

南方花岗岩区不同侵蚀土壤 治理效果的研究*

万勇善

(华南环境科学研究所, 510000)

席承藩 史德明

(中国科学院南京土壤研究所, 210008)

摘 要

花岗岩红色风化壳广泛分布于我国南方山地丘陵区。其中的红色粘土层质地粘重且被铁铝氧化物胶结,与其下部的砂土碎屑层相比具有很强的抗蚀能力,对该区侵蚀的发展和治理具有重要意义。本研究通过对保留红色粘土层和砂土碎屑层裸露两种类型的侵蚀土壤在治理过程中保持措施的选择、植被和土壤肥力的恢复与土壤发育特点进行对比,说明了花岗岩区的侵蚀土壤在保留红土层时,土壤退化的程度轻,治理较容易,植被和土壤生产力的恢复较快;一旦红土层被侵蚀殆尽,侵蚀的速度加快,治理过程中植被和土壤生产力的恢复也慢。

关键词 土壤侵蚀,水土保持,花岗岩

我国长江以南的山地丘陵区地处热带亚热带,雨量充沛,由于历史及自然的原因,土壤侵蚀日益加剧,现已成为我国仅次于黄土高原的第二大侵蚀区^[1]。特别是其中的花岗岩母质侵蚀区(简称花岗岩区),冲蚀最剧,危害最深^[1,2]。其主要原因便是深厚的花岗岩红色风化壳各个风化层的性质不同,一旦上部抗蚀性强的红色粘土层被侵蚀完后,深厚疏松的砂土碎屑层便出露地表,侵蚀速度成倍地增加,甚至出现崩岗侵蚀。目前,花岗岩区的土壤侵蚀仍在发展,区内大面积的侵蚀土壤,特别是砂土碎屑层出露的侵蚀土壤能否治理好,在治理过程中不同类型的侵蚀土壤肥力恢复的效果如何,则是本文所要讨论的主要问题。

一、研究方法

本研究在花岗岩风化壳分布面积最广,侵蚀程度最深的江西省选宁都县的璜山村和水保站分别做为保留红土层的侵蚀土壤(以下简称红土层侵蚀土壤)和砂土碎屑层裸露的侵蚀土壤(以下简称碎屑层侵蚀土壤)的治理典型(两处均于1964年采取措施治理水土流失,现已基本控制了侵蚀的发生)。进行了不同侵蚀土壤治理后土壤属性的变化、植被的恢复速度和土壤水分定位测定等研究,并与区内兴国贺堂的无明显侵蚀土壤做了对比。同时还采集未实施水保措施的侵蚀土壤,做本底研究。

* 本文为万勇善硕士论文的一部分。作者对本研究做过帮助的同志致衷心感谢。

土样分析:水分用烘干法;机械组成用吸管法;团聚体用人工筛分法;微形态用偏光显微镜鉴定;有机质用重铬酸钾法;全氮用重铬酸钾硫酸消化法;全磷用钒钼钨抗比色法;全钾用 Na_2CO_3 碱熔火焰光度计法;速效钾用火焰光度计法;水解性氮用碱解蒸馏法;pH 值用 1:1 水土比测定;阳离子交换量用 EDTA-铵盐快速法;交换性盐基及组成 EDTA-铵盐提取液测定;土体和胶体全量用碳酸钾融熔等离子光谱法。

二、结果讨论

(一) 治理措施选择

在南方大面积的花岗岩侵蚀区,由于风化壳中的红土层具有较强的抗蚀性能,侵蚀土壤中保留红土层与否从而成为土壤侵蚀从一般到剧烈的分界点。保留红土层时,侵蚀模数最大只有 8000 吨/平方公里·年左右。而红土层被剥蚀完后,侵蚀模数多大于 1.35 万吨/平方公里·年,剧烈的崩岗侵蚀区则可达 20 万—30 万吨/平方公里·年。与此同时,红土层侵蚀土壤和碎屑层侵蚀土壤的退化程度也相差很大。由表 1 可知,由于侵蚀破坏了土壤与植被间的平衡关系,两种侵蚀土壤的有机质和养分含量均不高。特别是由于砂土碎屑层是一种半风化的物质,质地呈砂性,结构松散,裸露后土壤极为贫瘠,保肥持水能力也差,旱季土壤水分含量极低,难以适应植物的生长,土壤退化的程度更为严重,治理的难度也大。

由于保留红土层前后土壤的侵蚀和退化程度差异很大,因而,两种侵蚀土壤的治理措施也相应变化。红土层侵蚀土壤的主要问题是结构严重破坏,透水性差,易发生沟蚀。治理措施应着重于植树造林。局部辅以工程措施,例如修筑鱼鳞坑、等高埂和水平沟等,用以蓄水保土,改善立地条件。而碎屑层侵蚀土壤则要以水平台地和水平沟结合林草措施进行综合治理。水平沟一般深为 1—1.5m,宽若 50cm,用以截持暴雨期间的地表径流,以改善土壤水分状况;沟与沟之间则辅以水平台地,并种植豆科草本灌木植物,必要时客土施肥。崩岗的治理难度更大,其底部需修筑谷坊,内部种植草本或灌木,上部则要开撇水沟,阻制径流冲刷崩岗壁,并等高种植灌木、草本和乔木,以达到稳定崩岗发展的目的。

表 1 未治理前不同

Table 1 Properties of eroded

侵蚀土壤类型 Type of eroded soils	层次深度 Depth (cm)	有机质 O.M. (g/kg)	全氮 Total N (g/kg)	全磷 Total P (g/kg)	水解 N Hydrolyzable N (mg/kg)
红土层侵蚀土壤	0—20	7.7	1.3	0.96	4.3
	20—100	1.7	0.01	0.37	1.8
碎屑层侵蚀土壤	0—20	1.3	0.01	0.52	1.4
	20—100	1.1	0.03	0.48	1.4

1) 为该区旱季 7、8、9 三月六次测定的平均值。

由此可见,区内土壤侵蚀和退化在发展中均有一个突变过程,治理的难度和措施也相应改变。例如碎屑层出露后,沟谷崩岗出现密度大,植被立地条件差,工程治理措施就

要投入大量的劳动和资金。据赣州地区水保办资料¹⁾，治理每亩红土层侵蚀土壤需投工 14.66 个，投资 36.37 元，而碎屑层侵蚀土壤则需投工 36.73 个，投资 77.19 元。

(二) 植被恢复速度

江西南都作为一个水土保持的重点县于 1964 年对县内不同的侵蚀土壤进行了相应的治理。璜山村和水保站的治理措施适宜，效果较好。据研究调查，璜山村红土层侵蚀土壤的治理点现已形成多层针阔叶混交林植被。混交林结构可分四层，即阔叶林层、针叶林层、灌木和草本层以及地被层(包括苔藓和地衣)。主要的植物种为樟树(*Cinnamoum camphora*)、木荷(*Lchima superba*)、杉木(*Cuninghamia lanceolate*)、马尾松(*Pinus massoniana*)、胡枝子(*Lespedeza formosana*)、槲木(*Loropetalum chinese*)和芒萁(*Dicranopteris dichotoma*)等。森林的郁闭度达 90%，植被的覆盖度也由原来的 50% 左右提高到现在的 95% 以上。由于多层植被的建立，提高了光能的利用率，增加了生物量，良性的生态平衡得到恢复。同时璜山村的经济也得以发展。据调查，该村 1984 年粮产量达 2022099 公斤，比治理前的 1963 年增长 4.8 倍；林地面积 541.13 公顷，是 1963 年的 9 倍；旱灾田的面积 30 公顷，比 1963 年减少 2.8 倍。

宁都水保站碎屑层侵蚀土壤治理点现在恢复的植被为马尾松纯林，局部肥力条件好的可有油茶(*Camellia oleosa*)生长，林下的水平地面上草灌被覆较好，主要的植物种为胡枝子、芒萁、芒等。但林下仍有一定面积的裸地，偶见耐干旱的植物如白檀(*Symplocos paniculate*)和硬骨草(*Arundinella setose*)等。植被覆盖度约 80%，暴雨期间仍可发生严重片蚀。

治理的结果表明，由于碎屑层侵蚀土壤植被立地条件差，在上面直接营造针阔叶混交林是很困难的。若按植被群落的自然演变规律，从目前碎屑层侵蚀土壤上的植被类型演变到红土层侵蚀土壤上多层次的针阔混交林，仍需一段很长的时间，即使人为地加速植被群落的演替，也要投入大量的人力、物力和财力。

(三) 土壤肥力特征

土壤肥力因侵蚀而退化，也必然会在治理中随侵蚀的控制而恢复。本文研究的两类

侵蚀土壤的性质状况

soils before controlling

速效 K Available K (mg/kg)	CEC (cmol(+)/kg)	旱季土壤含水量 ¹⁾ Soil moisture during dry season (%)	结 构 Structure	质 地 Texture
59.1	6.73	14.21	紧实块状	粘壤土
50.0	6.53	16.30	紧实块状	粘壤土
67.0	5.34	7.90	松 散	砂 土
36.5	5.24	8.50	松 散	砂 土

1) 江西省赣州地区水土保持办公室，1984：赣州地区水土保持规划报告。

表 2 不同侵蚀土壤经治理
Table 2 Nutrients and exchangeable base

侵蚀土壤类型 Type of eroded soils	层次深度 Depth (cm)	有机质 O.M. (g/kg)	全氮 Total N (g/kg)	全磷 Total P (g/kg)	全钾 Total K (g/kg)	水解氮 Hydrolyzable N (mg/kg)
无明显侵蚀土壤	0—25	36.8	1.19	0.61	21.9	12.2
	25—60	6.0	0.26	0.61	25.1	2.7
	60—100	2.7	0.12	0.43	39.5	1.8
红土层侵蚀土壤	0—10	37.8	1.50	0.78	24.8	15.3
	10—35	12.2	0.50	0.57	23.3	7.8
	35—100	5.9	0.19	0.70	32.0	2.6
碎屑层侵蚀土壤	0—5	21.6	0.80	0.48	33.2	0.82
	5—20	7.1	0.19	0.57	51.3	2.4
	20—100	1.2	0.01	0.43	57.8	1.6

侵蚀土壤治理二十多年后现分别形成了 10 和 5cm 厚的富含有机质的表土层。分析结果表明,该层有机质养分含量较高,结构性能良好,保水保肥能力也强,与相应的未治理的侵蚀土壤相比,土壤肥力有了明显的改善。然而,其改善的程度又有差异。现分述如下:

1. 土壤养分: 由表 2 可知,红土层侵蚀土壤上由于多层植被的建立,表层有机质、全氮、全磷、水解氮含量均明显地高于马尾松林下的碎屑层侵蚀土壤。表层交换性盐基的富集和阳离子交换量也有同样的趋势。从养分在土壤中的垂直分布来看,由于红土层侵蚀土壤上的乔木根系深厚,整个土体中养分含量均较高。而碎屑层侵蚀土壤上的马尾松和草本植物根系浅,土体 20cm 以下几乎全是花岗岩半风化物。总之,红土层侵蚀土壤肥力恢复较快,其肥力水平已与无明显侵蚀土壤相近。然而,由于碎屑层侵蚀土壤其母质中全

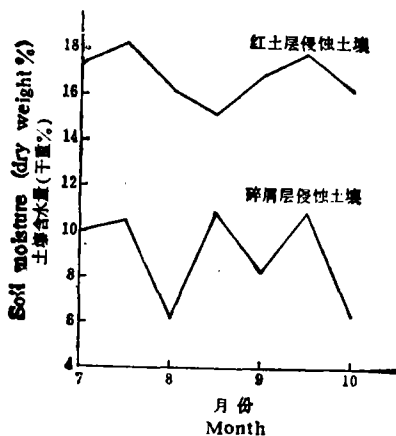


图 1 不同侵蚀土壤治理后旱季土壤含水量 (0—20cm, 1986年测定)

Fig. 1 Soil moisture of different eroded soils during dry season after controlling (0—20cm, measured in 1986)

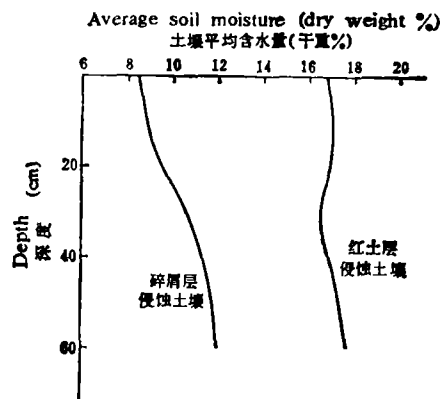


图 2 不同侵蚀土壤旱季土壤平均含水量的垂直分布

Fig. 2 Vertical distribution of average soil moisture in different eroded soils during dry season after controlling

后的养分状况及交换性能

of different eroded soils after controlling

速效钾 Available K (mg/kg)	pH (H ₂ O)	CEC (cmol(+)/kg)	交换性盐基 (cmol(+)/kg) Exchangeable base				
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	总量
96.0	4.63	13.19	2.31	1.38	0.32	0.09	4.09
46.0	4.91	11.91	1.58	1.04	0.18	0.08	2.88
46.5	4.03	9.70	0.90	0.75	0.16	0.08	1.89
162.0	4.71	9.60	3.88	1.77	0.42	0.09	6.16
56.0	4.71	7.28	2.19	0.49	0.18	0.09	2.95
29.0	4.83	5.14	0.69	0.28	0.13	0.07	1.17
240.0	4.58	7.80	2.58	1.92	0.64	1.10	5.24
87.0	5.20	5.53	1.00	2.54	0.26	0.08	3.88
54.0	5.12	4.27	1.13	0.96	0.23	0.08	2.40

钾含量高, 风化成土过程中释放大, 其全钾和有效钾含量反而较高。

2. 土壤水分: 由旱季在两个治理点的土壤水分定位测定结果可知(图 1、2), 红土层侵蚀土壤上由于现已恢复了茂密的针阔叶混交林, 林内湿度大, 因而土壤含水量高; 而碎屑层侵蚀土壤由于马尾松林冠郁闭度低, 旱季土壤水分仍有一定的蒸发现象, 土壤含水量明显地低于前者。从土壤水分的垂直分布来看, 红土层侵蚀土壤 20—40cm 内含水量最低, 这因为该深层内植被根系分布最多, 土壤水分主要由植物的蒸腾作用而散失所至。而碎屑层侵蚀土壤含水量最低的层次深度为 0—20cm 这则是由于土壤水分的强烈蒸发而引起。

3. 土壤结构: 两种侵蚀土壤经治理后, 由于有机质含量的增加, 表层土壤现已形成粒状的团聚体结构, 其分析结果列于表 3。由此可见, 红土层侵蚀土壤经多年的治理已与无明显侵蚀土壤团聚体的数量和性质相似。而碎屑层侵蚀土壤经治理后的水稳性大团聚体含量较少, 微团聚体中 0.25—0.01mm 粒级含量明显地较高。土壤微形态的分析结果也可以说明这一点。薄片可见红土层侵蚀土壤表层粒状结构体大, 团聚体呈复合式结构, 而碎屑层侵蚀土壤表层中细土物质在颗粒间形成粒间微团聚体结构。

实际上, 土壤结构的形成受土壤质地、气候、植被和土壤动物等综合作用的影响。花岗岩区不同侵蚀土壤经治理后所形成的上述土壤团聚体结构的特点, 主要与其植被类型

表 3 不同侵蚀土壤经治理后表层的团聚体分析结果(粒径: mm)

Table 3 Aggregate contents of different eroded soils after controlling

侵蚀土壤类型 Type of eroded soils	层次深度 Depth (cm)	水稳性大团聚体含量(%) Waterstable macroaggregate				微团聚体含量(%) Microaggregate			
		>5	5—3	3—1	1—0.25	2—0.25	0.25—0.01	0.01—0.002	<0.002
无明显侵蚀土壤	0—25	14.21	15.90	27.48	28.24	31.93	35.63	18.93	13.51
红土层侵蚀土壤	0—10	22.80	12.84	26.62	24.98	38.23	31.15	19.98	10.64
碎屑层侵蚀土壤	0—5	18.92	12.72	16.32	18.84	25.08	50.08	21.17	3.97

表 4 不同侵蚀土壤经治理后的质地情况

Table 4 Partical size distribution of different eroded soils after controlling

侵蚀土壤类型 Type of eroded soil	层次深度 Depth (cm)	颗粒组成 Partical size distribution(%)(粒径: mm)							
		>2	2-1	1-0.5	0.5-0.1	0.1-0.05	0.05-0.01	0.01-0.002	<0.002
无明显侵蚀土壤	0-25	22.06	10.41	10.20	13.77	8.36	9.64	16.26	31.12
	25-60	28.29	12.47	10.53	15.95	8.70	9.82	12.64	29.09
	60-100	42.31	18.88	11.47	19.39	10.76	11.49	7.96	20.05
红土层侵蚀土壤	0-10	38.16	13.09	11.86	14.85	7.08	10.99	12.27	29.86
	10-35	38.69	14.23	9.01	14.75	7.85	11.26	12.32	30.58
	35-100	42.86	16.54	14.42	25.28	8.28	11.65	7.51	16.41
碎屑层侵蚀土壤	0-5	32.26	6.90	8.11	10.55	6.81	33.68	24.34	9.61
	5-20	50.72	15.98	15.37	23.66	7.14	16.26	13.74	7.87
	20-100	62.94	23.16	16.92	22.16	9.44	14.94	8.82	4.56

和颗粒组成有关。由表 4 可知,红土层侵蚀土壤颗粒组成中粘粒含量高,在茂密的针阔叶混交林的影响下,可以形成大的团粒结构,而碎屑层侵蚀土壤质地呈砂性,在草本植物根系的影响下,多形成一些较小的团聚体。

综上所述,花岗岩区不同侵蚀土壤经治理后的肥力恢复速度同样与原来土壤受侵蚀的程度有一定关系。碎屑层侵蚀土壤由于其颗粒粗大,养分贫瘠,保水力差,在治理过程中即使投入了更多的劳动和资金,肥力的恢复速度仍较红土层侵蚀土壤慢。

(四) 土壤发育特点

由于花岗岩区内侵蚀速度远大于成土速度,一旦半风化的砂土碎屑层出露地表后,土壤又返回到矿物物质的原始状态,呈现出土壤逆向发育 (regressive development) 的现象^[4]。经治理后,由于人为地恢复了土壤-植被系统的平衡关系,土壤的顺向发育又重新开始。

在治理前,碎屑层侵蚀土壤的土壤矿物尚具有原生矿物的特征,无明显的土壤发育现象,有人把这种土壤的发育年龄定为零^[4]。经治理后,由于植被的恢复,土壤所进行的成土过程为最初的原生矿物的风化和有机物质的累积。由表 4 和表 5 可知,由于生物参

表 5 不同侵蚀土壤经治理后的元素组成

Table 5 Element composition of different eroded soils after controlling

侵蚀土壤类型 Type of eroded soils	层次深度 Depth (cm)	土体 Fine earth fraction				胶体 Clay fraction			
		SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
红土层侵蚀土壤	0-10	63.17	4.21	18.50	5.79	40.28	9.00	33.76	2.03
	10-35	63.73	4.39	19.28	5.62	39.50	9.38	34.45	1.57
	35-100	66.43	4.20	18.23	6.18	39.20	10.27	34.58	1.92
碎屑层侵蚀土壤	0-5	51.74	4.11	26.45	3.33	42.52	7.43	34.15	2.11
	5-20	60.29	3.80	22.61	4.53	42.13	6.82	34.97	2.05
	20-100	60.88	3.60	21.94	4.70	41.32	8.60	34.04	2.06

与成土过程,碎屑层侵蚀土壤现已形成了5cm的有机质表层,同时由于强烈的矿物风化作用,颗粒组成中砂粒和岩石碎屑的含量减少,而细颗粒特别是粘粒含量增加,而且矿物的风化作用以“脱硅富铁铝”为特点。

红土层侵蚀土壤治理后的土壤发育过程亦包括有机质的积累,但所保留的红土层已基本完成了脱硅富铝化过程,其中的原生矿物(这里主要指长石和云母)已遭风化,与碎屑层土壤相比,土壤发育的起点不同。由表5可知,红土层侵蚀土壤的胶体硅铝率高于碎屑层侵蚀土壤。这也说明前者的发育程度远深于后者。

另外,国外不少研究证明,土壤有机质的积累很迅速,无论是在森林植被还是草本植被的覆盖下,A₁层的形成只需几十年的时间即可^[5,6]。但下面的淀积层的形成则需很长时间,特别是在花岗岩母质上,成土速度更为缓慢,形成一个高度风化的层次需要10³—10⁶年^[7,8]。由此可知,碎屑层侵蚀土壤经治理后20年左右的时间便可形成有机质层,但要发育有高度富铝化且富含粘粒的红土层,仍需要数万年甚至更长的时间。

总之,碎屑层侵蚀土壤经治理后尚处于发育的初级阶段,剖面形态简单,肥力较低,而红土层的侵蚀土壤则处于土壤发育的高级阶段,土壤肥力也较高。

三、结 论

1. 南方花岗岩区大面积的侵蚀土壤可以是否具有红土层分为两种类型。保留红土层时土壤受侵蚀的程度较轻,治理措施以植树种草为主,局部辅以工程措施;一旦红土层被侵蚀殆尽,其下的砂土碎屑层出露地表,不但侵蚀程度加剧,土壤也变得更加贫瘠,治理的难度加大,需用工程措施、生物措施和改良土壤三种方法相结合进行综合治理。

2. 只要投入足够的时间、劳动和资金,花岗岩区内两类侵蚀土壤均可以治理好,但治理的效果不同。从治理过程中植被的恢复、肥力的改变及土壤发育的特点来看,即使投入了更多的劳动和资金,砂土碎屑层裸露后的治理效果远没有保留红土层时的治理效果明显。

3. 南方花岗岩区的水土保持任务紧迫而又艰巨。对尚保留红土层的侵蚀土壤应立即实施经济而有效的保持措施,控制侵蚀的进一步发展;对砂土碎屑层裸露的侵蚀土壤,则应坚持长期的治理工作。由于在治理中需投入更多的劳动和资金,因而,实施一些既能控制侵蚀、又能让当地人们获取直接经济效益的措施是治理的关键。

参 考 文 献

- [1] 史德明,1983: 红壤地区土壤侵蚀及防治。中国红壤(李庆远主编)。科学出版社。
- [2] 史德明,1985: 我国南方花岗岩区水土流失、水土保持与生态系统。中国水土保持,第12期,6—9页。
- [3] 黄瑞采,周传槐编译,1985: 土壤的发生分类与资源评价。28—85页,江苏科学技术出版社。
- [4] Hall, G. F. et al., 1979: Rate of soil formation and renewal in the USA. Determination of soil loss tolerance. ASA publication No. 45, 23—40.
- [5] Hallberg, G.R. et al., 1978: A century of soil development in soil derived from loess in Iowa. Soil Sci. Soc. Am. J., 42: 339—343.
- [6] Simson, R. W. 1959: Outline of a generalized theory of soil genesis. Soil Sci. Am. Proc., 23: 152—156.
- [7] Owens, L.B. et al., 1979: Rate of weathering and soil formation on granite in Rhodesia. Soil Sci.

Am. J., 43: 160—166.

[8] Birkeland, P.W. 1977: *Pedology, weatying and geomorphological research*. Oxford Universitb Press, New York. 285.

STUDY ON SOIL CONSERVATION EFFECT FOR DIFFERENT ERODED SOILS IN GRANITE REGION OF SOUTH CHINA

Wan Yongshan

(*South China Institute of Environmental Sciences, 510030*)

Xi Chengfan and Shi Deming

(*Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing*)

Summary

The widely distributed granite weathering crust in south China is generally composed of four layers: soil organic layer (20—50 cm), red clay layer (1—5 m), sandy layer (5—10 m) and fragmental layer (10—20 m), in which the red clay layer is firmly cemented by clay and Fe-Al oxides and thus has a higher anti-erodibility than the underlying sandy and fragmental layers. Therefore, soil erosion and conservation are quite different whether eroded soil possesses a red clay layer or not. By comparing conservation measures, restoration of vegetation and soil fertility, and soil development of the two types of eroded soils with conservation measures taken for 22 years, the present study reveals that when eroded soil possesses a red clay layer, soil degradation and erosion are not so serious. Good vegetation and high soil fertility can be restored in a short time by densely planting in combination with a few mechanical measures such as squamose hole and bench terrace when necessary. Once the sandy or fragmental layer exposed by progressive sheet or gully erosion, soil erosion and degradation would become very severe for the erodible infertile sandy soil, and soil conservation therefore would be very difficult. It needs much longer time to restore the soil fertility and vegetation even though grasses, shrubs and trees are systematically planted in combination with various mechanical measures such as contour ridge, bench terrace and cheek dam.

Key words Soil erosion, Soil and water conservation, Granite