

\*\*\*\*\*  
\* 试 验 研 究 \*  
\*\*\*\*\*

# 广西水土流失重点区域 生态恢复试验研究

李先琨 黄玉清 苏宗明 冯 玲 叶惊春 覃德深

(广西植物研究所·桂林市·541006)

(广西苍梧县水土保持站)

**摘 要** 红壤侵蚀区是广西水土流失的重点区域。在调查研究的基础上,选择优良水土保持植物材料进行配置,研究侵蚀区生态恢复重建的途径。经过 5 年的试验研究表明:乔灌藤草结合的复合农林模式能有效控制侵蚀,迅速改良生境,侵蚀区植被覆盖率由 10%~30% 提高到 60% 以上,地表径流量和土壤侵蚀量分别削减 70% 和 90% 以上,土壤肥力显著增加,N、P、K 等养分含量分别提高 2.72%~900%,生态经济效益显著。

**关键词:** 广西 红壤侵蚀区 生态恢复

## Study on Ecological Restoration in the Serious Soil and Water Loss Region of Guangxi Province

*Li Xiankun Huang Yuqing Su Zongming Feng Lin*

*(Guangxi Institute of Botany, Guilin, 541006, PRC)*

*Ye Jingchun Qin Deshen*

*(Soil and Water Conservative Station of Cangwu County of Guangxi Province)*

**Abstract** Red soil erosive area is the key region of soil and water conservation in Guangxi Province. Based on research and investigation, the approach of ecological reconstruction is studied by selecting fine soil and water conservative plants disposing method in the erosive region. After 5 years experiment, the results show that the complex model of agriculture and forest which combines arbor with shrub, grass and vine can not only control soil erosion, but also restore eco-environment. The vegetative coverage increases from 10%—30% to 60%, runoff amount and sediment yield decrease more than 70% and 90% respectively. The soil fertility significantly increases, and the content of N, P, K increase by 2.72%—900%. The eco-economic benefits is significant.

**Keywords:** Red soil erosive region; Ecological restoration; Guangxi province

红壤地区已成为我国仅次于黄土高原的第二大土壤侵蚀区,广西全区水土流失面积 3.06 万 km<sup>2</sup>(占总面积 12.9%),绝大部分为红壤区。作为水土流失治理的重点区域,花岗岩崩岗区

主要分布在桂东南,此类地区侵蚀剧烈、产沙量大、危害严重;桂北红壤侵蚀区的水土流失造成闻名于世的漓江河水浊度大增、河道淤塞加剧、枯水季节部分河段封航,各级政府乃至世界有关组织将漓江环境整治列入议事日程。为研究和探索花岗岩崩岗区 and 桂北红壤侵蚀区植被恢复、生态重建的途径及方法,迅速改善生态环境,控制水土流失,促进国民经济持续发展,广西植物研究所开展了以植物措施为主的综合治理试验研究。

## 1 试验区概况

试验区分别位于桂东南的苍梧县水土保持站和桂林市郊的广西植物研究所试验场。苍梧县水土保持站位于  $23^{\circ}29'N$ 、 $111^{\circ}15'E$ ,年均温  $21.2^{\circ}C$ ,年均降水量  $1\ 500.7\text{mm}$ ,最大月平均雨量  $221.4\text{mm}$ (6月)。试验区为花岗岩风化壳受侵蚀后形成的崩岗,平均坡度  $24^{\circ}$ 、崩塌处为陡壁。土壤为赤红壤,但上部抗蚀性强的红色粘土层已侵蚀殆尽,深厚疏松的砂土碎石层出露为表层,崩塌面积占坡面的  $65\%$ 左右,属强度流失类型。试验区海拔  $70\text{m}$ 以下,坡向 SE,面积约  $0.86\text{hm}^2$ ,原有植被为生长极差、零散分布的马尾松和桃金娘、铁芒萁、岗松等,覆盖度约  $10\%$ 。

植物所试验区位于  $25^{\circ}01'N$ 、 $110^{\circ}17'E$ ,年均温  $19.2^{\circ}C$ ,年均降水量  $1\ 865.7\text{mm}$  最大月平均雨量为  $300.8\text{mm}$ (6月)。试验区相对高差  $20\text{m}$ ,海拔  $187\text{m}$ 以下,坡向 SE,坡度约  $15^{\circ}$ ,土壤为砂页岩母质发育的红壤,砾石含量高、土层薄、侵蚀严重。原植被为马尾松次生疏林,砍伐后留下稀疏灌丛,植被总盖度约  $30\%$ 。

## 2 试验研究内容及方法

### 2.1 植被恢复工程

本试验采取乔灌藤草结合、果农草混作的复合农林模式,追求水土保持林的时空有序、功能有序,尽快恢复侵蚀区植被。

**2.1.1 工程措施** 水平梯地工程措施控制水土流失,可减少流失量  $40\%$ <sup>[1]</sup>。花岗岩崩岗区坍塌严重、冲刷剧烈,本试验采取人工整地,将崩岗区改造成级差  $1.0\sim 1.5\text{m}$ 、崩壁下部级差  $4.0\sim 5.0\text{m}$ 、梯面宽  $1.0\sim 1.5\text{m}$  的水平梯地;本所红壤侵蚀试验区按等高线开挖水平梯地、梯面宽  $1.5\sim 2.0\text{m}$ 、级差  $1.0\sim 1.5\text{m}$ ,坡面其余部分保持原状。

**2.1.2 植物措施及配置** 花岗岩崩岗试验区 6 个连续的小崩岗分成 I、II、III、IV 4 个小区,乔木层分别种植山黄皮、油梨、橄榄、澳洲坚果等 4 种经济果木,各级梯地按株距  $2.0\sim 5.0\text{m}$  品字形穴植;乔木植株之间、梯地外侧、内侧分别开挖宽  $15\sim 20\text{cm}$ 、深约  $15\text{cm}$  的水平沟,布置灌草植物带,共采用山毛豆、木豆、胡枝子、银合欢、猪屎豆、柱花草、鸡眼草等豆科植物材料;崩壁中下部扦插藤本攀援植物——葛藤,护坡防塌。

植物所试验区乔木层选择应用油梨、沙田柚、山黄皮、柿树等经济果木,水平梯地布置山毛豆、木豆、胡枝子、猪屎豆、柱花草等灌草植物带,坡顶平台种植板栗、荷木、银合欢、坡柳等适应性强的植物材料。

**2.1.3 植物生产力及植被恢复观测** 植物生产力是指植物生产有机物的速率,即生物在单位面积单位时间制造有机物质的速度<sup>[2]</sup>。水土保持植物生产力的研究有助于了解侵蚀区退化生态系统恢复重建过程中物质生产的结构和调控原理,从而有效促进系统物质的生产和系统功能的增强。

种植后,每年生长期末(秋季)观测乔木植物生长状况、灌草层植物覆盖状况及生长量,抽

样为 20%~30%。根据水土流失治理的特点,对乔木植物进行生长量(高度、地径、冠幅)观测;灌草植物生产量测定地上部分,刈割留茬(30~40cm),使其能于次年雨季前迅速萌生覆盖地面,选择样木观测其根系分布、生长状况及根瘤数目。植被恢复第 4 年(1995 年),观测试验区枯枝落叶分布、厚度等。

## 2.2 径流量及侵蚀量

崩岗试验区(I、II、III、IV)从上到下砌排水沟,各区下部砌谷坊和沉沙地,将地表径流及泥沙引入沉沙地,由沉沙地将水导入集水池,采用二级分流装置收集测定径流量。

本所试验小区集雨面积为 30m×9m,下部设集水槽、分流池、蓄水池,上部开挖排水沟、四周采用分隔墙,以防小区外径流侵入。

## 2.3 土壤养分和水分

试验研究初期、后期分别采集植被恢复前后的土壤进行分析,确定生态恢复试验对土壤养分的影响,并测定土壤容重、田间持水量等,每年旱季观察试验区内外土壤湿润状况。

采集灌草层主要植物种类植株(全株)分析其 N、P、K 含量;土壤样品分别采集 4 种灌草种植带上的土壤 3~5 个,全部以混合样进行分析。土壤 pH 值采用电位法,有机质采用重铬酸钾法,全 N 用硫酸消化蒸馏法,全 P 用碱熔—钼锑抗比色法,全 K 用火焰光度法,速效 N 用 20% NaCl 浸提、锌—硫酸铁还原蒸馏法,速效 P 采用 NaHCO<sub>3</sub> 浸提钼锑抗比色法,速效 K 用火焰光度法,阳离子代换量(CEC)采用醋酸铵—EDTA 快速法;植物 N 用 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>—高氯酸消化蒸馏法,P 采用三酸消化、钒钼黄色比法,K 采用三酸消化、火焰光度法进行分析。

# 3 结果与分析

## 3.1 植被恢复及植物生产力

通过 4 年的生态重建和恢复,花岗崩岗试验区植被覆盖率由 10% 提高到 60%~80%,植被结构由层次单一的次生植被演变为多层次的乔灌藤草复合型植被,没有花岗岩风化壳裸露,其中乔木层植物覆盖度 20%~50%,灌草层植物覆盖度 40%~55%(表 1,表 2)。

本所试验区植被覆盖率由原来的 30% 左右提高到 60%~85%,其中乔木层覆盖度 10%~60%,灌草层覆盖度 40%~70%(表 1,表 2)。

在应用种植的经济果木中,油梨生长迅速,年均高生长>60cm、粗生长>1cm、冠幅增长 50cm 以上,苍梧试区油梨 1994 年开花结果,本所试区油梨 1996 年开始挂果,表现出良好的适应性;山黄皮在花岗岩崩岗区也表现出良好的生长特性,并已于 1994 年挂果;澳洲坚果、橄榄在崩岗区均能正常生长,坚果已于 1996 年开花结果;本所试验区沙田柚生长良好,山黄皮因受冻害枯死,于 1995 年改植柿树,柿树生长较好,预计沙田柚、柿树后期生长速度将加快,并进入生产期。

由表 2 可以看出,1992~1993 年撒播的豆科灌草,按水平梯地设置种植带,年均生产量可

表 1 乔木植物覆盖及生长状况  
(1995 年 10 月观测)\*

地点	区号	植物种类	覆盖度 (%)	平均冠幅(cm) 上下×左右	平均高 (cm)	平均地径 (cm)
桂林	I	油梨	37	196×171	245	5.86
	II		63	243×234	249	7.67
广西植物研究所	III	沙田柚	11	100×96	170	3.37
	VI		10	98×92	187	3.37
	IV V	柿树			125 145	1.84 1.73
广西苍梧水保站	I	山黄皮	25	115×90	174	2.3
	I	油梨	50	300×300	417	6.6
	II	橄榄	45	275×275	451	6.7
	IV	坚果	40	241×249	230	4.0

\*本所试区油梨于 1992 年 3 月种植,沙田柚于 1993 年 4 月种植,柿树于 1995 年 3 月补植;苍梧崩岗区乔木均为 1992 年 3 月种植,1993 年 3 月补植少量植株。

达 $3.12\sim 9.63\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ (地上部分),覆盖度增大,植被结构层次多,有效地缓解降水动能、减少侵蚀。1994年起,灌木植物覆盖较大、未再撒播草类。每年秋季砍伐地上部分还土压青一次,以保证雨季的植被覆盖。

### 3.2 径流及侵蚀量

由表 3 可知,生态恢复后,崩岗区地表径流量明显减少、径流系数变小,由治理前 1990~1991 年的  $0.10\sim 0.64$ 、治理初理 1993 年的  $0.02\sim 0.93$  下降到治理后的  $0.00\sim 0.51$ ,即使在连续降雨、雨量较大情况下,径流系数仍比治理前和治理初期要小得多,如 1993 年 5 月 3 日降雨量 27.7mm,

各小区径流系数为  $0.66\sim 0.93$ ,而 1995 年 8 月 7 日至 8 日连续降雨,降雨量为  $(19.3+58.1)$  mm,各小区径流系数 8 月 7 日为  $0.02\sim 0.05$ 、8 月 8 日为  $0.13\sim 0.51$ 。沉沙池产沙量也由治理前每次  $523\sim 14359\text{t}/\text{km}^2$ 、治理初  $337\sim 2318\text{t}/\text{km}^2$  下降到 1995 年几近为零。

表 4 表明:生态恢复后,各小区径流削减  $51.43\%\sim 95.45\%$ ,产沙量减少  $92.90\%\sim 99.32\%$ 。由于地形及环境条件限制,各小区径流量本来就不接近,如 VI 小区处于坡面槽谷,产流量一般较大;另外, I、VIII 小区均采取工程措施形成梯地,灌草植被覆盖度提高,故而水土保持效果也较明显。

试验表明,4 年生油梨、坚果、橄榄等乔木植物冠层一次最大截留雨量达  $7\sim 10\text{mm}$ 、林下灌草层最大持水量  $0.7\sim 1.0\text{mm}$ 、枯枝落叶层一次降水最大蓄水量  $0.9\text{mm}$ ,在生态恢复后,降雨  $10\sim 15\text{mm}$  时不形成地表径流,随着乔木植物的生长、郁闭度增大,林分截留量还会增加。黄承标研究表明:广西各类型植被枯枝落叶层对一次降水最大蓄水深可达  $1.5\sim 4.5\text{mm}$ 、灌草层持水  $0.5\text{mm}^{[3]}$ ,各植被类型对一次降雨截留率为  $10\%\sim 20\%$ 。<sup>[3,4]</sup>可以预见,侵蚀区生态恢复试验的水土保持效果将愈加明显。

### 3.3 土壤养分及水分

在山毛豆、木豆、胡枝子、柱花草、猪屎豆种植带上采集的土壤 N、P、K 全量及有效量、有机质、阳离子代换量(CEC)均比对照(CK)区土壤大幅度提高。崩岗试验区有机质提高  $30\%\sim$

表 2 试验区灌草植物生产量及覆盖状况

地点	区号	覆盖度 (%)	主要种类	年均生产量 $\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$	
				鲜重	干重
桂林广西植物研究所	I (ck)	45	原有野生种类	1.89	
	II	70	山毛豆、胡枝子、猪屎豆、木豆	9.63	3.49
	III	55	木豆、胡枝子、山毛豆、猪屎豆	4.42	1.66
	IV	50	木豆、胡枝子、猪屎豆、山毛豆	3.64	1.36
	V	55	山毛豆、胡枝子、猪屎豆	3.12	1.10
	VI	60	山毛豆、胡枝子、木豆、猪屎豆	4.90	1.85
	VII	70	山毛豆、木豆、胡枝子	7.89	3.06
	VIII (ck)	50	原有野生种类	2.05	
广西苍梧水土保持站	I	45	山毛豆、木豆、胡枝子、猪屎豆、柱花草	5.04	1.90
	II	40	山毛豆、木豆、胡枝子、柱花草、猪屎豆	5.16	1.86
	III	45	山毛豆、木豆、胡枝子、柱花草、猪屎豆	3.20	1.25
	IV	55	山毛豆、木豆、胡枝子、柱花草	6.23	2.37

表 3 崩岗区生态恢复前后径流及侵蚀量

区号	年份	日降雨(mm/d)	径流系数	一次产沙量 $(\text{t}/\text{km}^2)$
I	1993	8.2~53.2	0.02~0.68	337~606
	1994	7.4~44.7	0.00~0.24	0~68
	1995	8.2~58.1	0.00~0.13	极少
II	1993	8.2~53.2	0.02~0.66	497~2318
	1994	7.4~44.7	0.00~0.18	0~166
	1995	8.2~58.1	0.00~0.24	极少
III	1993	8.2~53.2	0.03~0.93	437~2183
	1994	7.4~44.7	0.00~0.35	0~1572
	1995	8.2~58.1	0.01~0.51	极少
IV	1990	15.0~55.1	0.30~0.48	1508~10939
	1991	16.4~95.2	0.10~0.64	523~14359
	1993	9.3~32.9	0.08~0.52	
	1994	12.7~56.1	0.05~0.02	

63%，全 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 分别增加 7%~123%，速效 N、P、K 分别比 CK 增加 12%~900%，CEC 提高 10%~30%；桂北砂页岩红壤试验区有机质含量提高 4.94%~34.30%（相当于增加 2.46~17.06t/hm<sup>2</sup>），N、P、K 全量分别提高 2.72%~46.34%（相当于分别增加 0.07t~1.18t/hm<sup>2</sup>），有效 N、P、K 含量提高 10.75%~500%，CEC 提高 7.06%~40.71%（表 5）。

表 4 本所试验区径流系数与含沙量

日期 (年月日)	雨量 (mm)	径流系数								含沙量 (%)							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1993 04 25	55.9									0.169	0.335	0.496	0.353	0.291	0.409	0.287	0.439
1993 08 08	82.0	0.26	0.45	0.29	0.44	0.51	0.35	0.27	0.29								
1995 04 10	98.6									0.012	0.010	0.017	0.014	0.004	0.010	0.002	0.003
1995 06 27	74.7	0.11	0.10	0.06	0.02	0.06	0.17	0.03	0.10								
削减率 (%)		57.69	77.78	79.31	95.45	88.24	51.43	88.89	65.52	92.90	97.01	96.57	96.03	98.63	97.56	99.30	99.32

\* 径流削减为 1995 年 6 月 27 日与 1993 年 8 月 8 日比较；含沙量为 1995 年 4 月 10 日与 1993 年 4 月 25 日比较。

表 5 试验区生态恢复前后土壤养分含量

地点	种植带 类型	有机质		全 N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O		速效 N		速效 P		速效 K		CEC		
		pH	含量 (g/kg)	增加	含量 (g/kg)	增加	含量 (g/kg)	增加	含量 (g/kg)	增加	含量 (mg/kg)	增加	含量 (mg/kg)	增加	含量 (mg/kg)	增加	含量 (cmol/kg)	增加
广西 植物 研究所	CK	5.70	20.893		1.066		0.598		11.882		10.05		2		10		7.6361	
	胡枝子	6.00	23.514	12.54	1.145	7.41	0.855	43.0	12.366	4.07	11.13	10.75	12	500	15	50	9.6702	26.64
	猪屎豆	6.00	21.925	4.94	1.095	2.72	0.621	3.85	13.098	10.23	13.01	29.45	3	50	15	50	8.1753	7.06
	山毛豆	5.85	23.744	13.65	1.177	10.41	0.640	7.02	13.095	10.21	14.19	41.19	6	200	20	100	9.0461	18.46
	木豆	5.90	28.060	34.30	1.560	46.34	0.752	25.75	14.132	18.93	11.82	17.61	6	200	25	150	10.7858	40.71
广西 苍梧 县水 保站	CK	5.60	4.3		0.502		0.213		5.174		8.87		痕量		痕量		52.55	
	山毛豆	6.00	5.6	30	0.548	9	0.372	75	8.997	74	28.38	220	痕量		5	>400	61.02	16
	木豆	6.00	7.0	63	0.636	27	0.430	102	11.540	123	17.14	100	1.0	100	10	>900	68.22	30
	胡枝子	5.90	5.6	30	0.602	20	0.377	77	7.946	54	16.55	87	1.0	100	5	>400	61.91	18
	柱花草	6.10	6.8	58	0.745	48	0.228	7	8.076	56	9.46	12	痕量		5	>400	57.61	10

\* 增加值为各种种植带土壤与 CK 相比增加的相对值(%)。

由于植被覆盖，土壤结构改善，容重由治理前 1.34g/cm<sup>3</sup> 降低为 1.19g/cm<sup>3</sup>，秋季土壤吸湿水由 0.95% 上升至 1.08%。旱季，未经治理的侵蚀地土壤板结坚硬，而试验区内植被覆盖下的土壤则疏松、湿润，地温也较低。

### 3.4 植物根系

乔木和豆科灌草植物生长良好，灌草植物根系十分发达，山毛豆、木豆、胡枝子等灌木根系水平伸展可达 94~165cm、垂直分布 26~76cm，猪屎豆、柱花草等根系水平伸展可达 130cm、垂直根深 65cm，这些豆科灌草植物根系密布根瘤、每 10cm 须根上根瘤数目 12~80 个<sup>[5]</sup>。对于土壤肥力的增加起着良好的作用。植物根系有穿插、缠绕和盘结土体功能，使土壤结构改善，渗透性能增强，有效地阻滞降水、减少侵蚀。

## 4 讨论

### 4.1 水土流失区生态恢复效益评估

桂东南花岗岩崩岗区 and 桂北砂页岩红壤侵蚀区的生态恢复试验表明：通过人为活动的积极干扰，在辅以一定工程措施前提下，采用复合农林模式，3~5 年植被覆盖度可以大幅度提高，植被得以恢复重建，生态系统功能增强，地表径流削减达 70% 以上、泥沙产量削减 90% 以

上,土壤养分明显增加、结构改善。

试验区种植的山黄皮、油梨、澳洲坚果已陆续进入生产期,柿树、橄榄、沙田柚也将于今后几年投产,预计治理第 8 年直接经济效益可达 6 000~8 000 元/( $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ),进入盛产期后将大幅度增加可达 12 000 元/( $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ )。

试验区内种植的豆科灌草植物中,山毛豆、木豆、胡枝子的枝干都是良好的薪柴,三者枝干平均产量可达 2.50~2.70t/( $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ) (折合干重 0.95~1.05t/( $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ));胡枝子嫩枝叶、柱花草全株是优良饲料;猪屎豆全株及山毛豆、木豆、胡枝子的枝叶还土压青,相当于试验区果树每株增施农家肥 30kg/a 以上;木豆种实含较多矿物质,蛋白质含量 28%,脂肪、维生素 A 和维生素 C 的含量分别是普通大豆的 10 倍、5 倍和 3 倍,成为极好的补充食品,亦是优质饲料。试验区内枯落物厚度 1.0~4.0cm,重量可达 6t/ $\text{hm}^2$ ;灌草植物使土壤 N,P,K 总量增加 94kg/( $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ )以上,提供三料 4.90~5.60t/( $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ),其直接效益可达 3 500 元/( $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ )以上。

水平梯地与乔灌藤草结合、果农草混作的水土流失治理模式取得了显著的生态经济效益,所采用的技术措施和植物材料投资少、见效快,并取得良好的社会推广效果。

#### 4.2 生态恢复的途径与模式

传统的水土保持林体系建设过于偏重生态效益而忽略了经济效益,而当前一些地区在侵蚀区内以全垦整地营造纯林的方式开发种植各类经济林木,建立水保林的同时又造成水土二次流失,加剧了生境恶化,这些模式都不利于侵蚀区生态的尽快恢复。

根据多层结构天然植被良好的生态作用和国内外试验研究的结果,本研究提出在植物措施配置上既注重生态作用又注重经济效益的水土保持模式,使水土保持植物措施应用与植物资源开发利用有机结合起来,建立合理高效的时空布局,组建良好的人工生态系统。以经济价值高的乔木层植物与生态作用明显兼具一定经济价值的灌草层植物为材料组建水土保持林,并根据生态学的原理,实行水保林动态调控管理,适应群落演替和社会经济发展需要,保证侵蚀区生态重建过程中产生最大的生态经济效益。

本研究得到广西壮族自治区水保办、苍梧县水电局大力支持,李树振、谢义林、罗志鹏、蒋有保、林敏等同志参加部分工作,在此一并致谢! (参考文献略)

### 国家专利成果

## 一种新型自动万向集沙仪

由中国科学院、水利部水土保持研究所查轩副研究员研制的一种自动万向集沙仪,获国家专利,专利号:95245592.7

该仪器解决了风沙收集过程中采集器随风向变化而自动跟踪收集的关键问题,它不需配任何动力装置而自动全方位采集风沙,并可同时进行不同空间高度的采集工作。该仪器具有体积小、重量轻、收集完全、测量准确、操作简单、安装使用方便等特点,适应于土壤风蚀、风沙移动、土地沙化及荒漠化等研究中风沙移动量的野外定位及流动监测。有兴趣者请联系。

地址:陕西省杨陵区中国科学院·水利部水土保持研究所

联系人:查轩

电话:(0910)7012412

传真:(0910)7012210

邮编:712100

电挂:3932

电子邮件:ksdp@ms.iswc.ac.cn