

# 不同治理措施对闽东南沿海侵蚀性 赤红壤肥力影响的研究

杨玉盛 何宗明 林光耀 杨学震

(福建林学院,福建南平,353001)

(福建省水土办,福州,350004)

**摘要** 赤红壤严重侵蚀地经不同措施治理后,土壤结构、水分状况得到改善,土壤腐殖质品质亦有所改善,土壤营养元素容量及供应强度得到明显加强,土壤微生物数量急剧增加,土壤呼吸作用和酶活性显著加强,土壤肥力处于恢复之中。其中豆科树种(大叶相思)改良土壤效果最好,单一果措施则相对较差。引进豆科植物增加果园覆盖或敷盖是该地区侵蚀劣地治理及地力改良重要技术措施之一。

**关键词** 严重退化赤红壤 土壤肥力 治理措施 大叶相思 果树

## EFFECTS OF DIFFERENT HARNESS MEASURES ON LATERTIC RED SOIL FERTILITY IN SOUTHEAST COAST OF FUJIAN

Yang Yusheng, He Zongming and Lin Guangyao

(Fujian Forestry College, Nanping, Fujian 353001)

Yang Xuezen

(Office of Soil and Water Conservation, Fuzhou 350004)

**Abstract** By taking different harness measures the latertic red soil of serious erosion were controlled. After that, soil structure, moisture, soil humus quality were improved. Soil nutrients storage and intensity of available nutrients supplies had showed a pronounced improvements. Soil enzymes activities and soil respiration were strengthened evidently. Soil fertility was recovered. Leguminous tree was the best while plant fruit tree alone was poor for improving soil. To introduce legume into orchard to increase coverage is one of the effective measures to control the seriously deteriorated latertic red soil.

**Key words** Seriously deteriorated latertic red soil, Soil fertility, Control model, *Acacia auriculaeformis*, Fruit tree

福建省闽东南沿海地区由于人多地少,长期以来森林植被遭到严重破坏,广布于该区的赤红壤失去植被覆盖后土壤抗蚀性急剧下降,从而发生较为严重的水土流失,侵蚀劣地几乎到处可见,各类土壤利用类型的水土流失均在全省各区前位<sup>1)</sup>。在有关部门指导下,

本文于1996-05-20收稿,1996-11-18收到修改稿。

福建省科委重点科研基金资助。

当地人民相继采取许多措施,对严重退化赤红壤进行综合治理的试验探讨,找出一些适合于不同地区较为成功的措施,特别是大力发展热带南亚热带果树(荔枝、龙眼等),成为当地群众脱贫致富奔小康主要方向之一,但随着果园开发面积急剧增加,果园的水土流失和地力退化问题亦引起人们的高度重视<sup>1)</sup>。本文是对赤红壤侵蚀劣地几种主要治理措施的土壤肥力变化进行的初步研究。

## 1 试验地概况与治理措施

试验地位于福建省东南部的诏安县官陂镇和国营南安金山林场,本区同属南亚热带海洋性季风气候,热量条件丰富,年均气温在20~21℃间,基本无冬天,适宜于热带和亚热带经济作物和果树(龙眼、荔枝等)生长,年降水量多在1000~1600mm之间,台风暴雨频繁,强度大,是台风雨量最多的地区之一,属闽南东南丘陵台地经果茶强度的流失区<sup>1)</sup>。两试验地土壤均由粗晶花岗岩风化发育而成的赤红壤,由于森林植被遭受严重破坏,植被稀疏,水土流失严重,剖面发育不完善,淀积层裸露,严重的成为不毛之地,土体构型为B-C型,有机质含量低( $<5\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ),植物生长条件相当恶劣。

(1) 诏安县试验地海拔70m左右,种植措施采取前均为严重侵蚀劣地(即对照处理,代号为CK<sub>10</sub>),2种治理措施及对照处理均在西南坡向上、坡度 $20^{\circ}\pm 2^{\circ}$ 。

a. 种植荔枝(*Litchi chinensis*)处理(代号为T<sub>11</sub>):1985年在侵蚀地经挖大穴(80cm×80cm×60cm)施拌有少量磷肥的土杂肥后种植荔枝,种植密度为750株/hm<sup>2</sup>,每年施1~2次追肥。1991年调查时6年生荔枝平均树高2.8m,平均冠幅2.85m,林分郁闭度0.58,仅在荔枝树下可见少量杂草。

b. 种植大叶相思(*Acacia auriculaeformis*)处理(代号为T<sub>12</sub>):1985年在侵蚀劣地进行穴状整地(40cm×30cm×20cm),用大叶相思容器苗造林,种植密度为2710株/hm<sup>2</sup>。1991年调查时平均树高5.4m,平均冠幅1.96m,郁闭度达0.9,林下灌草的盖度30%,林下现存的枯枝落叶量为980kg·hm<sup>-2</sup>。

(2) 南安金山林场治理措施:金山林场新垌工区试验地海拔为55m左右,种植措施采取前均为严重侵蚀劣地,4种处理均在西北坡向上,坡度 $15^{\circ}\pm 2^{\circ}$ 。

a. 对照的马尾松(*Pinus massoniana*)小老林(代号为CK<sub>20</sub>):1964年穴状整地种植马尾松后长期失去管理。1992年调查时,平均树高为3.27m,平均胸径为4.8cm,林分郁闭度0.4,保留密度1726株/hm<sup>2</sup>,林下草灌盖度15%,林地水土流失较为严重。

b. 种植荔枝处理(代号为T<sub>21</sub>):1964年沿等高线修筑梯田,田面宽5.3m,坎高1m,在梯田上挖大穴、施基肥种植荔枝。1992年调查时,荔枝保留密度200株/hm<sup>2</sup>,平均树高5.7m,平均冠幅7.13m×7.10m,平均枝下高1.3m,郁闭度0.7,树冠内围仍有明显侵蚀现象,草本盖度60%。

c. 种植龙眼(*Dimocarpus longan*)处理(代号为T<sub>22</sub>):1964年沿等高线修筑梯田,田面宽9.0m,坎高1.0m,在梯田上挖大穴、施基肥后种植龙眼。1992年调查时,龙眼保留密度150株/hm<sup>2</sup>,平均树高4.8m,平均冠幅8.0m×8.1m,郁闭度0.85,树冠内围植被稀少,仍有

1) 福建省水土办,1988:福建省水土流失普查报告。

明显侵蚀现象,草本盖度30%。

d. 种植杨梅(*Myrica rubra*)处理(代号为 T<sub>23</sub>):1965年依地形,挖小水平台,规格不一,种植杨梅。1992年调查时杨梅的保留密度150株/hm<sup>2</sup>,平均树高为5.1m,平均冠幅6.45m×6.30m,郁闭度0.4,草本盖度达70%。

## 2 材料与方法

1991~1994年分别在两试验地内设置临时标准地,对标准地内植物生长状况(平均胸径或地径 D、平均树高 H、密度、盖度、郁闭度)进行调查,在每个标准地内按 S 形布点,取表层土壤(0~20cm)进行混合,每个标准地取样点10~12个,进行以下分析。

土壤结构与水分状况(中国科学院南京土壤研究所物理室,1978),土壤营养元素及腐殖质组成(中国科学院南京土壤研究所,1978),土壤微生物(许光辉,1986):细菌-牛肉汁蛋白胨琼脂培养基平板混菌法;真菌-马丁氏培养基平板混菌法;放线菌-淀粉铵盐培养基平板混菌法;土壤呼吸作用强度-CO<sub>2</sub>容量法。土壤酶活性(严昶升,1988):转化酶-E. Hoffmann 与 A. Seeger 法;脲酶-标准扩散法;酸性磷酸酶-G. Hoffmann 法;接触酶-滴定法;过氧化物酶-A. Штансиян 法。文中数据为三次多点分析数据的平均值。

## 3 结果与分析

### 3.1 土壤结构与水分状况

土壤结构及其稳定性直接影响到土壤通气、根系伸展、透水、地表径流、养分淋失等(姚贤良,1982;杨玉盛,1996)。从表1可知,赤红壤侵蚀劣地(CK<sub>10</sub>和 CK<sub>20</sub>)土壤容重大, <0.001mm粘粒含量低,砂粒含量较高,>0.25mm水稳性团聚体和非毛管孔隙含量均很低,水稳性团聚体平均重量直径(E<sub>MWD</sub>)很小,而团粒受蚀性指数(E<sub>VA</sub>值)则很大,说明侵蚀劣地土壤板结、通透性能、抗蚀性能差,遇雨时破碎团粒堵塞土壤孔隙,降低土壤入渗性能,从而加剧土壤结构恶化。采用不同治理措施后,由于工程措施起到一定蓄水保土作用,强度投入与管理,使植被得以生长,从而起到良好覆盖及根系穿插挤压作用,使土壤结构性能得到不同程度的改善,其中, T<sub>12</sub>的<0.001mm粘粒、>0.25mm水稳性团聚体、E<sub>MWD</sub>和非毛管孔隙分别是 CK<sub>10</sub>的1.36倍、2.28倍、5.48倍和1.42倍,而土壤容重和 E<sub>VA</sub>值则分别比 CK<sub>10</sub>的低0.25和26.16%(表1)。由于治理后土壤结构性能得到改善,土壤水分性能也随之改善,其中 T<sub>12</sub>的最大持水量、毛管持水量、田间持水量和有效水含量范围分别比 CK<sub>10</sub>增加了9.04%、10.93%、10.48%和9.83%(表1)。治理后土壤水分状况的改善一定程度上减轻侵蚀赤红壤的严重旱象(姚贤良,1982),有利于退化地植物生长。

### 3.2 土壤营养元素及腐殖质组成

赤红壤侵蚀劣地由于长期水土流失,土壤养分流失殆尽,土壤肥力严重衰退。从表2可见,CK<sub>10</sub>和 CK<sub>20</sub>有机质、全氮、全磷含量极低,速效性养分含量更是贫乏,盐基总量和 CEC 含量很低,盐基高度不饱和,土壤呈强酸性,植物生长条件十分恶劣,植物难以生长。采用不同措施治理后,一方面由于土壤水肥条件得到一定改善,为植物生长创造有利条件,另一方面,植物生长对土壤生境起到良好的改良作用,使侵蚀劣地土壤肥力得到一定程度的

表 1 闽东南沿海赤红壤结构与水分状况

Table 1 Soil structure and moisture condition of lateritic red soil in southeast coast of Fujian

治理措施 Harness measures	容重 Density ( $g \cdot cm^{-3}$ )	<0.001mm 粘粒含量 Particle content (%)	>0.25mm 水稳性团 粒含量 Waterstable aggregates content(%)	Emwd (mm)	Eva (%)	非毛管 孔隙度 Non- capillary porosity (%)	总孔隙度 Total porosity (%)	毛管 持水量 Capillary water- holding capacity (%)	最大 持水量 Maximum water- holding capacity (%)	田间 持水量 Field moisture capacity (%)	有效水 含量范围 Available moisture content (%)
CK <sub>10</sub> 光板地	1.51	28.18	21.15	0.21	32.48	6.55	40.38	22.55	30.41	21.33	14.75
Seriously eroded land											
T <sub>11</sub> 荔枝 <i>Litchi chinensis</i>	1.35	32.64	30.06	0.38	18.22	7.88	44.91	25.35	33.52	24.62	18.03
T <sub>12</sub> 大叶相思 <i>Acacia auriculaeformis</i>	1.26	38.41	48.21	1.15	6.32	9.33	49.28	33.48	39.45	31.81	24.58
CK <sub>20</sub> 马尾松小老林 Low output forest of <i>Pinus massoniana</i>	1.48	26.68	24.17	0.27	23.36	7.32	41.24	23.38	31.38	22.78	15.70
T <sub>21</sub> 荔枝 <i>Litchi chinensis</i>	1.37	37.88	40.31	0.77	9.28	10.58	45.58	26.68	35.55	25.74	18.63
T <sub>22</sub> 龙眼 <i>Dimocarpus longan</i>	1.36	38.28	36.36	0.69	11.07	10.43	45.81	25.81	35.31	24.93	17.89
T <sub>23</sub> 杨梅 <i>Myrica rubra</i>	1.36	32.18	51.49	1.23	6.26	10.38	49.47	30.38	37.48	29.31	22.13

恢复。从表2可见,与对照相比,治理后的土壤有机质、全氮和全磷含量均有明显增加,其中 $T_{12}$ 的土壤有机质、全氮和全磷含量分别是 $CK_{10}$ 的4.47倍、3.71倍和1.44倍(表2),土壤速效性养分供应量亦有明显增加,其中 $T_{12}$ 和 $T_{22}$ 的水解性氮含量分别是 $CK_{10}$ 和 $CK_{20}$ 的3.08倍和3.90倍,速效磷和钾亦有此趋势(表2)。经治理后,表现土壤保肥及缓冲性能的土壤阳离子交换量、盐基总量亦有不同程度提高,其中 $T_{12}$ 的阳离子交换量和盐基总量分别是 $CK_{10}$ 的1.84倍和3.2倍,盐基饱和度提高了11.8%(表2)。与对照相比,土壤pH值提高1.4~1.9个单位(表2),这与植物覆盖度增加、有机质积累与分解、盐基组成改变有关。在强酸性的赤红壤上,酸性适当降低,可提高磷的有效性和促进有机物的分解。

治理后,衡量土壤腐殖质品质优劣的标志之一的土壤腐殖质化度,即胡敏酸总量占土壤全碳的百分比(林明海,1982)均有明显增加,HA/FA比值比相应对照的大,其中 $T_{12}$ 的腐殖质化度和HA/FA比值分别是 $CK_{10}$ 的7.71倍和4.67倍(表2),说明侵蚀赤红壤治理后,腐殖质中胡敏酸所占比例加大,分子量大,胡敏酸结构的复杂程度增加,团粒化作用增强,土壤有机质品质朝好的方向转化(杨玉盛,1996)。

表2 闽东南沿海赤红壤营养元素及腐殖质组成

Table 2 Soil nutrient element and humus composition of lateritic red soil in southeast coast of Fujian

治理措施 Harness measures	有机质 Organic matter	全氮 Total- N	全磷 Total- P	水解性氮 Hydroly- zable N	速效磷 Available P	速效钾 Available K	CEC 盐基 总量 Sum of base	盐基饱 和度 percent satura- tion (%)	pH (水浸提) pH(H <sub>2</sub> O)	腐殖质组成 Humus composition		
										HA (%)	FA (%)	HA/FA
	(g·kg <sup>-1</sup> )				(mg·kg <sup>-1</sup> )		cmol(+) /kg					
$CK_{10}$ 光板地	3.160	0.14	0.0164	19.1	0.6	29.4	2.21 0.35	15.8	4.2	0.31	10.35	0.03
$T_{11}$ 荔枝	5.890	0.23	0.0216	36.4	1.4	36.4	3.18 0.69	21.6	5.6	1.48	16.48	0.09
$T_{12}$ 大叶相思	14.140	0.52	0.0236	58.9	4.2	50.6	4.06 1.12	27.6	5.9	2.39	17.10	0.14
$CK_{20}$ 马尾松 小老林	4.880	0.18	0.0112	20.4	0.3	26.4	2.02 0.34	16.7	4.3	0.79	13.14	0.06
$T_{21}$ 荔枝	11.120	0.42	0.0184	67.9	3.7	55.6	4.48 1.37	30.6	6.1	3.65	19.20	0.19
$T_{22}$ 龙眼	9.640	0.40	0.0172	79.6	2.4	57.3	4.21 1.32	31.4	6.0	3.37	18.74	0.18
$T_{23}$ 杨梅	13.340	0.46	0.0132	58.9	1.7	48.4	4.53 1.68	34.8	6.2	3.10	19.35	0.16

$CK_{10}$ 、 $T_{11}$ 、 $T_{12}$ 、 $CK_{20}$ 、 $T_{21}$ 、 $T_{22}$ 、 $T_{23}$ :见表1 See table 1

### 3.3 不同治理措施土壤微生物数量

赤红壤侵蚀劣地经治理后,土壤的水、肥、气、热得到一定的改善,从而使微生物生存环境得到改善,土壤微生物数量明显增加。从表3可见, $T_{11}$ 和 $T_{12}$ 的微生物总数分别是 $CK_{10}$ 的3.2倍和11.9倍, $T_{21}$ 、 $T_{22}$ 和 $T_{23}$ 的微生物总数则分别是 $CK_{20}$ 的14.7倍、14.0倍和18.6倍。治理后,土壤微生物组成亦发生明显的变化(表3),侵蚀劣地微生物组成以真菌为主,占微生物总数50%以上,其次为细菌,这与侵蚀地生境恶劣有关。治理后,由于土壤水湿条件及地面残落物增加,细菌所占比例大幅度上升,如 $T_{12}$ 、 $T_{23}$ 的细菌所占比例高达

表 3 闽东南沿海赤红壤微生物数量及酶活性<sup>1)</sup>

Table 3 The amount of soil microbes and enzymes of lateritic red soil in southeast coast of Fujian

治理措施 Harness measures	细菌 Bacteria		真菌 Fungi		放线菌 Actinomycetes		微生物 总量 Total microbes	呼吸作 用强度 Respiration (mg CO <sub>2</sub> / 20g 土·24h)	转化酶 Invertase (0.1N Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ml)	脲酶 Urease (mg·g <sup>-1</sup> )	酸性 磷酸酶 Acid phosphatase (mg/100g)	接触酶 Catalase (0.1N KMnO <sub>4</sub> ml/g)	过氧 化物酶 Peroxidase (mg·g <sup>-1</sup> )
	数量 Quantity	占总数 Percent (%)	数量 Quantity	占总数 Percent (%)	数量 Quantity	占总数 Percent (%)							
CK <sub>10</sub> 光板地	17.45	21.6	53.00	65.6	10.35	12.8	80.80	0.021	0.114	0.81	0.11	11.2	6.32
T <sub>11</sub> 荔枝	146.60	56.7	39.56	15.3	72.40	28.0	258.56	0.138	0.344	0.92	0.23	23.5	9.88
T <sub>12</sub> 大叶相思	787.48	81.8	53.85	5.6	120.90	12.6	962.23	0.224	0.837	1.26	0.31	38.6	12.55
CK <sub>20</sub> 马尾松小老林	39.29	32.6	63.04	52.3	18.20	15.1	120.53	0.031	0.128	0.98	0.16	13.4	7.24
T <sub>21</sub> 荔枝	1261.51	71.2	143.69	8.1	366.59	20.7	1771.79	0.274	0.886	1.53	0.43	37.4	13.38
T <sub>22</sub> 龙眼	1183.86	70.1	150.30	8.9	354.65	21.0	1688.81	0.295	0.794	1.64	0.42	39.3	12.67
T <sub>23</sub> 杨梅	1922.11	85.6	101.05	4.5	222.30	9.9	2245.46	0.235	0.894	1.36	0.28	36.4	12.48

1) 土壤微生物数量单位为(×10<sup>5</sup>个/g干土) The unit of soil microbes quantity: (10<sup>5</sup>/gram·dry soil)CK<sub>10</sub>, T<sub>11</sub>, T<sub>12</sub>, CK<sub>20</sub>, T<sub>21</sub>, T<sub>22</sub>, T<sub>23</sub>: 见表1 See table 1

80%以上,真菌所占比例下降到10%以下(表3)。

土壤呼吸主要是由土壤微生物、植物根系活动及土壤动物活动来进行的(许光辉, 1986),侵蚀劣地土壤呼吸作用强度极其微弱(表3),治理后,由于土壤微生物数量大幅度增加及根系和土壤动物的活动加强,土壤呼吸作用强度有较大幅度提高。从表3可知, T<sub>11</sub>和 T<sub>12</sub>的呼吸作用强度分别是 CK<sub>10</sub>的6.6倍和10.7倍, T<sub>21</sub>、T<sub>22</sub>和 T<sub>23</sub>的呼吸作用强度则分别是 CK<sub>20</sub>的8.8倍、9.5倍和7.6倍。治理地和对照地土壤微生物数量组成及土壤呼吸作用强度的差异反映了不同治理措施对贫瘠土壤改良的重大作用。

### 3.4 不同治理措施土壤酶活性

土壤酶在土壤物质循环和能量转化过程中起着重要作用,对土壤酶活性强度的研究将有助于了解土壤肥力状况和演变(杨玉盛,1994)。分析结果表明(表3),不同治理措施土壤转化酶和脲酶活性比相应的对照明显增强,其中 T<sub>12</sub>的转化酶和脲酶分别是 CK<sub>10</sub>的7.3倍和1.6倍,土壤转化酶和脲酶直接参与土壤碳素循环及含氮有机化合物的转化。治理后,土壤转化酶和脲酶活性增强,表明土壤中碳素和氮素营养循环强度有较大程度提高。

花岗岩发育的赤红壤土壤磷素极度缺乏,土壤酸性磷酸酶酶促作用能加速土壤有机磷的脱磷速度,提高磷素有效性。从表3可知,治理后土壤酸性磷酸酶活性均明显加强,其中 T<sub>12</sub>的酸性磷酸酶活性是 CK<sub>10</sub>的2.8倍,这对赤红壤缺磷状况改善有积极意义。

从表3还可以看出,治理后土壤接触酶和过氧化物酶活性亦有明显的增强,其中 T<sub>12</sub>的土壤接触酶和过氧化物酶活性分别是 CK<sub>10</sub>的3.4倍和2.0倍,说明治理后土壤的氧化还原能力增强,这对土壤有毒物质转化和腐殖质形成有利。

从以上分析可知,治理后,土壤水解性酶和氧化还原酶活性均明显加强,土壤有机残体分解强度和腐殖质再合成强度均得到加强,说明治理后土壤肥力正在不断恢复过程中。

### 3.5 不同治理措施土壤肥力模糊聚类分析

应用模糊聚类方法,对不同治理模式及对照地土壤肥力指标(表1、2、3)进行综合分析(洪伟,1986),得到分类结果的谱系图(图1)。从图1可见,当 λ=0.96时,可把7个样地土壤肥力分为3类(这与以上分析结果一致);第一类为两个对照样地,其中的对照 CK<sub>10</sub>,这种侵蚀劣地(光板地)土壤肥力极度退化,植物生长条件极端恶劣,寸草不长; CK<sub>20</sub>虽营造以耐旱耐瘠薄著称的马尾松林,但由于种植和管理均粗放,投入有限,造成28年的马尾松平均树高仅3.27m,平均胸径

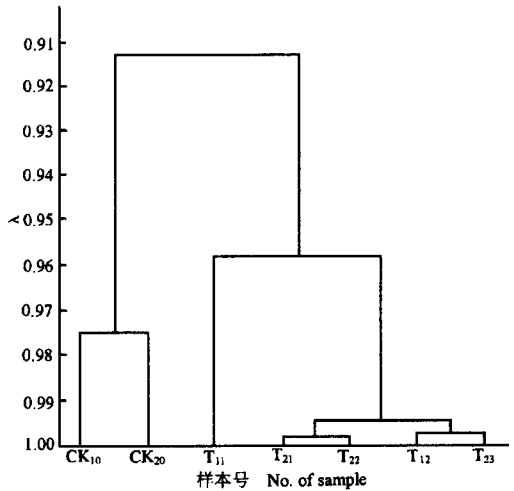


图1 闽东南沿海侵蚀性赤红壤土壤肥力分类树状图

Fig. 1 Arborescence of soil fertility classification for latertic red soil in southeast coast of Fujian

CK<sub>10</sub>:光板地 Seriously eroded land T<sub>11</sub>、T<sub>21</sub>:荔枝  
 Litchi chinensis T<sub>21</sub>、T<sub>22</sub>:龙眼 Dimocarpus longan  
 T<sub>12</sub>:大叶相思 Acacia auricalaformis T<sub>23</sub>:杨梅  
 Myrica rubra CK<sub>20</sub>:马尾松小老林 Low output  
 forest of Pinus massoniana

为4.8cm,成为名副其实的“小老林”,林地内水土流失依然十分严重;第二类为6年生的荔枝地,经过挖大穴施基肥及每年较大投入进行管理的荔枝果园,土壤肥力得到一定恢复,但由于时间较短,措施单一,目前土壤肥力还是较差的;第三类为四种良好措施的林地,即6年生大叶相思水土保持林地,28年生荔枝、龙眼及27年生的杨梅地。以豆科树种(大叶相思)为主营造水土保持林,时间虽短(6年生),但土壤肥力已恢复到于28年生荔枝、龙眼和27年生杨梅相近,这一方面表现出豆科树种在侵蚀劣地防治土壤侵蚀的作用,另一方面,在侵蚀劣地上种植果树若不采取引进豆科植物以增加土地覆盖或敷盖措施,果园土壤肥力维持与改良是相当困难的。

#### 4 结论

1) 赤红壤严重侵蚀劣地,土壤肥力极差,植物生长条件恶劣,采用工程措施和生物措施相结合,对侵蚀劣地进行治理后,土壤结构、水分状况得到一定程度改善,土壤腐殖质品质亦有所改善,土壤营养元素容量及供应强度明显加强,土壤微生物数量急剧增加,土壤呼吸作用和酶活性显著提高,表明治理后土壤肥力得到一定程度的恢复,严重退化赤红壤生态环境得到不同程度的改善。

2) Fuzzy 法对不同治理措施土壤肥力分类为:  $T_{12}$ 、 $T_{21}$ 、 $T_{22}$ 、 $T_{23}$ 、 $T_{11}$ 、 $CK_{10}$ 、 $CK_{20}$ ,表明豆科植物在赤红壤侵蚀劣地土壤肥力恢复过程的重要性及工程措施与种植果树相结合措施对侵蚀劣地土壤肥力恢复与改良的局限性。对严重退化赤红壤,应用工程措施、生物措施和改良土壤措施三种方法相结合进行综合治理。因此在侵蚀赤红壤治理与开发中或对现有果园水土保持与地力改良中,如何引进豆科植物,以增加果园的覆盖或敷盖,以进一步控制水土流失、改良地力,促进果树生长、提高果树产量和质量,从而达到大大提高治理与开发的综合效益,这种既能控制水土流失,改善生态环境,又能提高当地群众直接收入是侵蚀劣地治理的关键所在。

#### 参 考 文 献

- 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室编,1978:土壤物理性质测定法,北京:科学出版社,11~122。  
中国科学院南京土壤研究所,1978:土壤理化分析,上海:上海科技出版社,32~191。  
许光辉,1986:土壤微生物分析方法手册 北京:农业出版社,102~228。  
严昶升,1988:土壤肥力研究方法,北京:农业出版社,205~286。  
姚贤良等,1982:红壤的物理性质及其生产的意义,土壤学报,19(3) 224~236。  
杨玉盛等,1996:不同治理模式对严重退化红壤抗蚀性影响的研究,土壤侵蚀与水土保持学报,2(2) 32~37。  
林明海等,1982:不同熟化度红壤及红壤性水稻土的腐殖质组成及其特性,土壤学报,19(3) 237~259。  
杨玉盛等,1994:南平溪后杉木林取代杂木林后土壤肥力变化研究,植物生态学报,18(3) 236~242。  
杨玉盛等,1996:南平溪后杉木林取代杂木林后土壤腐殖质组成及特性变化研究,福建林学院学报,16(2)97~102。  
洪伟等,1986:闽北阔叶树种生态组的 Fuzzy 划分,福建林学院学报,6(2) 19~26。