含量

项 目	有机质	全氮	全磷	全钾	速效钾	水解性氮
	(g/kg)				(mg/kg)	
平均固体径流	0.31	0.04	0.12	1.9	15.00	00
固体径流样品数	10	26	32	32	33	20
侵蚀土壤	0.30	0.03	0.07	1.29	5.1	30
固体径流值: 侵蚀土壤值	1.03	1.57	1.71	1.40	3.11	2.05

表 3 列出了第四纪红粘土发育的红壤侵蚀劣地的氮、磷、钾、有机质、pH 与盐基交换量资料, 由此可见: 1) 有机质含量极低。除少数上层达到 10g/kg 左右外, 其余大部分均低于 5g/kg。2) 全氮和水解氮低。全氮含量几乎都在 0.5g/kg 以下, 水解氮轻度侵蚀土壤为 57—76mg/kg, 其他各土壤都在 50mg/kg 以下。按每公顷表土计, 轻度侵蚀土中水解氮是 148.5kg, 而严重侵蚀土壤中的水解氮含量仅为轻度侵蚀的一半。3) 磷素奇缺。侵蚀土壤中全磷最高含量 (P_2O_5) 仅为 2.2g/kg, 最低仅有 0.4g/kg。速效磷除轻度侵蚀土壤仅 2—3mg/kg (P_2O_5) 外, 其他侵蚀土壤几乎检测不出来。4) 盐基交换量低。其值为 8.17—17.35cmol (+)/kg, 而对于同地区无明显侵蚀土壤, 其含量约为 20cmol (+)/kg。5) 土壤中全钾 (K_2O) 含量, 最高大于 30g/kg, 最低小于 10g/kg; 速效钾 (K_2O) 含量最高为 250mg/kg, 最低 <50mg/kg, 而且表现出土壤钾含量高低与土壤侵蚀度没有明显关系。

表 3 土壤侵蚀程度对土壤养分含量的影响

侵蚀程度	土壤侵蚀剖面号	全氮 (g/mg)	水解氮 (mg/kg)	全磷 (g/kg)	速效磷 (mg/kg)	全钾 (g/kg)	速效钾 (mg/kg)	有机质 (g/kg)	盐基交换量 (cmol (+)/kg)
轻度	1.1	0.70	66	2.2	0.3	10.3	97	14.0	8.17
	1.2	0.36	57	2.1	0.2	0.7	56	3.9	8.60
	1.3	0.29	76	1.3	0.2	0.6	45	3.0	8.40
强度	2.1	0.30	40	0.0	痕迹	16.5	43	3.6	9.97
	2.2	0.27	35	0.7	痕迹	15.6	46	2.9	9.51
	2.3	0.25	25	0.5	痕迹	14.6	30	2.6	10.34
	2.4	0.29	24	0.6	痕迹	16.2	47	2.0	9.78
剧烈	3.1	0.26	30	0.7	痕迹	10.9	59	2.5	11.44
	3.2	0.28	20	1.3	痕迹	15.1	5.1	2.4	11.63

(2) 有效水量减少

人们通常把田间持水量至凋萎点间的土壤水分作为作物有效水分, 其值在不同土壤中有很大差别。一般肥沃土壤中有有效水容量可以占干土重 10—20%。随着红壤侵蚀的发生, 有机质减少, 土壤养分流失和结构破坏, 有效水容量也明显降低。如表 4 所示, 在 100cm 深度的土层中, 轻度、强度、剧烈侵蚀土壤的田间持水量 (吸持力 $0.025 \times 10^5 Pa$) 将减少, 而凋萎

含水量(吸持力 $15 \times 10^5 \text{Pa}$) 则相应增加, 两者之差的有效含水量分别为 135g/kg 、 126g/kg 和 61g/kg 。显然, 剧烈侵蚀土壤的有效水含量还不及轻度侵蚀土壤一半。

表 4 不同吸持力下不同侵蚀程度红壤的含水量 (g/kg)

吸持力 ($\times 10^5 \text{Pa}$)	0.025	0.05	0.1	0.3	1	3	15	拟 合 方 程
I 轻度侵蚀 红 壤	300	283	270	248	220	198	165	$Y-217.24A-0.0934$
II 强度侵蚀 红 壤	306	290	277	250	243	230	180	$Y-211.39A-0.0712$
III 剧烈侵蚀 红 壤	274	265	250	248	230	228	213	$Y-237.22-0.0307$

(3) 土壤通透性差

严重侵蚀的红壤其通气性和透水性矛盾十分突出。由表 5 可见, 轻度、强度、剧烈侵蚀土壤的总孔隙度分别为 52.0、51.3 和 46.9%。总孔隙越少, 通气越差、土壤越板实。在同一土壤剖面内, 上层土壤一般比下层土壤疏松, 孔隙度较大。

表 5 第四纪红粘土发育的侵蚀红壤的孔隙度 (100cm 土层平均值)

侵蚀红壤	<0.12 mm 孔隙%	$<0.0002\text{mm}$ 非活性孔隙	有效水量 (g/kg)	总孔隙度 (%)	$>0.03\text{mm}$ 通气孔隙 (%)	$0.03-0.0002$ mm 毛管孔隙	$<0.12\text{mm}$ 孔隙 占总孔隙%
I 轻度侵蚀	37.9	21.0	169	52.0	18.4	13.4	72.7
II 强度侵蚀	39.4	23.3	126	51.3	14.5	13.2	79.2
III 剧烈侵蚀	39.7	30.9	80	46.9	9.5	6.6	84.5

表 6 列出了不同水分吸持力平衡条件下的土壤通气系数。由表可见, 各类侵蚀土壤表层的通气状况均较好。但表层以下的通气状况则视侵蚀程度而定, 剧烈侵蚀土壤表层 10cm 以下, 通气状况就很差。其在 $0.3 \times 10^5 \text{Pa}$ 吸持力水分条件下的通气系数仅 3.1。另据测定, 在 50cm 土壤表层的平均通气孔隙 ($>0.03\text{mm}$ 孔径), 其轻度、强度、剧烈侵蚀土壤分别为 21.0、19.6 和 11.8%。而且, 红壤表土一经风化和曝晒后, 再遭雨滴打击, 极易使表面孔隙闭塞, 导致通气状况恶化。