

# 北江上游水土流失与治理 \* \* \*

广东省水利水电科学研究所

广东省水利厅水保农水处

(广东省广州市 510610)

**摘 要** 北江是广东省珠江水系的一大支流,包括韶关、清远两市所辖的12个县(市),面积2.94万 km<sup>2</sup>。本文首先论述了北江流域的水、土资源及其在社经生态结构中的地位,阐明了水土流失与生态平衡的动向,回顾本区水土流失的历史,反映当前水土流失现状;随后对水土流失诱因进行了分析,特别是对紫色页岩地区水土流失作了比较深刻的剖析;最后总结了水土流失综合治理的成效,在缓洪拦沙方面初步改善了山区河水暴涨暴落的水文特征,减少了汛期水量,同时增加了枯水期的流量,河流输沙量减少,变河床淤塞为下切,河床下降;保护土壤,提高土壤肥力显著,并取得了较大的社会效益和经济效益。

**关键词** 北江流域 水土流失 土壤侵蚀 水土保持效益

## Soil and Water Loss and Its Control in the Upper Reaches of Beijiang River

(Guangdong Institute of Hydraulic and Water Power  
Sciences Guangzhou 510610)

(Soil and Water Conservation Office of Water Conservancy  
Department in Guangdong Province)

**Abstract** Beijiang river is a large tributary of Zhujiang water system in Guangdong province, including 12 counties (cities), with area  $2.94 \times 10^4 \text{ km}^2$ . This paper dealt with soil and water resources of Beijiang watershed and its position in social, economic and ecological structures, described relationship of soil and water loss and eco-balance, reviewed history of soil and water loss in this area, analysed the situation and factors of soil and water loss, particularly for soil and water loss of purple rocky region, finally summarized comprehensive control benefit of soil and water loss. In the aspects of sediment reduction and flood retention, improved the hydrological feature of river water in the amountious area, reduced the discharge in the flood period, increased the discharge in the low water period, reduced the sediment discharg of river, dropped the river bed, improved soil fertility, obtained remarkable benefits of society and economy.

**Key words** Beijiang basin soil and water loss soil erosion soil and water conservation benefits

① 收稿日期:1996-11-10 \* 参加调查人:朱德海,张淑光,邓邦权,万少文,邓岚,尹云英,王东华,耿智贤,黄伟,曾辉,林继洲,陈希胜,侯水玲,何林山,黄兴荣。

\* \* 执笔人:张淑光,邓邦权,万少文,邓岚,尹云英。

北江是广东省珠江水系的一大支流,它汇集了源自南岭中段、五岭南侧山地诸水而南流,再汇西江与东江而入海。其中上游流经地域包括广东省北部韶关、清远两市所辖的(韶关、曲江、南雄、始兴、仁化、乐昌、乳源及连县、连南、连山、阳山、英德)12个市、县。介于东经 $111^{\circ}55'$ ~ $114^{\circ}45'$ ,北纬 $23^{\circ}50'$ ~ $25^{\circ}31'$ 之间。总面积2.94万 $\text{km}^2$ 。占上述行政辖地面积(3.06万 $\text{km}^2$ )的96.3%,水土流失区主要集中在南雄、始兴、连县、阳山、英德等县。区内多为山地丘陵,通称粤北山区。这里具有较好的气候地理条件,植物、动物、矿物等种类极其繁多、被誉为我国南方重要的物种基因库。既是广东省重要的林木和药材基地,又为著名的“有色金属之乡”。森林面积和积材量分别占全省的21%和22%;已发现的矿种70多种占全省2/3以上。水电蕴藏量和开发量分别占全省29%和27%。然而,这里的经济发展却一向比较缓慢。虽经新中国成立后数十年的努力,工农业生产水平都有了大幅度的提高,但与南部近海地区相比,仍然相对落后。改革开放以来,改变了现有的落后面貌,农工商各业的快速发展,取得了很好的社会和经济效益,但在生态环境方面却呈现逐渐恶化的趋势。经验已经证明,在经济建设发展进程中,如果忽视了对自然资源和生态环境的保护,必将带来后患。更因本区地处北江上游,生态环境的好坏,直接影响到下游广州和珠江三角洲地区人民生活和经济发展的稳定,因此,加强水土资源的保护,防止水土流失,建立优良而稳定的环境生态,也就成为本区当前的一个重大课题。

本文综述了本区水土流失的背景状况和实施1985年省人大六届三次会议通过的“关于防治北江上游水土流失”议案以来有关整治的成效,提出有关问题,供有关方面参考。

## 1 水土资源及其在社会经济生态结构中的地位

水、土资源,既是社会经济中农、林、牧、渔以至工、贸等各业建设和发展的基础条件,也是包括人类在内的整个生物社会赖以生存繁衍的环境生态结构的重要组成。而人类文明与社会经济兴衰,往往又受生态环境的支配,水土资源的存在状况和变化发展趋势,不仅影响到人类社会经济活动的成败,而且关系到包括人类在内的整个生物界的盛衰与存亡。试想一下历史上我国古楼兰的覆灭、黄土高原生态环境的衰变以及世界上其它地区古文明毁灭、大面积土地沙化,再生产能力日趋低下所带来的灾难和威胁,自然就意识到问题的严重性。因此,检讨我们在社会经济活动中施于生态环境的影响及由此而导至其变化发展的趋势,并寻求适宜的途径,避免重蹈覆辙,保证我们的经济发展和民族繁衍长盛不衰,也就成为当今必须认真考虑的重大课题。我们党和国家一再强调防止水土流失,加强水、土资源的保护也正是基于这种考虑。

### 1.1 本区水土资源概况及其存在问题

1.1.1 水的给养与水资源的分布 大气降水是本区水的主要给源,据统计,全区总流量343亿 $\text{m}^3$ 中只有15%为过境流量,其余均为区内降水集流。由于本区处于亚热带中南部,靠近亚洲大陆的东南前缘,盛行季风又有丰富的水汽来源,加之有北面南岭屏障,成雨机会较多,降雨频数较高。

据观测:年雨量在1300~2400mm之间,其空间分布上由南向北递减,迎风面大于背风面,山区大于平原的趋势(图1—1);时间分布上也不均匀,4~9月占全年雨量的70%,10~翌年3月只占年雨量的30%左右,强降雨暴雨大都集中于5~6月之间。地面径流量的年中变化与降雨量分布基本同步,4~9月占年径流的70%~80%,其余月份只占20%~30%,最大径流也出现于5~6月份。据分析,径流的年际变化存在着丰水年和枯水年交替循环出现的现象,出现的机率分别为7%~10%和2%~6%,丰水年多于枯水年。

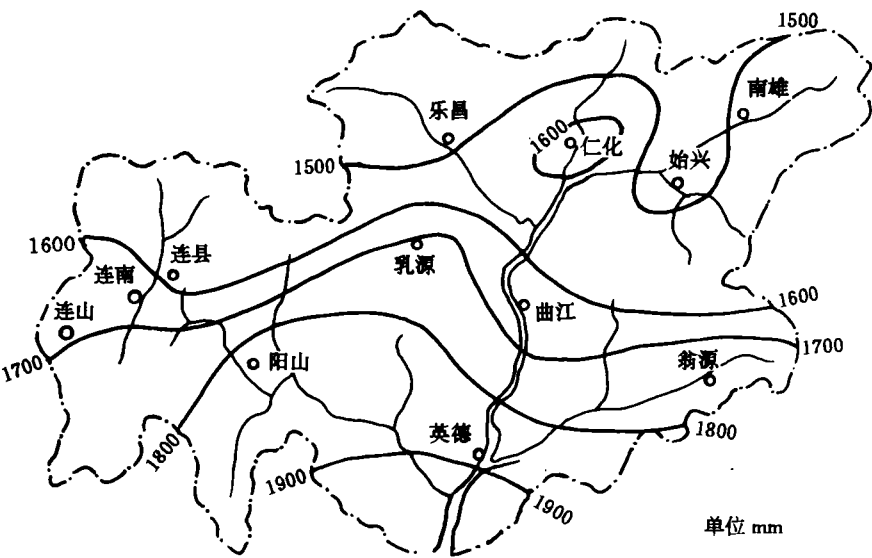


图 1—1 本区年雨量的分布图

本区水面蒸发,北面的南雄最高(1 216. 8mm),西面的连南最低(984. 4mm),平均为 1 100mm。陆面蒸发则在 500~855mm 之间,计得干旱指数最大是南雄(0. 86),最小是乳源(0. 61),平均为0. 7左右,总的来看,本区水的补给来源比较丰裕,蒸发散失较少,属于比较湿润的气候类型。加之本区有足够的光能与湿热条件,对自然植被及各种林木和农业经济作物的生长繁殖都是非常有利的。但比较集中而较强大的降雨和径流,则是招致水土流失的潜在威胁。

表 1—1 各地水资源的分布

地名 (郊县)	年产水量 (万 m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> )	年径流量 (亿 m <sup>3</sup> )	不同保证率年径流量(亿 m <sup>3</sup> )		
			丰水年 ( $\rho=10\%$ )	平水年 ( $\rho=50\%$ )	枯水年 ( $\rho=90\%$ )
南雄	80. 7	18. 54	29. 66	17. 24	8. 90
始兴	85. 9	18. 49	28. 47	17. 57	9. 80
仁化	94. 8	15. 32	23. 13	14. 55	8. 43
乐昌	81. 2	20. 00	30. 80	19. 00	10. 60
曲江	93. 4	29. 35	45. 20	27. 88	15. 56
韶关	83. 0	2. 84	4. 37	2. 70	1. 51
乳源	118. 8	26. 99	39. 68	25. 91	15. 92
连山	120. 3	14. 49	21. 30	13. 91	8. 55
连南	126. 0	15. 79	23. 15	15. 12	9. 29
连县	89. 4	23. 80	35. 00	22. 85	14. 04
阳山	118. 3	39. 50	58. 07	37. 92	23. 31
英德	116. 5	65. 69	96. 56	63. 72	38. 76
翁源	100. 2	22. 09	34. 02	20. 99	11. 71
总计	1308. 6	312. 85	469. 41	299. 36	176. 38

据观测统计,本区年总径流量约为 312.85 亿 m<sup>3</sup>,按不同保证率计得丰水年( $\rho=10\%$ )469.38 亿 m<sup>3</sup>;平水年( $\rho=50\%$ )299.36 亿 m<sup>3</sup>;枯水年( $\rho=10\%$ )196.38 亿 m<sup>3</sup>。各地产水量在 80~126 万 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> 之间。连南最高、南雄最低,平均为 102.3 万 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>(表 1—1),约合公顷平均 124 845m<sup>3</sup>,人平均 7 426m<sup>3</sup>,分别为全省公顷平均(62 550m<sup>3</sup>)和人平均(3 560m<sup>3</sup>)2.0 倍和 2.1 倍。可见本区水资源还是比较丰富的。但从当前各业兴建速度和进一步发展的需求来考虑尚嫌不足,因为防止水资源的流失,加速水资源的涵养和保护,仍然是当前本区的重要问题。

1.1.2 土地类型与土壤资源 土壤的发生发育,除了受制于水平的气候地理外,还受到垂直方向海拔差异带来的水热差异所支配。而且还与母岩种类、地貌条件和土地经营利用方式有密切关系。

整个粤北山区,由向南突出的三列平行的弧形山地和它们之间的两列谷地形成一个三山两谷的地貌格局,海拔介于 100~1 800m 之间,最大相对高达 1 700 多 m。区内相对较高(200m 以上)而地面陡峻(坡度>30°)的山地丘陵,占总面积达 80%,而相对较低(100m 以下)较为平缓(坡度<25°)的岗地、台地和河谷平原只占 20%左右。其中地面坡度小于 3°的平地仅占 8%(表 1—2、表 1—3),由于大部分土地地势高坡陡,降雨径流蓄存的势能和对面地的冲刷力都较大,发育于其中的土壤遭侵蚀流失的潜在威胁也就较大。

表 1—2 本区土地类型面积统计

类型	面积(万 hm <sup>2</sup> )	占总面积的(%)	利用现状
河谷平原	21.07	6.84	已垦农耕地
阶地	22.48	7.34	大都垦耕农作、果木、经作
台岗地	18.97	6.20	大都垦耕农作、果木、经作
丘陵	57.89	18.90	部分垦耕,大多营林,部分荒坡
山地	181.88	59.38	多为山林或荒坡
水面	3.997	1.30	航运、灌溉、养鱼等

表 1—3 本区地面坡度分级统计

坡度分级(度)	面积(万 hm <sup>2</sup> )	占总面积(%)	分布地类
<3°	24.90	8.13	平原谷地
3~6°	19.22	6.27	平原谷阶地
6~15°	55.73	18.20	阶地,台地,低丘
15~25°	86.56	28.27	低丘,高丘
25~35°	62.55	20.42	高丘,低山
35~50°	50.68	16.54	低中山地
>50°	2.36	0.77	中山
水面	4.30	1.40	

构成本区山地丘陵岩体的,主要是花岗岩和它周围的砂页(或砾)岩、石灰岩,还有部分变质岩和紫色砂页岩。除其中石灰岩、紫色砂页岩风化物分别发育成石灰土、紫色土以及各河谷地下水活动所及的冲积物或长期种植水稻地段分别发育成潮土和水稻土外,其余基岩母质广泛分布的山地,丘陵以至坡麓岗地上,土壤的发育,一般都依水平或垂直方向上水热条件的变异而有规律分布。

本区年平均气温在 18~21℃ 之间,7 月份最高可达 27~29℃。最南面的英德、翁源南部一带,积温较高,雨量如上述,这里也较大。这种情况下,400m 以下的低丘岗地上,自北(大部分

地区)而南(小部分地区)相应发育成红壤和赤红壤(曾称为砖红壤性红壤)两种,分别代表中亚热带和南亚热带的地带性土壤。

除了水平方向以外,垂直方向上则>1 200m 的高寒峰区往往有山地草甸土形成;700m 以上的低温湿润带内,多为黄壤发育;400~700m 之间则发育成过渡型的黄红壤。

各类土壤的面积分布如表 1—4,其中以花岗岩、砂页岩等为主要母质的红壤、赤红壤、黄红壤及黄壤占总面积达 70%,是本区农业发展主要的土壤资源,它们大多在深厚松散的风化壳形成,营养条件和渗水蓄水性能较好,有利于各种植物、作物的生长发育。但因母质风化和土壤发育程度不同,土壤的物理结构和抗冲抗蚀性能差异也较大。两种地带性土壤发育程度一般较高,其上部往往形成质地较重,结持力较好,抗冲抗蚀性能较强的土层。黄红壤、黄壤发育程度依次渐差,较多地保持母质的物理性状。它们又大都处在地势高坡陡,经受着不同程度的侵蚀流失,以至肥力并不很高。沿沟谷近地多已垦殖农用,但大多还用于营林或植被自然恢复。

表 1—4 不同类型土壤的分布面积统计

土地类型	分布条件	分布面积(万 hm <sup>2</sup> )	占总面积(%)
高山草甸土	高山近顶处花岗岩砂岩变质岩母岩	2.08	0.68
黄壤	海拔 700~800m 以上花岗岩砂岩变质岩的中山丘陵	27.05	8.84
红壤	350~400m 以下花岗岩砂页岩或变质岩丘陵岗地	152.53	49.87
赤红壤	同上,南部丘陵岗地	31.61	10.33
石灰土	西、南部及其他石灰岩岩溶山原地区	47.50	15.53
紫色土	北部盆地,紫色砂页岩丘岗地上	3.25	1.06
潮土	河谷平原,沿河冲积物	1.27	0.42
水稻土	同上,长期种稻水田	37.16	12.15

占面积约 15%的石灰土,自身营养和抗冲抗蚀性能尚好,但大多分布于峰林间的石质陡坡地上,长期经受强烈的冲刷淋洗,土地生产能力往往显得较低。

紫色土虽然面积较小(占总面积 1.0%左右),但以其母质富含磷钾矿物营养,利于黄烟生长发育而著称。但也以其母岩风化物的水热应变能力极差,易受冲刷侵蚀流失,严重的会发展为荒芜的“红砂岭”而令人触目。

水稻土和潮土占总面积约 15%左右,是本区重要的粮食生产基地,虽然它们处势较低或地面较平而不存在水土流失问题,但往往会遭受到高处冲刷流失带来泥沙的侵袭。

总的来看,本区作为社会经济基础的土地资源,大多处于地势高、坡陡或沟谷狭窄,加之降雨径流比较集中,都不同程度上存在着冲刷侵蚀流失或洪水泥沙侵袭的威胁。

1.2 水土资源的动态与生态平衡

1.2.1 水土资源的生态意义 经典生态学的研究早就表明,水分和土壤都是各种陆生生物(微生物、植物和包括人类在内的动物)直接或间接赖以生长繁殖和栖息活动的必要条件。

水分不仅是生物细胞内部和细胞之间生理生化过程物质运输的载体、相互反应的介质,而且也是参与有关分解合成的重要物质组成。缺水情况下,不仅有关运输、反应过程难于进行,细胞肌体的正常功能也就难以维持,严重缺水,一切生命活动也就停止。有关研究表明,当生命活体含水降至常量的 70%以下时,它们就难以继续生存。

土壤不仅是各种绿色植物根系着生,并从中吸取有机物质合成所必需的水份和无机营养的场所,而且也是微生物、低等动物聚居、进行物质的消费和无机化分解以及一些高等动物借以栖息活动的基地。没有土壤覆盖的岩面上,植物、动物和微生物的生长繁殖活动都将受到严重的限制。

在当今的系统生态学研究,水和土壤都属于各种陆地生态系统的重要结构因素。系统生态学是通过较晚近出现的环境污染,气候恶化,生物资源消减,土地再生能力衰退等全球性问题的研究而逐步建立起来的新兴学科。它动用了系统论、控制论的观点和方法,不仅在理论上深刻揭示了生物社会变化发展的必然规律,而且实践上可以有效地控制或影响它的发展趋势。根据系统生态学的理论,把生物个体或群体存在特点不同的一定地域或空间,包括它们自身和影响它们存在活动的各有关环境因子在内当作一个独立的系统,在这系统内,不同生物个体群体之间及它们与各个环境因子之间构成一个相互依存、相互制约,密切联系而不可分割的统一体系,就是常说的生态系统。生态系统内部各个因子之间的关系及整个系统具有的生态功能和它的发展趋势,不仅可以运用经典生态学有关研究作出定性的解析,而且还可以用现代化的检测和计算技术作出定量的计算。

按系统生态学的方法,即可把整个地球当作一个庞大的生态系统,也可以再把它分成陆地和海洋两亚系统,还可在它们内部或之间再分出森林、草原、农地、河流、湖沼等不同的子系统。本区多森林,若从森林生态系统来考察,其中森林植物与各种动物、微生物共同组成一个生物社会。这几种不同生物类群之间有如下的关系:森林植物一方面通过根系从土壤中吸收水分和无机营养,另一方面从大气中摄取  $\text{CO}_2$ ,再利用太阳辐射能进行光合作用,并通过其体内的生理生化过程,合成生产出各种各样的有机能源物质(如糖类、蛋白、脂肪、纤维等)。绿色植物以其所具有的这种功能被称为物质生产者。它们合成生产的有机物质,提供给作为物质消费者的昆虫、飞禽走兽以至人畜等动物作为生活再生产的物质来源加以利用消费,消费过程中生物个体群体间相食所组成的食物链及利用过程的加工改造,都导致物质能量的传递和转移。最后,动物消费剩余废弃的和植物凋谢的有机残物,又都回归到土壤,经过其中作为分解者的各种微生物的分解利用,并使之无机化为各种无机营养元素;它们所有生命活动过程中耗能呼吸释放出的  $\text{CO}_2$  都又回到大气中去,连同土壤中无机化释放出来的营养元素都又重新提供绿色植物的有机合成,这就构成了森林生态系统中物质能量的循环转化(图 1—2)。除了不同生物类群间的这种彼此相关互相联系之外,太阳辐射及其导致的热量状况,大气环流所决定的降雨和水分条件,土壤的理化营养性状等都与各个生物类群或整个生物社会互有联系、相互影响。如充沛的降雨和土壤水分可以促进林木的生长发育,发育良好的林被不仅可以提高有机合成的数量,还可以提高对降雨拦蓄和水分涵养的数量,减少地面径流,促进土壤母质的发育和风化等等……,这种有机活体之间及它们与无机的环境诸因子之间相互紧密联系的统一体系——森林生态系统,显示出其自身特具生态功能,如较强的固碳(同化  $\text{CO}_2$  为有机—C)制氧(释出游离  $\text{O}_2$ )、保土涵水和调节气候等功能。通过以上考察,从中不难看出土壤是陆地生态系统构成的基础,而水分则是生态系统组成必不可少的重要因素。

除了生态系统内部各个组成因子之间的相互影响、联系之外,各个不同生态系统之间同样互有影响,相互联系。如上述具有较强的固碳制氧,保土涵水和调节气候功能的森林生态系统会给予邻近城市生态系统、农田生态系统良好的影响,而城市生态系统毒害性物质的排放,则往往对下游农田生态系统或河流湖沼生态系统带来不利。

生态系统内部因子之间或不同生态系统之间的这种相互联系和影响。都是通过水圈、气圈和上覆土壤层的岩圈和在它们之间集生而成的生物圈之间的物质能量交换转移来实现的。作为一切生物存在和活动必不可少的水分,是通过海洋和陆面蒸发及植物蒸腾转为水汽而进入气圈,经过大气环流遇冷凝结形成雨水而回降,并经它们在岩圈(包括土壤母质基岩)的蓄存、溶渗、渗移和地上地下径流,供生物社会利用后又重归海洋而构成循环。从而各种陆地生态系统对水分的需求得到满足,有关物质能量的传输得以实现。作为陆地生态系统构成基础的土壤,以其处于地壳外层岩圈、水圈和气圈的交接部位,容纳了它们汽化溶解扩散而来的固液气三相,造就了相对稳定的湿度温度和通气状况,富含各种生物营养元素,为各种生物提供了生长繁殖的良好条件,以至成为各种陆生生物集生聚居的生物圈的中心纽带

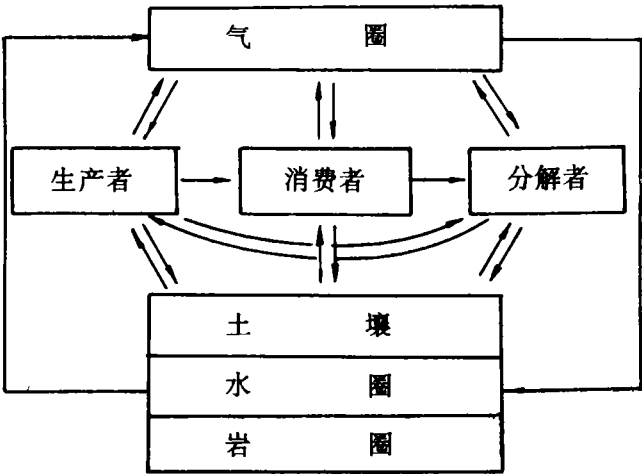


图 1—2 生态系统物、能循环转移示意图

系统构成基础的土壤,以其处于地壳外层岩圈、水圈和气圈的交接部位,容纳了它们汽化溶解扩散而来的固液气三相,造就了相对稳定的湿度温度和通气状况,富含各种生物营养元素,为各种生物提供了生长繁殖的良好条件,以至成为各种陆生生物集生聚居的生物圈的中心纽带

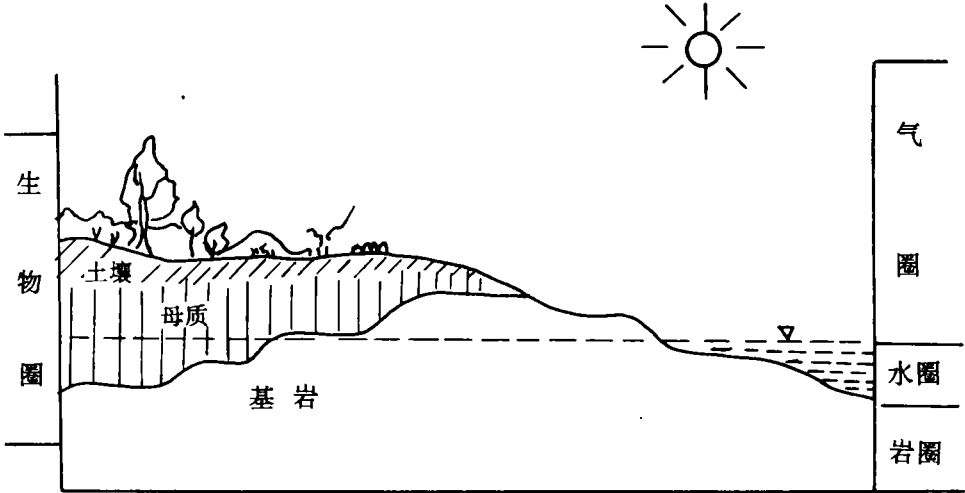


图 1—3 土壤在生态系统结构组成中的地位

(图 1—3)。它不仅是各种生物生长繁殖和栖息活动的重要基地,而且也是生物地球化学过程物质能量分解转化,包括残弃有机物的无机化和有害物质的无害化及其产物的存贮和运输的重要场所。水土资源所具的生态功能及其重要的生态意义,从此可以进一步得到更加深刻的理解。

1.2.2 水土流失与生态平衡的动向 从系统生态学的观点出发,一定空间的任一生态系



ISSN 1005-3409

1996 年获陕西省科技期刊二等奖

中国科学院  
水利部

# 水土保持研究

SHUITUBAOCHI YANJIU

RESEARCH OF SOIL AND WATER CONSERVATION

第4卷第3期 Vol. 4 No. 3

1997 年 9 月 Sep., 1997

· 广东省水土保持专辑

3  
1997

ISSN 1005-3409

中国科学院 水土保持研究所 主办  
水利部

陕西科学技术出版社 出版



9 771005 340002



统,其物质能量的输入与输出之间的平衡,在一定时间内处于一个相对稳定的状态,并具有其相应的生态功能。有关研究表明,干旱荒漠区的草原生态系统,物质的合成和能量的积累(输入)往往低于其分解和消耗(输出)而处于负的平衡;温湿地带的森林生态系统,一般物质能量的合成积累(输入)大于其分解消耗(输出)而处于正的平衡。生态系统中生物社会的兴衰,及其功能的强弱往往决定于其物质能量的输入与输出间的平衡动向。温湿区森林生态系统中生物会得以共荣繁衍,并对不利生境因素有较强的抗御应变能力。

应当指出,生态系统中各种生命活动及其生态功能的强弱,很大程度上受到其输入和输出的性质和数量的限制,自然或人为、有意或无意对其输入或输出施加影响,都会导致其平衡动向的变移;一个生态系统的输出,可以成为另一个生态系统的输入,或转移到更大范围的生物地球化学循环中去,而对与之有关的其它生态系统产生影响。

既然水土资源都是生态系统重要的结构组成。一个结构完整,功能良好的生态系统,必然具有高度发育,保持完整而营养良好的土壤层。并备有足够供应的养分、水分条件。水土流失过程的存在和发展,则意味着水分营养供应趋于消减,土层日趋瘠薄而作为生态系统的基础受到动摇。这种趋势,必将导致生态系统物质能量的平衡转趋负向发展,即有的良好的生态功能渐趋消失,不良影响逐步滋生,就森林生态系统而言,当森林植被不断遭到破坏,即人为地过度增强物质能量输出的情况下,一方面由于林被树冠的大大消减,有机物质合成的能力和产出数量大大下降,赖之生存的昆虫野生动物随之而消减,土壤中有有机残物的补给及微生物无机化归还营养元素随之下降,生态系统中再生产的物质(水分营养)和能量(光能利用率)的输入也随之减少,另方面林被树冠的消减,对降雨的拦蓄、涵养能力大大削弱,地面径流冲刷导致土壤固相和可溶性养分的流失过程大大加强。这就加速了物质能量出超的负向平衡的发展。随之而出现的就是原有的森林生态系统具有的固碳制氧、保土涵水、调节气候、农田防护等优异功能(即作为其它生态系统有利输入的)输出趋于消失。强大径流随之发生,洪水泥沙为患随之出现,旱涝现象趋极分化等不良影响(即于其他生态系统有害输入的)输出日渐扩大。这些情况的发生,也就是通常所说的生态环境恶化,生态平衡失调。显然,处于势高坡陡的农田生态系统,如果缺乏必要的水土保持措施,水土流失的严重发展,同样会招致环境恶化,生态失衡,导致作物产量下降,土壤再生产能力衰退。下文水土流失历史现状的有关事实将进一步证明这一点。

## 2 水土流失的历史和现状

### 2.1 历史的回顾

水土流失,也就是地球陆面土壤或其母质在内外营力引起的侵蚀作用下,受降雨的击溅,分散和地面径流移运、堆积的过程。这是陆地上存在着高低差异而又有大气降水过程的情况下发生的自然现象。

远在人类以至生物在地球上出现之前,就已有过割裂的侵蚀流失过程,地史上的古代侵蚀并塑造了现有的基本地貌。随着生物的出现及它们分化繁衍,特别是各种高等植物和森林植被的形成,与其它生物类群组成各种自然生态体系(或系统),并随之而产生了水土流失具有不同程度的调节,控制功能,从而使侵蚀流失现象大为削减,一些地方甚至完全得到控制。

但是随着人类在地球上出现和他们的繁衍,特别是近世纪来人口的激增,除了部分森林土地资源开发利用比较科学合理的地区之外,大都为获取必要的生活资源和频繁的不合理社会经济活动(如掠夺式的滥垦滥伐,原始落后的农耕方式制度)在不同程度上破坏了陆地上各种

生态系统,使它们对水土流失的调节控制功能大为削弱,以致消失,使水土流失又日趋严重(图2—1)。

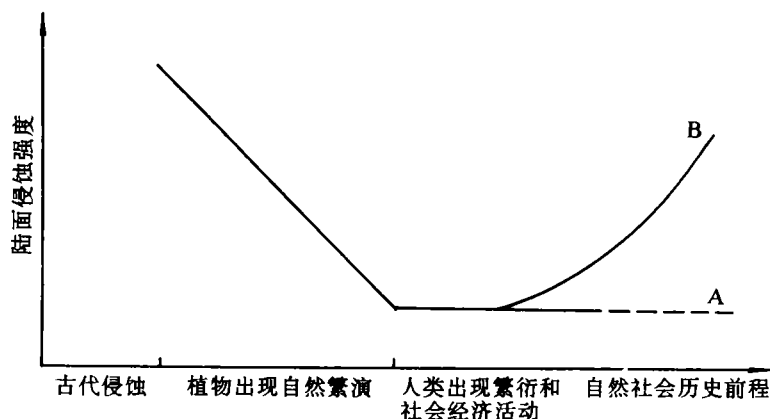


图2—1 陆面侵蚀流失的历史演变示意图

由于世界人口和相应粮食、能源的激增,导致大面积的毁林垦荒与采樵,不断加剧水土流失,使失去再生能力的土地面积日趋增大,80年代中曾有人统计,世界像黄河、长江、印度河、密西西比河、亚马逊河和尼罗河等10条最大河流,每年输运侵蚀流失的土壤表层肥土达75亿多t,相当于90多万hm<sup>2</sup>农田耕层全被冲失,有些地区每年流失养分比农耕施入的肥还要多。对于那些破坏大自然的往往会遭到报复,无论是发达国家还是发展中国家都是如此,美国在30年代盲目开垦中西部大平原,结果于1934年5月13日来自中西部大平原的黑风暴几次袭击美国,这是3.5亿t的肥沃表土组成的尘雾,使太阳5h没露面,这次黑风暴造成了3000亿美元的损失;苏联盲目开发干旱的哈萨克斯坦草原荒地引起沙暴,使开荒失败;4000年前巴比伦文化的毁灭是由于土壤侵蚀等生态灾难造成的,后来再也没有翻过身来;黄土高原古文明的衰退,也是由于人类的破坏而使地面支离破碎,沟壑纵横。水土流失问题,当今已和气候恶化、环境污染和生物资源消减一样,被视为全球性威胁人类继续生存的严峻问题之一,人民日报评论员大声疾呼,“水土保持是一件涉及国家安全,民族兴亡的大事,现在商品经济发展日益加快,人口和资源占有量之间的矛盾日益突出,各级领导必须高度重视水土流失问题,采取更多更好的办法加以治理”。并指出“严重的水土流失,水土资源的破坏,地力耗竭和生态恶化,已成为我国经济发展,尤其是山区和贫困地区经济发展的障碍和隐患,决不可掉以轻心”。

有关考证表明,本区乃岭南土著和中原南移先民首先聚居繁衍之地,有着较长的农耕历史和社会文化经济发展过程。据古籍记载本区曾是“山林翳密”,河道“两岸蓊蔚青葱”,参天树木如“云烟之骤起”之地,汉平南越时曾以“楼船十万师,沿浚水入北江直抵番禺(今广州)。”可以想见,当时到处草木繁茂,土不出山;河溪清流,水源充沛,舟楫交通便利的情景。自明清以来,山林逐步受到砍伐破坏,目前原生森林只有小面积仅存于人迹罕至的高山地区;浚江及连江上游河谷出现一些不毛的红砂荒漠,河道被泥沙淤积,滩多水浅,航运多受限制,这是人类经济活动破坏了生态平衡,加重了水土流失造成的结果,其中长期原始落后的农耕方式和不合理的林木资源开发利用,显然是其中一个重要原因。

虽然,新中国成立后,党和国家对水土保持和山林管理都十分重视,50年代本区(南雄)就已安置了专业人员和机构,从事水土保持试验示范和推广工作,并取得了一定的成效,但由于这方面涉及部门很多,在缺乏统一全面的法规,加之某些政策上的失误,致使本区水土流失尚

未得到完全控制,甚至有些地方仍相当严重。从总体来看尽管水土流失还不算严重,但在这片绿色海洋中,仍呈现着一些“红色沙漠”,已受到人们和有关部门领导的重视,为防患于未然,80年代中省人大已对此有提案作出决议,对现有的水土流失加以彻底的整治。

## 2.2 水土流失的现状

2.1.1 水土流失类型及其面积分布 土壤或其母质的流失,都是经受侵蚀的基础上发生的,而流失过程往往又会加重了侵蚀的程度。土壤学上所说的侵蚀,是指固结成整体的土壤或母质,在各种营力(如水力、重力等)的作用下而发生崩裂解体、分散以及移运等过程,它可以是单一或多种营力同时在作用,也可以是单一或多种过程同时在发生,侵蚀是流失的原因,流失是侵蚀的结果,难以绝然分开,但从环境生态学上考虑,以水土流失统称整个过程,对于水及土这些重要生态因子来评价生态环境的优劣,似乎意义更为深刻。以下按侵蚀流失的形态或机理,分类加以说明。

(1) 无明显侵蚀流失型。这是指天然植被或人工植被生长茂密,覆盖度在90%以上,并且乔灌草复式结构,地面受到良好的保护,土壤没有明显的侵蚀流失,年土壤流失量小于 $500\text{t}/\text{km}^2$ 的类型,一般剖面上部淋溶层(A层)保持比较完整,厚12~16cm甚至更厚一些,地表有枯枝落叶层覆盖,另外谷地周围低丘台地的平缓地段或工程修筑管理较好的农耕地和水田,它们可以分属各类基岩母质,及其上形成的各类土壤。

(2) 面蚀流失型。面状流失一般只限于发生在土壤表面,是片状或鳞片状侵蚀,没有明显的侵蚀沟。这一侵蚀发生在植被受到破坏,灌木、草丛间出现裸露地面,由于雨滴击溅或地表片状径流冲击,运移被分散了的土粒或土壤团聚体,形成了土壤鳞片状侵蚀;没有植被的地段或耕地,就形成了土壤片状侵蚀。因此按照植被覆盖情况或土壤剖面受蚀,发生层保留程度分为轻度面状流失(植被覆盖度50%~90%,A层尚存6~8cm);中度面状流失(植被覆盖度30%~50%,A层尚存2~5cm)和强度面状流失(植被覆盖<30%,B层保存1/2或全部冲失)。考虑到本区细沟侵蚀,其沟槽时隐时现的不连续性,以及细沟没有明显的沟槽,沟道两侧无明显的转折等特性,治理措施上也与治理面状流失相同,因此,将细沟侵蚀划归面状流失型。面状流失是本区广泛而普遍分布的侵蚀类型,面积 $777.27\text{km}^2$ ,占总土壤流失面积的67.1%,年平均流失量 $1\,200\sim 5\,000\text{t}/\text{km}^2$ ,主要分布于200~300m以上的高丘山地,原生植被经破坏,形成次生疏林灌草坡地段,常见的阴坡、半阴坡有马尾松(*Pinus massoniana*)——榿木(*Loropetalum chinense*)——芒箕(*Dieranopteris dichotoma*)群落,荷木(*Schima superba*)——岗松(*Baeckea frutescens*)——芒箕群落;阳坡、半阳坡则有马尾松—岗松—鹧鸪草(*Eriachne pallescens*)群落或马尾松加荷木——桃金娘(*Rhodomyrtus topetalum, chinense*)——鹧鸪草群落,以及工程不善管理不周的坡耕地上。

(3) 沟蚀流失型。这是面蚀严重发展,当降雨量和集流面积增大,地表薄层径流转变为股状径流时,径流冲力增强,被水带走的土壤已不限于分散的土块,径流集中流量和流速增大,冲刷力增强,水路上形成了沟槽,并不断加深加宽,出现疏密深浅不同的侵蚀沟,便形成沟状流失。按侵蚀沟发育的深度,进一步分浅沟侵蚀(沟深30~50cm)和切沟侵蚀(沟深>50cm)两种类型,并按侵蚀沟占地面积的量来划分侵蚀强度,沟状流失型面积 $343.67\text{km}^2$ ,占总土壤流失面积的29.7%,年平均侵蚀模数 $8\,500\sim 13\,300\text{t}/\text{km}^2$ 。它主要发生于面状流失严重,植被稀疏,相当一部分地区是光山秃岭,母质属花岗岩、砂页岩风化壳深厚松散的地方,南雄巾子岭周围一些地方可见。第四纪红土和紫色页岩风化壳上形成的沟状流失型,沟槽口宽底窄,沟坡长,坡

度陡,沟道两侧无明显转折,形似黄土高原瓦背式浅沟,但不及其规整,这种现代侵蚀地貌产沙量较大。

(4) 溶蚀流失型。这主要发生于石灰岩为主要基岩的岩溶山丘地区,是以石灰为胶结物的土体或母质,受含碳酸水流长期作用溶解失去胶结能力而分散流失的类型,通常只表面为面蚀,基岩裸露,石骨嶙峋,露岩间小块洼地残积有薄层土壤,俗称石坷垃土,是群众旱耕地,面积很小,群众形容一个草帽就盖上的地。溶蚀流失型在本流域内分布甚为普遍,但不是我们这次治理的重点,未作详细调查,简述于此。

(5) 崩岗流失型。主要发生在厚层花岗岩和松质砂岩风化壳上,从崩岗流失型的土壤侵蚀营力、发生发育规律来看,类似于广泛分布在韩江上游、东江和西江(德庆)流域等地的水蚀——重力型崩岗,只小面积发现于南雄盆地边沿丘陵区;北江上游崩岗流失主要为重力侵蚀型,发生于薄层或中层滑坡与滑塌,灌草植被茂密,并散生有稀疏的乔木,缺乏密度较大的中、成熟林乔木树种,表层土壤渗透性好,没有面蚀和沟蚀现象,这类崩岗英德县分布比较集中,而且大部分是茂密的灌木草地。土壤剖面发育良好,具有明显的A、B、C层,腐殖质层厚30cm(A+AB层达1m以上),有机质含量2.97%,团粒结构好,根系密集,土壤疏松,淀积层有明显的铁锰胶膜和粘粒淀积,土质粘,很紧实,孔隙少,透水性差,大强度降水形成的下渗水流,于淀积层上形成了临时潜水层,土壤含水量骤增,减小了内摩擦角,产生了滑坡面。库伦提出的关于土体抗剪强度最简单的解释为:

$$S = C + Q \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

式中:  $S$  ——抗剪强度( $\text{kg}/\text{cm}^2$ );  $C$  ——粘结力( $\text{kg}/\text{cm}^2$ );  $Q$  ——法向应力;  $\varphi$  ——内摩擦角( $^\circ$ )。

另外上层土壤毛细管孔隙尚未充分饱和的状态下,由于毛管水的引力作用,产生内聚力,使土壤处于稳定的平衡状态,当毛管水饱和后,不仅毛管水失去引力作用而失去了土体的内聚力,反而产生了孔隙水压,出现内外分力,降低了上层土体的稳定性;加上土壤上层吸水增重,增加了土体位能,重力下沉力相对增大,当滑动力矩超过抗滑力矩时,块体便向薄弱的临空面下滑。滑坡(或滑塌)发生后,滑坡(或滑塌)面往往成为陡壁,陡壁前缘失去负荷,谷坡侧压力不断递减,垂直向应力不断增大,当坡顶物质达到弹性变形的极限后,在临空面处随即产生与坡面平行的减压裂隙,降雨径流流入土壤含水饱和产生的孔隙水压,粘土矿物膨胀产生的外向应力,以及土体吸水增重的重力作用等等,均能增大土体的切应力,增加土壤含水量降低抗剪强度,使滑坡和滑塌不断进行。厚2m左右,几平方米到数十平方米的块体下滑,滑坡面上溯常常到达分水岭,当地群众称之为“蛇退皮”,低山丘陵一面坡常被蚀殆尽。滑坡形成后滑坡体滚翻坡麓或暂时留在滑坡面下,或下滑至半坡(称塌站),滑坡(滑塌)堆积锥疏松,细沟、浅沟密布还有少量切沟,堆积锥被径流割切移运,使滑坡(滑塌)面的陡壁下部不仅失去支撑,而且不断加高陡壁,为下一次产生更深的张裂隙创造了条件,土壤重力侵蚀转变为滑塌(崩塌)为主,崩岗迅速形成和扩展。对于土体崩塌(滑塌)的机理,许多学者从土力学角度出发进行了大量的研究,从而得到了谷坡张裂隙的临界深度  $Z_c$  和激发谷坡块体运动的沟谷临界下切深度  $H_c$  之间的关系。

$$Z_c = \frac{2c}{\gamma} \operatorname{tg}(45^\circ + \frac{\varphi}{2})$$

$$H_c = 2Z_c$$

式中:  $C$ ——土的粘滞力;  $\varphi$ ——土的内摩擦角;  $\gamma$ ——土的容重; 研究谷坡临界下切深度和临界张裂隙深度的变化关系, 对谷坡、岸坡稳定性的预报具有重要意义。

本区崩岗多呈弧形(或弯月形), 口宽, 破坏性大, 产沙量多, 亟待治理。

我们在阳山县所见到的二个崩岗, 是发生在古侵蚀洼地上, 由于森林被破坏, 径流汇集古代冲沟复活下切形成的, 沟宽、深超过 10m, 沟头楔形, 沟底上部呈 V 字形, 下部较宽呈 U 字形, 沟道两侧沟岸时有崩塌发生。由于沟壁基部受到冲刷, 沟蚀, 以及沟壁出现的减压裂隙, 坡上径流沿垂直裂隙下渗, 使向上支持力和向下牵引力大为减弱, 而失去重力平衡, 在重力作用下发生侧向崩塌, 崩体因重力碰击而碎裂和松散, 加速了径流的移运流失。目前这二个崩岗沟头上溯只及沟掌(集水盆), 尚未发展到坡面上, 应及时加以治理。

北江上游崩岗流失型面积 37.2 km<sup>2</sup>, 占总土壤流失面积 3.2%, 年侵蚀模数 15 000~30 000 t/km<sup>2</sup>, 必须指出北江上游花岗岩分布广泛, 具有类似上述滑坡(滑塌)重力型崩岗流失, 发生的自然条件者甚多, 未发生崩岗的原因, 主要是过去生长着比较茂密的森林, 而近代植被破坏的时间也不算过长。根据日本学者研究, 乔木砍伐 8~10 年, 树根逐步腐烂之后将失去对土壤的固结能力而发生滑坡和滑塌。北江上游发生严重的崩岗流失, 也就是在 1982 年和 1983 年大暴雨之后, 这和本区以至全省 1976~1978 年出现的最后一次森林大砍伐, 森林遭受毁灭性劫难的时间相符。问题在于它具有很大的隐蔽性, 这类崩岗并不发生在植被稀疏或光板地上, 而在乔木森林砍伐后, 茂密的草灌植被群丛下, 还散生有马尾松树, 只有在这种植被条件下土壤渗透能力强, 蓄水量大, 而又缺乏一定密度的、成熟深根性树种的根系机械固结, 才会形成如此频繁的滑坡(滑塌)现象。因此北江上游广大的花岗岩地区, 由于森林消失, 潜伏着严重的重力侵蚀型崩岗流失危害, 令人十分担忧, 必须及早加以预防。

### 2.2.2 侵蚀流失强度的变化和估算

(1) 侵蚀强度的时间变化。关于确定侵蚀强度的方法, 一般采用水文学方法测定断面控制面积内的侵蚀量, 但是这种方法往往只能测量到通过断面的悬移质部分, 而通过断面的推移质泥沙漏测了。因此目前水文站所能测量到的泥沙, 只能代表流域内侵蚀量的一部分, 仅仅是一个相对侵蚀量的概念, 而不是全部。关于侵蚀强度的时间变化, 我们引用了水土流失比较严重、重点治理的浈水和连江水文站资料, 来分析这二江流域侵蚀强度的年际和年内变化, 浈江水古录水文站(图 2—2), 最大年输沙量 97.9 万 t(1973 年), 最小年输沙量只有 26.1 万 t(1971 年), 大小相差 3.5 倍; 连江交道水文站最大年输沙量 338 万 t(1982 年), 最小仅有 102 万 t(1985 年), 大小相差 3.3 倍, 与浈江非常接近, 与黄土高原相差 8 倍以上相比, 显然比较平稳, 这与本区森林覆盖率比较高有关。

本区输沙量的季节变化比较大, 我们以小古录 1984 年至 1989 年的资料进行分析, 浈江年内 4~6 三个月的输沙量之和最高, 有些年却出现在 3~5 月份, 一般占年输沙量的 70% 以上, 最大的达 92.8%(1989 年), 只有一年输沙量比较均匀, 3~5 月份输沙量只占全年的 48%(1986 年)。输沙量的大小决定于径流量和含沙量, 一般输沙量的高峰期出现在汛期的 6 月份或者 5 月份(图 2—3); 但是由于高含沙量一般出现在汛期最大的高洪峰之前, 特别是首先发洪期, 所以有些年份输沙量的高峰期也出现在径流最高洪峰之前(3 月份或 4 月份), 在统计年份中可以占 1/3。这是因为岩体经过冬春季节的风化, 残积物大量积累, 地表干燥, 表土松散, 易于冲刷, 所以这些残积物在首次发洪时便被冲刷下来, 虽然不是最大的洪峰, 因径流中含砂量最高, 形成含沙量的高峰, 水红浑浊。除浈江上游南雄一带水土流失严重, 洪水期水呈红黄色

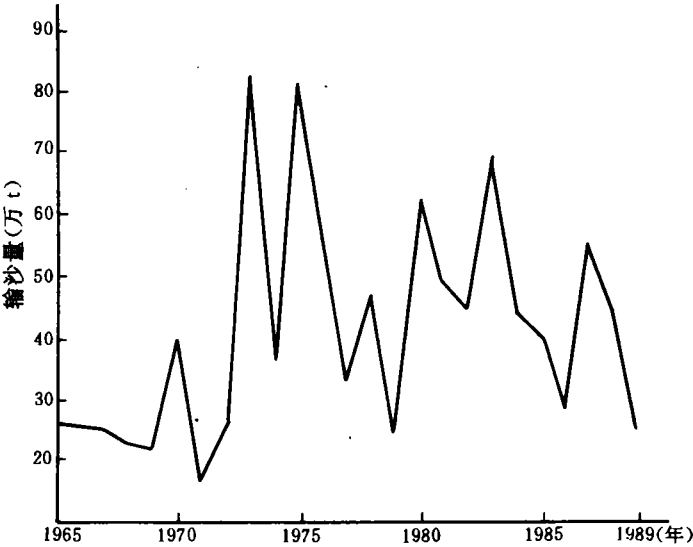


图 2—2 湟水小古录水文站年平均输沙变化

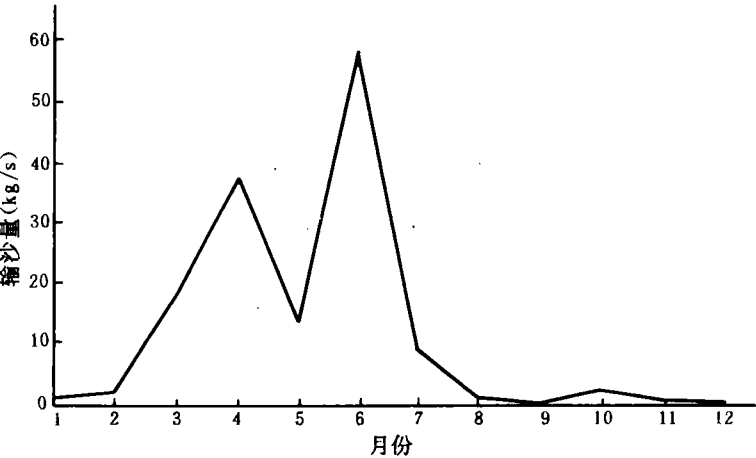


图 2—3 湟水小古录水文站 1986 年输沙量变化

外，一般水土流失较弱河中含沙量少，年最小含沙量多在汛后枯水期，常近于零，故河水清澈。

(2) 侵蚀强度的空间变化。北江上游各地的土壤侵蚀强度不是均等的，从下文表 2 可以看出，北江上游各地的侵蚀强度差别较大，北江上游的泥沙主要来自北江上游的东北和西南两地，也就是东北的南雄盆地和西南的星子盆地、英德县的南部，前者为紫色砂页岩分布地区，后者为紫色砂页岩和花岗岩风化壳。处于南雄盆地的湟江中上游年输沙量 47.5 万 t，处于星子盆地和英德南部的连江输沙量达 148 万 t，二者输沙量接近北江上游输沙总量的一半，而集流面积只占 1/3 强。从侵蚀模数来着湟江年侵蚀模数 252t/km<sup>2</sup>，连江仅次于湟江为 164t/km<sup>2</sup>，均超过北江及其它支流，是北江上游的主要产沙区，当地干部反映“湟江流入北江的水是红的”，和北江水相比泾渭分明。因此北江上游水土保持议案，重点治理湟江流域的南雄、始兴和连江流域的连县、阳山、英德是完全正确的，可以达到事半功倍的效果。

(3) 水土流失区泥沙移运量的测算。据南雄县对侵蚀地区垦殖不同作物、年限的 9 个样地的调查，与邻近未垦地对比观测计算结果(表 2—1)，因母岩耕殖方式等不同，每年被蚀流失

土层厚度一般(6处)2.8~7.0mm之间,严重的(3处)达11~14mm,以此推算泥沙离开原位的移运强度,分别相当于3600~9100t/km<sup>2</sup>和14300~18200t/km<sup>2</sup>。而据太和水保站红砂岭治理区径流场观测结果推算值为初步治理区和未治理区分别在2900~7600t/km<sup>2</sup>和22000t/km<sup>2</sup>,近似于上述结果。

表2—1 南雄县山林垦殖坡耕地土层流失调查结果

调查地点	面积 (m <sup>2</sup> )	年限 (a)	流失层厚 (cm)	对比层厚 (cm)	年流失厚 (mm)	注
邓坊竹山下元里	20	10	22.6	26	3.4	坡植柑桔
大铲上孔村门口岭	2000	5	16.4	23	13.4	顺坡植花生
珠玑垸元里	10	8	13	17	5.0	顺坡植花生
黎田荆大岭背	35	15	20	25	3.3	梯田耕作
黄坑秀坑山下冷水井	15	20	15	24	4.5	梯田耕作
古市桥山	60	10	14	28	14.0	顺坡垦种
新龙杨梅坑大岭钉	15.5	3	25	28.5	11.67	不合理垦种
界址麦株山	9	3	23	25.1	7.0	不合理垦种
乌迳下弯岭	150	32	26	35	2.8	垦耕黄烟及花生

表2—2 南雄县山坑水库淤积情况调查表

库坑名称	集雨面积 (km <sup>2</sup> )	库容 (万 m <sup>3</sup> )	淤积容量 (万 m <sup>3</sup> )	占库容 (%)	年限 (a)	年侵蚀模数 (t/km <sup>2</sup> )	备注
虎头山水库	0.63	5.8	0.62	11	20	714.3	周围多坡耕地
乌坭水库	3.2	170	20.29	11.9	27.5	560	周围紫色砂页岩丘陵, 植被覆盖40%
珠玑年丰坑水库	0.6	1.5	0.56	37.3	25	3003	植被覆盖30%的紫色砂页岩及红壤区
棉被角山坑	0.35	11	0.766	7.0	24	1368	植被覆盖<30%
里元山坑	0.05	1.3	0.161	12.4	12	402.5	覆盖达70%~90%
寨背水库	3.32	71.1	1.48	2.1	12	557	覆盖较好的山村地
围背水库	2.2	714.4	2.95	0.4	8	2514	植被覆盖差;
园山水库	0.84	36.4	0.64	1.8	17	672	红沙岭区
竹篙坑水库	1.6	125.9	0.56	0.44	20	262.5	林草70%左右
倚逢山坑	0.3	10	0.21	2.1	23	457	红壤、紫色土覆盖30%

但据南雄境内10处坑坝、水库和若干浚江支流河道泥沙淤积量计得的侵蚀模数一般多在(9处)300~700t,严重的(4处)在1400~3000t/km<sup>2</sup>之间。只分别相当于单位面积上蚀去土层0.22~0.53mm和1.07~2.5mm之间(表2—2),显然,这是因为它们的计算面积包括了全流域内侵蚀与非侵蚀土壤。按南雄县侵蚀土壤只占总面积31.4%,加以粗略折算,则其中侵蚀土壤泥移运量,一般在955~2200t/km<sup>2</sup>,严重的则在4500~9600t/km<sup>2</sup>,相当蚀去土层厚分别为0.73~1.7mm和3.7~7.4mm。较前述测算结果略有偏低,但相差并不很大。

有关调查研究曾估计,本区一般花岗岩、砂岩形成遭受面蚀流失土壤的侵蚀量在1000~5000t/km<sup>2</sup>之间,而紫色砂页岩遭受重沟蚀的风化壳可达15000~30000t/km<sup>2</sup>,它们分别相当于每年蚀去土层厚度0.8~3.8mm和11.5mm和23mm,上述测算结果大体上都没有超出这个范围。

如果以表2—3中各观测区控制面积为权值,对它们的侵蚀模数作出加权平均,可以粗略计算出北江上游地区平均年移运模数,其结果是635.32t/km<sup>2</sup>,相当于年蚀去表层0.5mm。按

纯水土流失面积计,移运模数  $1.6 \text{ 万 t/km}^2$ ,相当于年蚀去表层  $12 \text{ mm}$ 。

(4) 河道泥沙输运与土壤侵蚀。北江上游是我省主要的林业基地、森林覆盖面积大,土壤流失区块状分布在人口密度较大的盆地及其边沿低山丘陵,土壤流失面积只占总土地面积  $3.6\%$ ,水土流失相对比较轻,同时土壤流失区大部分是紫色页岩、花岗岩、松质粗砂岩。前者以物理风化为主,母岩碎屑粗,泥粒和粘粒比较少;后者石英砂粒多,风化物粗,这些侵蚀物质在径流挟带过程中,流水的分选作用,大部分沉积在山麓,沟口和末级支流河道,悬移质比较少。表 2—3 是本区各河道中含沙及输沙量计得的侵蚀模数及其校算值,从含沙量看都在  $0.134 \sim 0.331 \text{ kg/m}^3$  之间,最大的浈江  $0.331 \text{ kg/m}^3$ ,比韩江上游  $0.88 \text{ kg/m}^3$  小得多;侵蚀模数最大也是浈江流域  $252 \text{ t/km}^2$ ,其它都在  $129 \sim 252 \text{ t/km}^2$  之间,也比韩江流域各支流  $237 \sim 520 \text{ t/km}^2$  明显较小。

表 2—3 北江中上游各河道含沙、输沙量与侵蚀模数

河道	站名	年均含沙量 ( $\text{kg/m}^3$ )	年输沙量 ( $10^4 \text{ t}$ )	侵蚀模数 ( $\text{t/km}^2$ )	
				实测值	校算值*
浈水	小古录	0.331	47.5	252	1145.5
武水	黎市	0.162	95.7	137	622.7
潯江	黄岗	0.134	68.0	143	650.0
连江	高道	0.156	148.0	164	745.5
北江	马径寨	0.146	224.0	129	586.4
北江	横石	0.138	470.0	138	627.3

\*:按输移比 0.22 校算。

从这些数据的比较中得知本区侵蚀程度严重的是浈江流域的南雄盆地,其次是连江流域的一些地方,其它支流区域都明显较轻。总的来看不及韩江上游地区严重。

应该指出上述数据并不真实代表各地土壤侵蚀流失情况,这是因为河道水流中携带的泥沙只是被侵蚀土壤中颗粒比较细小的部分,较粗大的颗粒在径流移运的前段,早已停积沉淀的缘故。

为了从河道水文观测计得的侵蚀模数推算该区土壤实际侵蚀量,通常引用输移比作为核算依据。输移比与侵蚀区土壤颗粒组成有关,北方颗粒较细而均一的黄土性母质区,输移比近淤 1,而南方母质中粗颗粒较多,常在  $0.5 \sim 0.25$  间,而且还与流经距离、支流级别有关。韩江流域计得一级支流 0.37,二级支流则为 0.15。

我们以浈江下游小古录水文站测得的泥沙输运强度  $252 \text{ t/km}^2$ ,与其上游南雄县的 10 个山塘水库测得值中,除去一个最高值 ( $3003 \text{ t/km}^2$ ) 和一个最低值 ( $262.5 \text{ t/km}^2$ ) 以外的 8 个加权平均的泥沙移运强度值  $1481.75 \text{ t/km}^2$ ,计得的输移比为 0.22。我们认为本区输移比 0.22 是合理的,北江上游主要产沙区是浈江和连江中上游紫色页岩分布区,紫色页岩风化快,流失也快,风化物大多为  $3 \sim 5 \text{ mm}$ ,几乎来不及进一步物理风化成细粒就被冲失,更加不要说进行化学风化,使原生矿物分解和形成次生粘土矿物,土壤化学风化仍处于脱  $\text{Ca}^{++}$  阶段,风化物绝大部分是碎块状岩屑,也是土壤流失物质的主体,推移物质为主,悬移质极少,南雄县太和水土保持站径流场测定证明了这点,悬移质只占  $5\%$ ,因此北江上游输移比小于韩江上游。现以输移比 0.22 核算出的各支流流域土壤侵蚀模数一并列于表 2—3。

(5) 侵蚀导致土壤及其养分的流失量。如果以表 2—3 中横江站测得的年输沙量,计得的侵蚀模数和以输移比 0.22 校算得到的侵蚀模数,分别代表本区因侵蚀流失而向区外输运泥沙的强度和区内泥沙离开原位移运的强度,全区总面积按  $3.06 \text{ 万 km}^2$  (包括小部分外省流域面



积)计算,则本区每年向区外输出的泥沙达 422.3 万 t,相当于 0.14 万  $\text{hm}^2$  的土地资源(表层 20cm 肥土)被侵蚀流失;因受蚀而离开原位移运的泥沙总量达到 1919.5 万 t,相当于 0.64 万  $\text{hm}^2$  土地资源(表层 20cm)受到破坏。这种趋势如不加控制和改造,本区土壤资源将日趋枯竭。

与固相泥沙流失移运的同时,土壤中所含的营养成分也随之而散失,按不同侵蚀类型的面积,蚀去土层平均厚度和平均养分含量(对照未蚀土壤),分别计算了几种养分流失移失总量如表 2—4,它表明全区已被转移流失的土壤有机质达 1 881.2 万 t、纯氮达 85.6 万 t,磷素( $\text{P}_2\text{O}_5$ )达 39.6 万 t,和钾素( $\text{K}_2\text{O}$ )达 925.8 万 t,其量之大是惊人的,它是本区土壤肥力一般不高的最主要原因。

表 2—4 各类被蚀土壤养分流失量统计

养分种类	有机质 ( $10^4\text{t}$ )	全 N ( $10^4\text{t}$ )	全 P( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) ( $10^4\text{t}$ )	全 K( $\text{K}_2\text{O}$ ) ( $10^4\text{t}$ )
面状流失	936.19	41.10	14.19	511.03
沟状流失	52.10	1.98	3.43	68.24
崩岗流失	69.71	29.2	1.03	34.34
溶蚀流失	823.28	39.61	20.65	312.20
总计	1881.28	85.61	39.30	925.81

若按上述测得的泥沙输运模数和计算的泥沙移运模数未计,未加整治的情况下,每年尚有 1.74 万 t 的钾素被移运离开原来表土或耕层,其中 0.38 万 t 有机质,0.17 万 t 的氮素、0.078 万 t 的磷素和 0.42 万 t 的钾素被输出区外。即使建立起规模相当的化肥厂生产提供相应的营养成分,也难于恢复原有的肥力水平。

### 2.3 水土流失的生态和社会经济效益

一定的环境条件下形成的生态系统,具有一定的生态结构和生态功能,这种功能,一方面是维持生物社会的延续繁衍,另一方面是适应和抗击不利的环境因素。总的反映在系统内物质能量的输入和输出之间维持一个相对稳定的平衡状态。它对自然或人为施于其输入或输出的影响导致平衡的某些变异(正或负),具有自身的调节作用,这种作用,来自生物社会自身能动的适应或改造活动。一定程度的水土流失,绿色植物可以通过枝叶、根系性状功能不同的种属竞争繁殖以利蓄水保土,以维持原有的生态平衡。这种自身调节的功能,大致相当于土壤侵蚀研究中的容许侵蚀量。但是,这一调节作用或容许侵蚀量是有一定限度的,超过这一限度,较强烈的水土流失,生物生长繁衍必然水分供应短缺,作为生态系统构成基础的土壤遭到冲刷破坏,地力营养下降,生物社会生产合成积累的物质能量(输入)远不能达到满足其自身(包括人类)消耗和自然流失总的输出。严重出超的负平衡,也就无法通过生态系统自身的调节得到恢复,以致造成生态失调。

我们述及的水土流失,指的都是超出容许侵蚀量的,难以通过现存生态系统自身调节来恢复生态平衡的各种侵蚀类型。它们虽然在总面积中所占比例还不算太大,但某些地段、区域范围内已呈现出生态平衡遭到破坏,生态明显失调的征状或趋势。相应地有关经济资源、社会生产设施的效益明显降低。现分述如下:

2.3.1 恶化气候环境 南雄盆地淡水流域,是本区水土流失比较严重的地区。这里历史上农耕发展较早,山林破坏比较严重,由于毁林垦耕加速了水土流失。严重的水土流失又限制森林植被恢复的恶性循环,以致水资源得不得涵养,造成该区产水量和水资源的贮量都相对较

缺(表1—1);蒸发量逐年增大,气候趋于干旱化(表2—5),从表2—5的数据可以看出,在降雨量没有明显变化趋势的情况下,蒸发量逐年增大,这意味着干旱指数越来越大,气候趋于干旱。

表2—5 南雄县不同年期蒸发量与降雨量的对比

年期	1952~1959 (1)	1960~1969 (2)	1970~1979 (3)	(2):(1)	(3):(2)	(3):(1)
年均蒸发量 (mm) A	1533.62	1620.70	1789.79	+87.11	+169.06	+256.17
年均降雨量 (mm) B	1585.0	1441.43	1592.40	-143.57	+150.97	+7.4
(A):(B)	-51.38	+179.30	+197.39			

盆地中的紫色砂页岩残丘上,土层瘠薄或已全被冲刷流失,残积着一些风化半风化体碎屑,保水能力极差,植物难于着生。由于地面没有植被覆盖,缺乏对气温土温的缓冲调节功能,夏天午间太阳直射迅速升温最高可达72℃,而入夜迅速回降温差可达30~40℃,有如内陆的沙漠地带。在华南地区出现这种气候条件实属失常。

由于森林植被消减,地面覆盖率降低,大气降水得不到有效的拦蓄涵养,大多通过地面直接蒸发或地面径流流失。土壤蓄水量和植物生产可用水量都相应减少而呈现干旱。山塘水库集水量也常因干旱而达不到原来设计的蓄水库容量,南雄全县1亿m<sup>3</sup>蓄水库容,引水流量由11.6m<sup>3</sup>/s,减少到8.6m<sup>3</sup>/s。由于水量不足,许多受旱农地得不得灌溉。

没有足够的森林植被拦蓄径流涵养水源入渗地下,地下水量减少,地下水资源也变得贫乏,南雄邓坊乡赤石大队祠堂边有一水井底径1.3m,水深8m,历来供全村400多口人食用。自1958年来附近6.7hm<sup>2</sup>的山林被毁,水源渐趋枯竭,现夏季水深只有0.3~0.4m,冬天干涸,再无法供应当地人畜生活用水。

**2.3.2 生物社会衰落** 连县星子盆地以及南雄盆地中一些紫色砂页岩残丘,曾因林木植被遭到破坏,导致并加重了水土流失,严重的冲刷流失,仅存瘠薄土层,进一步限制了植被的生长繁殖,逐步形成了基岩、风化壳裸露的荒山秃岭。由于这些基岩、风化壳对水热作用的应变能力极差,强烈的物理风化产生的碎散风化物堆积其上或向周围冲泻,其中一些细粒、胶结物质均被雨水冲洗而流失,地表为大片厚薄不均的毫无结构极其松散的粗粒风化碎屑所覆盖。这种风化物保水蓄水能力极低,下部基岩透水性也极差。如上所述,这些地域内气候条件恶劣,植物难以着生。整治前只有稀疏的耐旱植物散布,或在沟底或坡脚低谷水分稍好处能长出一些植物。

由于稀落的小量植物所能合成积累的能源物质有限,它不仅无法提供人们刈伐或放牧,即使过去经常出没的野生动物、昆虫以至土壤中微生物生长活动所需要的能源营养物质也难以维持。过去常见的野兔野鼠飞鸟以致较大的昆虫都几乎绝迹,呈现出一片极其荒凉,毫无生气的荒漠景象。

**2.3.3 林木植被退化、林业资源消减** 常绿阔叶林是本区代表性的自然林被,过去历史上曾广泛分布,由于人为的过度采伐,现只小面积留存于人迹罕至的高山地区或自然保护区内。

当气候由于自然或人为影响变得相对干燥或水分条件变得越来越差时,常绿阔叶林会依次向常绿阔叶落叶阔叶混交、阔叶针叶混交林、纯针叶(松)林、稀疏灌丛或灌丛草坡演替。这种演替,常与山林过度砍伐,废林开山种杉或其它树木栽植,加剧了水土流失,降低了水源涵养和水分供应能力相联系。它普遍发生于南雄星子盆地周围或其它滥伐豪垦地区。

随着上述演替过程的发生发展,原有生物量和光能利用水平都较高、物质合成和能量累积量都较大、涵养水源和养护地力作用较强及有较强固碳制氧、调节气候、保护农田等功能也相继逐步减退以至消失。

由于上述原因,森林总的生物量随之下降不仅林木产出量下降,依赖森林为生的野生动物,珍稀植物药材等的存活量也随之而消减。本区 1972~1984 年活立木积蓄量由 4 901.5 万  $\text{m}^3$  降至 4 829.1 万  $\text{m}^3$ , 平均每年减少 8.5 万  $\text{m}^3$ , 年递减率为 1.5%。这种变化,不一定是由于上述林被更替所造成的结果,但至少它反映了这段时期内人们对山林经营管理不善。林木资源的采伐量超过它们的实际增长量,造成整个森林生态系统中物质能量的输出大于输入,至使平衡超于负向发展。这种趋势的继续发展,前述森林生态系统多种优越功能,影响良好的输出以及可伐采的林木及其他森林资源也就随之而消减。

2.3.4 土地再生产能力衰退 水土流失的发生,首当其冲的是土壤或耕层。土壤的表层,是地面上物理化学和生物风化过程长期反复相互作用而形成,或长期耕种熟化培育出来的性状良好、肥力较高的土层。在自然生态条件下,每形成 1cm 这种土层,需数十年以至百年之久,可说是极其难得的财富。由于它比较松透,在强大的降雨和径流冲刷下,易受冲刷侵蚀而流失。本区水土流失比较严重的地区,这种土壤表层被冲刷流失的厚度每年竟达 0.3~1.4cm(表 2—1)。

各级河道中流水携带的泥沙,一般大都是上游地区土壤表层冲刷悬浮移运而来。根据淡水连江两流域每年输运的泥沙量,并按可耕土层 20cm 推算,每年受冲刷损毁的土地达 0.39 万  $\text{hm}^2$ ,若按紫色砂页岩区土壤表层 <10cm 计,被冲毁的土地面积将较上述数值为大(大 2~3 倍)。与土层固相泥沙冲走的同时,土壤中的营养元素也被带走。前面根据被冲走土层厚度及其养分含量,对土壤有机质和 N、P、K 营养元素流失量的估算得出的庞大数字,足以说明本区土壤肥力资源,由于水土流失已经遭受巨大损失,而且这种损失某种程度上还在延续。肥力较高的表层和其中的营养成分被冲刷流失,土壤肥力、土地的再生产能力也就相应下降。

上述土壤表层及其营养成分受到冲刷流失,是易于直觉体验到的,但是土壤中粒径很小(<0.01mm)的粘粒的流失带来的危害,往往尚未为人们普遍了解。粘粒的聚集和分散过程常呈胶态,故也称之为土壤胶体。它即是土壤中营养元素被吸附、保持、并与植物根系或其它生物细胞进行交换的基础物质,也是土壤中其它较大颗粒赖以胶结形成大小不同、形状各异的各种结构体、团聚体的重要物质。由于它们的这种作用,给土壤造就了对水、肥、气、热具有较大的缓冲调节性能,较良好的水分、温度和营养环境,让植(作)物根系及其它土壤生物很好生长发育,既固定着植物的地上部分,又固结着根系所及的地下土层。

土壤遭到径流侵蚀时,较大的块体、结构先行崩解,随着各种大小不同颗粒被分散。它们中最容易悬浮并随径流移运,且最难沉降淀积的就是胶体粘粒部分。经常受到强烈侵蚀冲刷的地方,大颗粒物质难于推移,大量积存而富集,易于悬移的胶体粘粒及其它细颗粒逐步被流走,使土地趋于沙化。在花岗岩分布区常富集着大量浅色的石英沙而出现“白沙岭”,紫色砂页岩分布区常富集着大量紫红色岩屑颗粒而出现“红砂岭”。由于粗颗粒过多,细颗粒少,胶体粘粒更是

贫乏,上述由于粘粒存在而形成的肥力功能不复存在,土壤趋贫瘠,土地再生能力也就衰退以至丧失。

2.3.5 淤塞河道,危害下游农田 上游山地丘陵流失带来大量泥沙,随径流带入下游河道,不仅增大河水含沙量和输沙量,而且沿河淤积,提高河床,降低泻洪和航运交通能力。北江上游浈水小古录站测得50、60年代年平均输沙量38.66万t,80年代初年均输沙量为64.36万t,增加了67%。英德县幸福河,由于崩山塌岸,造成河道日淤,河床日宽,由原来3~6m增宽至60~70m,最宽达100m,主流左右游荡,冲毁沿岸良田达6.7hm<sup>2</sup>;南雄县浈水江口一段,自1937~1980年河床淤高5.5m,其中解放后至1980年淤高4.1m,平均每年淤高12.8cm,浈水全长123km,30多年平均淤高2.2m。

河床淤高,严重影响航运交通,建国初期,北江通航全程828.6km,现仅有364km,缩减了50%以上。其上游浈水,解放前轮船上可达南雄乌径,下可达韶关市,现浅滩多达55处,长共计39.3km,只能丰水季节航行10~15t的浅水航船,枯水期水深只有0.2~0.4m,只容木竹排间歇移行,基本上失去航运价值;北江也因河床淤沙升高,1986年9月遇旱水浅,下游航运受阻,600多艘机轮,2万多t货物被滞留;连县星子河解放前,连州镇——星子圩间木船可以通航,后因泥沙淤塞,河床淤高1m多、现早已断航。

侵蚀流失区各地的农田,常受暴雨洪水夹带的泥沙侵袭,填塞渠沟,铺盖农田,使生产上遭到困难,经济上蒙受损失。南雄县土壤普查表明,全县每年有33.8万m<sup>3</sup>泥沙冲入农田,近1.3万hm<sup>2</sup>农田受害,每年被冲毁的农田60多hm<sup>2</sup>,泥沙压盖的400hm<sup>2</sup>,受黄泥水淹渍的0.12万hm<sup>2</sup>;英德县明径河,河床淤沙升高,现已与田面持平,一遭洪水,泥沙泛滥,覆盖两岸农田;小北江、明径河沿岸一带1982年特大洪水期间,受洪水泥沙冲、盖、淹等为害的农田多达0.7万hm<sup>2</sup>,其中表土被冲走的近666hm<sup>2</sup>,被泥沙、沙石覆盖的近1.3万hm<sup>2</sup>,覆盖层的厚度,在水边河沿岸大洞、沙坎和水道等暴雨中心区内一般50~60cm,最厚的达100多cm,薄者也有10多cm,其它地区则在10~15cm之间。

水土流失的危害,除了上述上游地区农田被冲毁或泥沙掩盖外,下游也会因河床淤高,河水从河床不断向两岸低地补给,使之保持较高地下水位而形成水涝地。北江上游地区,尚待治理的易涝地计1.9万hm<sup>2</sup>;洪泛地5万hm<sup>2</sup>(其中受山洪冲刷威胁的3.4万hm<sup>2</sup>)。

2.3.6 降低水利设施的效益 水土流失严重地区,旨在集水、灌溉、防洪、发电等的塘、坝、水库,往往成了侵蚀流失带来泥沙移积的场所。北江上游每年移入塘、堰、库、渠的泥沙达607万t,受害的塘库3945个,被淤的渠道长达6330km,因之而缩减的灌溉面积达2.4万hm<sup>2</sup>。据南雄县查测,所有水库塘堰都有不同程度淤积,全县每年移入库塘的泥沙计达41.62万t,淤积严重的中型和小(一)型水库8个,小(二)型水库263个。严重的10~20年可淤塞库容的1/5~1/3,大大降低了蓄水防洪灌溉的效益。

始兴县光背水库,坝高22.5m,正常库容960万m<sup>3</sup>,30年间泥沙淤高5m,减少库容60万m<sup>3</sup>;南雄县乌坭水库,坝高17m,蓄水量179万m<sup>3</sup>,23年淤积泥沙6.5万t,淤高3m多;横江水库设计灌溉面积0.147万hm<sup>2</sup>,输水渠道流经水土流失严重区,每年淤积泥沙达5.9万m<sup>3</sup>,清淤劳力年达3.9万工日,由于经常淤塞,效率下降,现实际灌溉面积只有0.093万hm<sup>2</sup>,为设计面积的64%;连县星子区老膀塘村,原有山塘10处,面积2.1hm<sup>2</sup>,库容27万m<sup>3</sup>,现已全部为泥沙淤满,失去集水作用;阳山县四项万亩引水工程,原灌溉面积计0.34万hm<sup>2</sup>,因泥沙淤塞,现仅灌溉0.247万hm<sup>2</sup>,占原有的73%。

有关水利设施未能收到预计的效益,或完全丧失预期的效能,都是由于集流区域范围内水土流失未能得到有效整治所造成的。

### 3 水土流失诱因的分析

土壤侵蚀流失状况,往往决定于地面径流的强度,而径流强度却受地面状况、降雨分布和土壤上层的覆盖情况,及土层内部水分物理化学性质所制约,后者又常为基岩母质的风化程度、土壤发育,团粒及植被生长和土地经营利用方式所决定。因而自然地理条件和社会经济活动状况对水土流失的发生及强度都有密切的关系。

#### 3.1 自然地理条件

本区的降雨,径流与地形地貌概况已作过简单的介绍,并指出其对水土流失存在的威胁,现再作进一步的分析论述。

3.1.1 降雨 降雨超渗径流是形成土壤侵蚀的主要动力,径流冲刷能力决定于径流量和流速与降雨量和降雨强度直接相关,北江上游年降雨量 1 300~2 400mm 之间,英德南部是集中降雨区,年雨量大,暴雨多,降雨强度大是造成土壤强烈侵蚀和触发崩山严重的诱因,英德县年雨日 167 天,年雨量却最多,高达 1 880mm,而雨日最多的连山县 192 天,雨量比较少,只有 1 699mm,因此暴雨是形成强度侵蚀的主要原因。1982 年和 1983 年暴雨造成英德大洞乡无山不崩的现象,就是大强度暴雨引起的结果,本区降雨强度一般为 8.5~11.3mm/日,年雨量多于 1 800mm 的南部,降水强度超过 10mm/日,暴雨多出现在春夏之交的 5~6 月份,一日最大降雨量都超过 100mm,1h 最大降雨量都在 40mm 以上,10min 最大降雨量在 25mm 以上。根据广东省水文总站以全省 187 个站点 1964~1980 年统计短历时暴雨资料,整理得不同历时雨量如表 3-1。

表 3-1 广东省短历时暴雨

历时	雨量(mm)		离势系数 $C_v$		10 年一遇
	均值	级差	均值	级差	雨强(mm)
10min	20~25	5	0.3~0.35	0.05	51.8
30min	36.5				84.08
60min	40~75	35	0.3~0.4	0.1	132.5

注:(1)10 年一遇雨强按资料计得即按  $C_v = 3C_u + C_u$  和  $C_u = 2C_v$  查雷布京频率并按  $X_{p10} = K_p \times \bar{x}$  求得;(2)30min 雨强用内插法求得。

10 年一遇雨强情况下雨滴直径表达式

$$d_{50} = 1.20I_{60}^{0.232} = 3.7\text{mm}$$

式中:  $d_{50}$  ——该次降雨有 50% 雨滴直径属此;  $I_{60}$  ——60min 雨强(mm)。

设雨滴为球体,它的体积

$$V = \frac{\pi}{6}d^3 = 26.5$$

它的终速 905cm/s,对土壤打击力为 11.18g/(cm<sup>2</sup>·s),可使 0.5~1mm 砂粒飞溅高 30cm,水平飞溅 60~70cm,威斯奇迈尔指出  $EI_{30}$  是降雨侵蚀力最佳指标即:

$$E = 1.213 + 0.89\lg I_{30}$$

式中:  $E$  ——降雨动能,J/(m<sup>2</sup>·mm),(即降雨 1m<sup>2</sup> 上的动能);  $I_{30}$  ——一场雨中最大 30min 雨强(mm)。

10 年一遇  $I_{30}=84.08\text{mm}$  代入式  $E=2.9\text{J}/(\text{m}^2\cdot\text{mm})$ , 则降雨侵蚀能量  $EI_{30}=243.8\text{J}/\text{m}^3$ , 对土壤的侵蚀是很强的。我们采用南雄太和水保站原貌径流泥沙试验场 1990 年的资料进行分析, 该试验场设在紫色页岩严重水土流失区, 我们把产生土壤侵蚀的降雨量 ( $x_1$ ), 降雨强度 ( $x_2$ ) 和土壤侵蚀量的关系, 得出下列方程式:

$$y=1.0728+0.0449x_1+382.6552x_2$$

$R=0.7559; R_{10}=0.3484; R_{20}=0.4799; S_1=0.325; S_2=0.4785.$

从方程的相关分析, 复相关系数量达标的; 标准回归系数  $S_2>S_1$  说明降雨强度对土壤侵蚀量的影响比降雨量要大; 偏相关系数  $R_{20}=0.4799$  比  $R_{10}=0.3484$  大同样表示降雨强度对土壤侵蚀量的关系比降雨量密切,  $T$  值检验说明有一定的影响。

从雨型对土壤侵蚀量来看, 表 3—2 暴雨>大雨>中雨>小雨, 但是降雨强度对土壤侵蚀量影响比降雨量大, 从二场大雨可以看出, 其雨量分别是 52.4mm 和 51.2mm, 但雨强分别为 0.034 和 0.122mm/min, 其侵蚀模数分别是 230.00 和 1389.55t/km<sup>2</sup>, 差异极大。

表 3—2 1990 年南雄太 and 站原貌小区径流泥沙观测表

月·日	雨型	降雨量 (mm)	降雨强度 (mm/min)	径流量 (m <sup>3</sup> /10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> )	径流系数 (%)	含沙量 (kg/m <sup>3</sup> )	侵蚀模数 (t/km <sup>2</sup> )
11·17	暴 雨	79.5	0.056	42.69	0.54	16.21	692.00
2·27		78.7	0.055	50.51	0.64	13.49	681.24
4·10	大	74.1	0.102	55.13	0.74	37.32	2056.41
7·31		55.7	0.041	27.07	0.49	25.86	699.94
1·18		52.4	0.034	25.70	0.49	8.95	230.00
6·8		51.2	0.122	36.62	0.72	37.94	1389.55
3·30		48.5	0.078	37.75	0.79	26.39	996.00
4·16		43.7	0.112	34.30	0.78	23.16	794.25
5·16	中	30.0	0.043	16.96	0.57	20.17	342.21
4·23		29.0	0.051	20.16	0.70	13.49	271.97
9·20	雨	25.1	0.105	13.22	0.53	67.91	898.01
2·20		18.4	0.035	8.66	0.47	3.70	32.06
9·13	小	17.5	0.251	13.54	0.77	28.12	380.64
4·24		16.2	0.036	10.32	0.64	7.86	81.16
3·24	雨	9.0	0.069	4.34	0.48	3.66	15.88

3.1.2 地面斜坡特点 地面斜坡特点除了坡度越大, 越易产生径流招致流失外, 还有凸形坡利于径流分散, 而凹形坡利于径流汇集, 导致径流侵蚀强度各不相同外, 本区处于亚热带季风气候, 北坡向阳降雨量少, 南坡背阴降雨量多。向阳坡接受的热能辐射量较大, 它们的散发量也较快, 冷热干湿交变较剧烈而频繁, 基岩母质风化和裂隙节理的发育程度都较阴坡明显, 土壤干燥、疏松, 雨滴击溅分散和径流冲刷量都比较高, 裂隙节理多又有利于重力侵蚀作用; 而阴坡水热比较均衡稳定, 植被生长也较好, 土壤团粒结构好, 抗蚀能力比较强, 良好的植被根系发达, 加强了对土壤的机械固结能力, 提高了土壤的抗冲性。另外雨滴对土壤的冲击力一方面决定于雨滴的质量(雨滴大小), 雨滴运行方向与地面的交角, 和雨滴落下的速度。本区雨季优势风为南风 and 东南风, 南坡雨降落的方向垂直于坡向, 雨滴击溅力最大, 而风速又加速了雨滴降落的重力加速度, 增加了对土壤的击溅力; 而北坡与雨滴运行的方向成一定的夹角, 击溅力比较小, 而风力的作用不仅是加速雨滴重力降落的速度, 反而分散了雨滴重力下降速度, 击溅力减弱。因而暴雨季节阳坡受到雨滴打击击蚀和产流能力都较高, 一般易遭侵蚀流失, 这是本

区较强烈的侵蚀过程如沟蚀、崩岗、滑坡(滑塌)多在阳坡发生的原因。

坡度与产生径流及对土壤侵蚀的影响已为大量研究资料所证实。有关研究还表明,有时即使坡度不大( $<15^\circ$ )但长度(坡长)较长,土壤也会发生较大的冲刷流失,这是因为沿斜坡运动的径流量,随着斜坡延长而不断增大,对地面的冲刷侵蚀力也越来越大,其中侵蚀量与坡长不是一般的比例相关而是指数相关,这只是理论值,与坡长的关系并不是无限度的,只局限在一定的坡长范围内,并且和降雨量和降雨强度有关。广东省丘陵沟壑和沟间地之间没有明显的波折,坡面长度都比较大,而且广东省降雨的特点,往往过程雨中,前期降雨强度大,后期降雨强度小,特别是短历时的暴雨比较多,坡面或沟槽中的径流,在一定的坡长情况下越来越大,土壤侵蚀营力越来越强,但是超过一定坡长范围后,随着径流流程的增长和径流挟带的泥沙越多的情况下,又出现了径流退化现象,这已为韩江上游坡面侵蚀沟调查所证实。另外坡度越陡,水力坡降大,径流流速快土壤侵蚀力强,凸形坡和直形坡转折处容易发生重力侵蚀滑坡、滑塌现象等等,这些都已为山地丘陵坡地合理利用和垦耕农地上,修筑合适的防护工程,提供了理论和实践的依据。

3.1.3 母岩类别和土壤发育程度 基岩母质种类不同,风化程度和风化体性状及其抗蚀性能也各异。北江上游土壤侵蚀严重发生的地区,主要是花岗岩、紫色页岩分布区,其次是砂页岩和第四纪红色粘土上,在这里我们着重论述花岗岩和紫色页岩风化壳及其土壤侵蚀的关系。

花岗岩是构成北江上游山地的主体,主要为中生代燕山运动期入侵的岩体,花岗岩的种类繁多,但造成严重土壤侵蚀的有中粗粒黑云母花岗岩和伟晶花岗岩。其主要成分是石英、长石、云母,石英含量占40%~45%,长石占45%~50%,云母较少,石英晶体2~10mm,长石1~10mm,这些矿物由于吸热性、导热性、热容量以及膨胀收缩系数不同,石英膨胀收缩系数为 $3 \times 10^{-5}$ ,长石 $1.7 \times 10^{-5}$ 。在气温影响下,矿物晶体受热膨胀,遇冷收缩过程中,产生晶粒之间的挤压、错动而发生碎裂,物理风化作用产生的风化裂隙,又有利于水分的渗透,加速了化学风化过程,从而扩大了岩石风化层的厚度,促进岩石分解。母岩在化学风化过程中 $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $Mg^{++}$ 、 $Ca^{++}$ 等易溶元素大量淋失, $SiO_2$ 迁移, $Fe^{+++}$ 、 $Al^{+++}$ 富集粘土矿物以高岭石为主,这种富铝风化壳呈酸性,膨胀收缩性能小,对土壤抗蚀性能和重力侵蚀作用都有影响。风化壳厚度一般20m有的厚达80m,但是土温的影响一般50cm以下开始变化较小,而花岗岩形成的风化壳比其它母岩都深厚的原因,与花岗岩体具有较多的构造裂隙有关。姚清尹、陆兆熊认为:“岩体中裂隙对风化作用,首先它破坏岩体的完整性,使岩体碎裂,降低岩石的强度,给物理和化学风化创造了条件;第二岩体裂隙成为风化介质进入基岩的通道,风化介质进入岩体内才能产生各种风化作用;第三在裂隙带风化作用最强,离裂隙带愈远,风化作用愈弱”。这一论述作出了精确的回答,无须多加叙述,至于空间条件和时间条件与其它母岩都是一致的。同时也道出了花岗岩风化壳上形成的侵蚀由于风化壳内部风化程度不同,硬度不一,沟槽宽窄不均,沟底多跌水的原因。

花岗岩形成的土壤,粘粒含量较高, $<0.001mm$ 粘粒含量30%~34.5%, $<0.01$ 物理粘粒可达47%~60%,粘粒接触面大,吸附力强,具有很强的粘结力,在抵抗雨滴击溅和径流营力的阻力方面有重要的作用,抗蚀力比较强。土壤的抗冲性与土壤的渗透和结构性有很大的关系,具有良好的水稳性团聚体的土壤,渗透性能比较高,抗冲性强。但是影响土壤团聚体水稳性的因素很多,主要因素是胶结物质,其中有机物腐殖质胶结的土壤团聚体,水稳性比较好,无机物质 $Ca^{++}$ 胶结的土壤团聚体,仅次于腐殖质。二、三氧化铁、铝胶结的土壤团聚体水稳性比较

差。本区的花岗岩风化壳形成的侵蚀赤红壤和侵蚀红壤,有机质含量少,团聚体胶结物质主要是二、三氧化铁、铝和氢氧化物,胶结力弱,团聚体水稳性差,团聚体分散度达 42.56%。随着土壤含水量增加,土壤团聚体胶结能力下降,最后松弛而解体成为单粒;同时也因吸水膨胀时产生不均匀的应力而促使其解体,干燥的团聚体在淹水时,团聚体内的闭塞空气外逸时,所产生的压力,也容易使团聚体受到破坏;降雨雨滴击溅加速了团聚体的分解,当土壤团聚体崩解后的单粒结构,容易为地表径流分散移运,同时,分散在径流中的土壤单粒随着水分下渗,堵塞土壤孔隙,降低土壤渗透率,增加地表径流对土壤的冲刷。

花岗岩风化壳形成的土壤层下又可以分为砂土层、碎屑层和球状风化体。砂土层质地粗,砾质含量可达 30%~40%,粘粒含量少(<10%),土壤颗粒往往以单独分散的矿物形式存在,砾质和砂粒为主,原生矿物分解形成的次生粘土矿物少,成土作用弱,又缺乏有机物质,颗粒之间粘结力小,团聚能力弱,稳定性团聚体<10%,虽然具有少量的团聚体,但水稳性很差,遇水容易崩解,土体松散,结持力很弱,抗冲性能很差。当红土层被侵蚀沟切穿之后,发展迅速侵蚀量增大,侵蚀模数大,当砂土层裸露地表时,浅沟、切沟非常发育。碎屑层气化程度更弱,粘粒含量只有 2%~5%,砂石含量高达 50%~60%土壤松散,结持力弱,抗冲性差,土壤膨胀收缩性能小,裂隙少,垂直结理比较强,崩塌比较少。

紫色页岩在北江上游水土流失区占有庞大的领域,主要分布在南雄盆地和星子盆地,组成矿物石英、长石等,砂粒比重较大,颗粒细,组织致密,无构造裂隙,但物理风化作用使紫色页岩形成大量纵横交错的裂纹,间距数厘米或数毫米,含有  $\text{CO}_2$  的降水,对岩石胶结物  $\text{CaCO}_3$  的溶解作用促进了基岩层片状剥落,又散碎成 1mm 到数 mm 大小的碎屑物。这种风化壳从大块到小块机械分解到粉粒和粘粒之前,就被冲失到了坡麓和河系,也正是由于紫色页岩风化碎屑物颗粒间缺乏粘粒和胶结物,下层透水性极弱。在降雨特别是暴雨冲刷下,极易被地表径流冲刷流失,往往径流和碎屑物混合一起呈泥流状滚落坡下,既没有雨滴击溅的分散过程悬移质也寥寥无几,据南雄县太和水土保持站径流小区测定,推移质达 95%以上。

紫色页岩吸热性强,昼夜温差大,白天土温容易上升,特别是无植被覆盖的光板地,据南雄县太和水土保持站资料,夏季地表最高温度可达  $72^\circ\text{C}$ ,而夜间迅速降至  $30^\circ\text{C}$  左右,昼夜温差  $40^\circ\text{C}$ 。紫色页岩导热性差,易受热胀冷缩影响,基岩片状剥落,形成碎片状物质,物理崩解强烈。据南雄县绿化水土保持资料,60cm 直径的紫色页岩岩块,一经暴露空间,日晒雨淋,40 天后便大部分分解为碎屑物;当年冬季基岩爆破,翌年岩块便解体成碎片,地埂土崩瓦解。因此可见紫色页岩物理风化速度之快,但由于风化碎屑物流失快难以残积,所以风化壳又很薄。

紫色页岩风化物容易流失的原因,还在于化学风化弱,目前土壤的发育尚处于脱钙阶段,基岩表面及其风化物,碳酸钙的淋溶加强,但仍不同程度地含钙,风化物具石灰性反应, pH 中性微碱性。由于粘粒形成少,颗粒粗,钙的胶结作用也无济于事,遇水流失快。原生矿物分解次生矿物的形成过程,仅存在于坡麓或梯田,比较稳定的残积或坡积物上,粘粒含量较高(表 3—3),次生粘土矿物以伊利、蒙脱为主,膨胀收缩性能较强,粘粒硅铁铝率一般在 3 以上,甚至高于 4,土壤粘粒受  $\text{Ca}^{++}$  的胶结,团聚体水稳性较好,土壤抗蚀性能较强,土层一般厚 1m 以上。

紫色页岩风化壳坡地土层薄,一般几厘米到 10cm,下部为基岩,透水性极差,渗透系数只有 0.02mm/min,每小时仅可透水 1.2mm 深的水层。降雨强度超过这一数值,则足以发生地表径流,实际上本区每年雨季 3~9 月份,时雨强不足 1.2mm 者为数极少,雨季产生地表径流极为普遍。据测南雄县太和水土保持站无植被光板地,紫色页岩碎屑 10cm 内达到水分饱和时的贮水



量为 11.8mm,每厘米厚度只能贮水深 1.18mm,每年雨季 3~9 月份过程雨 11.8mm 者非常普遍,当土壤含水量超过饱和水含水量时即发生泥流现象,土壤侵蚀严重。

表 3—3 不同母岩土壤(无明显或轻度面蚀)的物理性质

母岩	土层 (cm)	>3mm (%)	机械组成			
			3~1 (mm)	1~0.05 (mm)	0.05~0.001 (mm)	<0.001 (mm)
花岗岩	0~15	6.97	11.71	29.29	28.88	30.12
	15~100	9.10	9.94	21.16	34.45	34.45
	100~120	4.70	20.48	44.10	28.85	6.57
砂页岩	0~13	0.09	5.49	33.36	31.97	29.18
	30~60	0	8.12	19.82	31.37	40.69
	60 以下	19.73	13.42	34.89	39.37	12.32
紫色砂页岩	0~14	0.86	2.70	14.28	60.98	22.04
	26~42	2.60	1.05	10.89	64.18	23.88
	42~100	0.09	0.24	16.89	63.48	19.39
第四纪红土	0~10	0	1.33	30.78	38.45	29.44
	47~84	0.93	0.93	28.46	38.33	32.28
石灰岩	0~7	3.73	3.12	11.73	52.28	31.87
	7~50	1.16	1.65	6.93	52.31	39.11

母岩	土层 (cm)	<0.01 (%)	总孔隙 (%)	容重 (g/cm <sup>3</sup> )	田间持水 (%)	渗透系数 (k10℃) (mm/nr)
花岗岩	0~15	47.23	51.1	1.26	41.8	29.5
	15~100	60.18	50.6	1.38	41.6	11.3
	100~120	18.98	46.4	1.37	39.8	6.0
砂页岩	0~13	53.70	60.3	0.97	39.5	34.9
	30~60	66.34	54.8	1.27	40.9	30.6
	60 以下	35.19	45.7	1.40	41.6	2.9
紫色砂页岩	0~14	49.01	41.1	1.52	32.4	24.7
	26~42	54.84	35.2	1.75	30.0	0
	42~100	51.76	36.6	1.66	33.7	0
第四纪红土	0~10	45.35	40.7	1.63	29.6	2.30
	47~84	51.96	47.4	1.32	30.9	3.10
石灰岩	0~7	66.03	60.2	1.05	47.5	71.9
	7~50	76.41	56.6	1.28	50.3	39.5

3.1.4 植被因素 植物的地上部分树冠枝叶可减少或防止雨滴对地面的直接撞击溅蚀;它们凋落到地面的枯叶,不但起覆盖作用,还滋养大量的昆虫微生物,它们的分解合成作用过程,又改善了土壤的孔隙结构状况,利于水流的分散和入渗,加强了水源的涵养,它们在地下广布的根系纵横交织,大大地增加了土体的固着和结持力。从而由乔木、灌木、草本多种植物组成的植物体系,起到了保持水土资源防止水土流失的独到功效。在自然条件下本区宜于众多种类植物的生长繁殖,在山高林木植被繁茂的地方,一般都没有明显的水土流失过程发生,而比较强烈的水土流失过程,大都发生于自然植被遭到破坏或重建而被覆度尚差的地方。表 3—4 各地统计的流失土地面积百分率与森林覆盖率的对照比较,大致可以说明这种情况。显然,加速植被的恢复和重建,提高覆盖率,也就成为当前整治水土流失的重要途径和措施。

森林是生态系统中最敏感的部分,森林的屏障,本区代表性自然植被类型为亚热带常绿阔叶林,主要由壳斗科、樟科、茶科、金缕梅科、木兰科、山矾科和冬青科等常绿树种组成。近百年来由于人口激增,木材过度采伐,毁林开荒、烧炭、砍木养菇及发生山火等的影响下常绿阔叶林

面积仅占现有林地 20% 左右,而且都是次生林。其它已被常绿落叶阔叶混交林、针阔叶混交林、针叶林、竹林及稀树灌木草坡等自然植被和人工植被类型所代替,以稀树灌木草坡和马尾

表 3—4 森林资源、覆盖率与水土流失关系

县份	活立木总蓄积量 ( $10^4\text{m}^3$ )	森林覆盖率 (%)	总流失面积 (万 $\text{hm}^2$ )	流失占总面积 (%)
南雄	286.3	51.94	6.0	26.1
始兴	838.1	63.75	1.6	7.1
连县	293.6	41.10	6.4	24.0
阳山	287.8	29.65	14.6	44.0
英德	316.2	27.43	14.3	25.1

松林所占面积大,稀树灌木草坡的主要植被类型如上述。紫色砂页岩区常绿落叶混交林演替为草坡,常见有臭根子草 (*Botnriochloa intermedia*)、扭黄草 (*Heteropogon contortus*)、野古草 (*Arundinella hirta*)、白茅 (*Imperata cylindrica* var *major*)、兰香草 (*Coryopteris incana*)、龙须草 (*Eulaliopsis binata*);灌木有黄荆 (*Vitex negundo*)、六道木 (*Abelia chinensis*)、火棘 (*Pyracantha fortuneana*)、小果蔷薇 (*Rosa cymosa*)、胡枝子 (*Lespedeza bicolor*)、紫薇 (*Lagerstroemia indica*)、豆腐木 (*Premna microphylla*) 等,其中很多是有刺的种类。植被类型的逆向演替,拦蓄天然降雨、涵养水源、保持水土的功能越来越弱,导致水土流失越来越强烈。

根据林业部门从 70 年代初和 80 年代初两次全面调查的结果表明:①有林地和疏林地面积都在减少,灌木林地和无林的宜林地面积增加,有林地面积由 142.8 万  $\text{hm}^2$  减少到 133.9 万  $\text{hm}^2$ ,平均每年减少 0.7 万  $\text{hm}^2$ ;疏林地面积由 9.0 万  $\text{hm}^2$ ,减少到 7.7 万  $\text{hm}^2$ ,平均每年减少 0.4 万  $\text{hm}^2$ ,由于滥垦滥伐导致疏林地林地沦为荒山。而灌木林地由 1.8 万  $\text{hm}^2$ ,增加到 9.6 万  $\text{hm}^2$ ,平均每年增加近 0.7 万  $\text{hm}^2$ ;无林的宜林地面积由 65.3 万  $\text{hm}^2$ ,增加到 69.2 万  $\text{hm}^2$ ,平均每年增加 0.3 万  $\text{hm}^2$ ,其中英德、阳山、连县三县荒山面积共 36.5 万  $\text{hm}^2$ ,占全市荒山面积的一半以上,也是本区水土流失比较严重的县。②中大径材在减少,小径材增加,总积材量下降,杉木中大径材从占 43% 减至 35%;松木、阔叶林中,大径材从占 65% 减至 53%,总积材量下降 1.5%。但是各个地区不同,英德县 10 年来减少了 50%。③成熟林特别是对保护土壤、涵养水源、调节气候功能较高的阔叶林面积大幅度下降。这种趋势如不扭转,对保持水土将产生极为不利的影响。自然资源是一个有机的综合体,它们之间互相联系、互相促进和互相制约的,开发自然资源必须从整体出发,协调好各种资源之间的关系,处理好局部利益和全局利益,眼前利益和长远利益的关系,在维护良好生态环境的前提下,促进农、林、牧、副、渔的综合经营和全面发展。如果不讲科学滥用资源,单纯追求经济效益,而忽视生态效益,或只顾局部的眼前利益而不顾全局的长远利益,搞掠夺性经营,结果,不但各种资源得不到综合开发和永续利用,而且势必导致生态环境恶化,贻误子孙后代。

从林木生长量和消耗量来看,本区林木蓄积年平均总生长量为 342.1 万  $\text{m}^3$ ;而林木蓄积年平均消耗量为 352.4 万  $\text{m}^3$ ,赤字虽然不算太大,但反映了北上游的森林资源已处于超负荷状态,不加注意必然加剧森林的逆向演替。反映在水土流失方面,从总的来说本区水土流失比较轻,但并不平衡,如英德县消耗量 (43.5 万  $\text{m}^3/\text{a}$ ) 大大超过生长量 (28.8 万  $\text{m}^3/\text{a}$ ),森林赤字大,水土流失也比较严重。

### 3.2 人们的社会经济活动

3.2.1 过量樵采、伐刈对植被严重破坏 北江上游广大农村人民生活用能源主要是薪

柴、山草和作物秸秆,据调查估算 1983 年本区拥有生物能源资源实物量 783.5 万 t,折合标准煤 403.6 万 t,占当年能源资源总量的 44.7%,仅柴草就占当年全部能源消费的 54.4%,占生活用能 276.2 万 t,标准煤的 93.3%,达 257.7 万 t。山草除用于生活燃料外,每年全区 7 个县造纸厂均用芒秆做原料,用量共计 3 万 t 左右,此外尚有不少民间烧制砖瓦的土窑亦用山草做燃料。可见柴草在本区能源中占有重要地位。

本区山地面积大,森林覆盖率 44.2%,人均面积 0.3hm<sup>2</sup>,均超过全省和全国平均水平,生物能源总的说来是丰富的,但是生物能源分布不均(表 3—5);而有些地方因过量樵采已引起生态环境恶化。随着人口增长,农村生活能源矛盾日趋尖锐,盆地区以及许多低丘陵台地区生活能源已十分紧缺,例如南雄盆地、星子盆地一些农村,农民打柴割草的活动半径已超过 18km 的路程,村庄附近植被稀疏。砍柴挖根的樵采方式,加速了光山秃岭化,破坏附近山区生态环境,加剧了水土流失。

表 3—5 北江上游流域水土流失重点治理与能源概况(单位:标准煤万 t)

项目	资源总量 合计	煤炭			水电			薪炭		
		实物量	标准量	占合计(%)	实物量	标准量	占合计(%)	实物量	标准量	占合计(%)
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
南雄	50				6.944	2.8	5.6	22.3	12.7	25.4
始兴	25	0.8	0.5	2.0	2.057	0.8	3.2	13.1	7.5	30.0
连县	57	25.0	16.1	27.9	22.79	9.2	15.9	10.5	6.0	10.4
阳山	78.9	34.4	22.1	28.0	11.204	4.5	5.7	21.6	12.3	15.6
英德	139.9	7.0	4.5	3.2	47.022	19.0	13.6	78.9	45.1	33.2

项目	资源总量 合计	山草			沼气(人类粪便)			秸秆		
		实物量	标准量	占合计(%)	实物量	标准量	占合计(%)	实物量	标准量	占合计(%)
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
南雄	50	30.0	14.6	29.2	12	7.3	14.6	26.0	12.6	25.2
始兴	25	13.0	6.3	25.2	6.0	3.6	14.4	13.0	6.3	25.2
连县	57	14.0	6.8	11.8	14.0	8.5	14.7	23.0	11.2	19.4
阳山	78.9	40.0	19.4	24.6	14.0	8.5	10.4	25.0	12.1	15.6
英德	139.9	60.0	29.1	20.8	24.0	14.6	10.4	56.0	27.2	19.4

3.2.2 不合理的垦殖利用土地资源 本区有着较长的社会发展和农耕历史,旧社会或更久远时期,随人口繁衍增长和相对应粮食的要求,毁林垦耕,缺乏对环境效果的考虑是可以理解的,但是过去原始落后的耕种方式,如“炼山”,“制火土”等至今还在流传。山林种杉、种竹、改植经济果木时,还是要全面伐光,烧除植被,种后每年铲草皮培育,这种大量铲除植被,破坏固结力较好,抗冲抗蚀性能较强的表土层的做法,往往是酿成加速水土流失的主要原因。

紫色页岩地区土壤富磷、钾、钙,适宜烟叶生长,烟叶质量特别好,南雄黄烟一向驰名中外,经济价值高,种烟历史悠久。但是紫色土上种烟大多沿用顺坡耕作,为了便于操作和提高质量与产量,有利于排水,据南雄县水土流失调查及水土保持综合区划,古市区古市大队一块顺坡耕作的耕地,原有 28cm 厚的土层,经过 11 年只剩余 14cm,平均每年减薄 1.27cm。根据规划资料在坡度 11°紫色土山头,日降雨量 42.1mm,坡式梯田上横耕种植每公顷土壤冲刷量为 8.1kg,而顺坡耕的每公顷土壤冲刷量 113.1kg,相差近 14 倍;另一方面历史上遗留下来的铲草皮,“烧土灰”作基肥的现象,形成的习惯也严重破坏了植被和表土层,加剧了土壤冲刷,据南雄县初步统计,每年因种植黄烟和垫牛圈而铲草皮面积约 0.2 万 hm<sup>2</sup>。此外烟叶产区沿用铲光

地表晒烟的习惯,也促进了烟区的水土流失。

粗放(不作任何防护措施)的坡地耕种,也还普遍存在,特别是农村实行生产责任制后开垦荒坡往往忽视了长远利益,造成了水土流失,初步统计北江上游  $25^{\circ}$  以上的陡坡开荒约  $1.33 \text{ 万 hm}^2$ ,对水土保持是非常不利的。

3.2.3 采矿修路等工程善后不周 北江上游是我国南岭多金属成矿带上,有矿床、矿点近 2 000 处,其中非金属矿产地 729 处,在广东省已找到的 117 个矿种中,本区占  $2/3$ ,并具有悠久的开采和冶炼的历史,远在唐宋时期,本区采矿业和冶炼技术就已达到了一定的水平。唐代在连县、阳山一带,已有铜、铁、银、汞的开采。北宋时期,韶州是我国的铜冶中心,铜产量居当时全国之冠。明清以后,阳山南部的白莲、牛鼻一带是明代 13 个铁矿开采和冶炼中心之一。解放后 30 多年来的努力,以矿业开采和冶炼为中心的重工业已建立一定的基础。但是 80 年代初期内地煤矿部门提出国家办交通,群众办矿的风也吹到了这里,各级政府部门,集体以至个人投资开采者甚众,开采民工大多数是外省人,既没有钻探资料,也没有采矿规划设计,没有完善的水土流失防护措施,更不需水保部门的审批,矿区周围满山到处挖,大搞“搬山运动”,把山头挖得千疮百孔,肆意破坏地面,矿道坑硐修造挖矿工程的土石方,及弃除的矿渣随意堆放,甚至推入沟谷、河道,招致泥沙严重冲刷流失的现象普遍存在,同时也造成了环境污染。有些虽有水土保持措施,但管理不善,例如大宝山矿区等蓄沙库经常溢流,造成水土流失。

修筑铁路、公路的施工,同样多未善后处理,松土、砂石随意堆置,京广线乐昌峡段的改线遂道工程,几年来已向河床弃土  $1 \text{ 亿 m}^3$ ,诸如此类也常招致大量泥沙的冲刷流失。

## 4 水土流失治理的原则和措施

北江上游水土流失的存在和发展,它对社会经济和生态环境造成的不良影响和带来的不良导向,不仅限制着当地经济建设的进一步发展和人民群众物质文化生活的进一步提高,而且对下游广州市及珠江三角洲经济的稳定和繁荣以至群众生命财产的安全也是一个潜在的威胁。它既关系到当前当地人民群众的利益,也关系到国家民族的长远利益。省人大六届三次会议通过的“关于防治北江上游水土流失”的议案,深受各领导部门的重视和广大干部群众的支持、拥护。治理过程有关方针的贯彻、规划的实施都非常顺利。5 年来的治理实践证明,治理的原则是对头的,措施是有效的。

### 4.1 水土流失治理的原则依据

水土流失的发生与发展,导致生态平衡失调,生态环境恶化,限制着社会经济的进一步发展。整治水土流失,加强水土保持,实际上是调节生态平衡,改善生态环境,振兴山区经济,造福子孙后代的一个重大步骤。

从经典生态学研究得知,任一生物个体、群体,都与环境的条件因子存在着密切的联系,相互作用相互制约,基中绿色植物对水土等环境因子能动的适应和改造作用尤为显著。系统生态学的研究也已表明,绿色植物是陆地生态系统中唯一从事物质生产和能量积累的生物类群,它在繁荣整个生物社会,维持和调节生态平衡中起着决定性的作用。

有关研究表明,按本区所处纬度,太阳辐射强度及其中绿色植物光合生理可用部分利用率  $1\%$  计,每年每公顷绿色植物用于有机合成的能量近  $251.2 \times 10^6 \text{ kJ}$ ,合成干物质近  $1.5 \text{ t}$ 。据有关观测得知农地灌丛、草地、森林绿色植物每年每公顷干物质净产量分别近 65, 13 和  $20 \text{ t}$ ,积蓄能量分别  $113.0 \times 10^6$ ,  $226.0 \times 10^6$  和  $357.9 \times 10^6 \text{ kJ}$ ,这些物质能量的合成积累,除提供人们有关

需要外,还提供了有关动物、昆虫、微生物需要,保证了整个生物群体的繁衍共荣。

绿色植物在有机物质合成生产过程中,每合成 1t 干物质就从大气中摄取近 1.5t 的  $\text{CO}_2$  废气,同时还释放出近 1.1t 新鲜的  $\text{O}_2$  气,使大气不断净化;为了最大限度地获取太阳辐射能源,摄取更多的  $\text{CO}_2$  和吸收足够的水分及无机营养,它们在地上部展生着广茂的枝叶树冠,在地下部广布根系网络,前者不仅覆盖地面、防止降雨时对土壤的直接击溅、避免或减弱地面径流的发生,增加雨水的地下入渗,给土壤增加大量残谢雕落有机物,改善土壤的物理化学和营养状况,还有通过蒸腾,增加大气湿度、致雨防风和调节气候的功能。后者则有结持土壤颗粒,改善土壤结构,固着和稳定土层的独到功效。而历史经验已证明,导致生态环境恶化,生态平衡失调和水土流失的扩大,在很大程度上是由于林木受到过度的砍伐,植被遭到不应有的破坏所造成。因此,广泛造林种草,大力营建绿色植被,也就成为保持水土、防止侵蚀流失、改善生态环境、调节和恢复生态平衡的根本途径。从而充分利用本区有利的生物地理气候条件,尽可能地封山育林;优选抗旱耐瘠草种树种,和相应的栽种技术及农业耕作栽培技术,广泛进行各种类型、各种组合配置形式的植被营建和实行蓄水保土耕种;对侵蚀流失比较严重、草木难以着生地域,配置相应的工程设施,防止过强的侵蚀冲刷肆虐,改善草木立地条件,保证绿色植物顺利着生、迅速成长,最大限度地加强覆盖地面和蓄水保土功能,则是达到预期目标的重要措施。

治理水土流失,改善生态环境,调节生态平衡,绝对不是让生态环境一切恢复自然状态禁止对自然资源的开发利用,而只是为了使生态资源保护与经济开发更好地协调起来,既要使生态资源更充分合理地服务于经济开发,又要使经济开发中能维持生态系统中物质能量的输入与输出间的平衡,使物能流趋于良性循环,更好地发挥它对经济开发过程的保护作用。任何把两者对立起来,或只强调某一方面而忽视另一方面,都是错误的和片面的。因而,把资源保护与经济开发结合起来,既考虑长远利益,也照顾到当前利益,应成为水土流失治理的一条基本原则。

治理水土流失,既是治山治水,改造大自然的大事,又是丘陵山区林、农、牧、渔经济发展的一项涉及各个方面、极其复杂而艰巨的工作,要全面地抓好这一工作,还必须坚持以下一些原则:

1、除害与兴利相结合。把整治水土流失为害与山区农林水利基本建设,振兴山区经济结合起来,使人民群众及早受益,以保证水土保持工作长期坚持下去。

2、治理过程要防治并重。在整治既有侵蚀流失现状的同时,还不能忽视可能产生新的流失过程的发生,有关规划设计,得有全面周详的考虑。

3、施行综合治理,要做到工程设施、造林种草、农业耕作技术措施相结合。尽管林草生物措施对保持水土有独到的功能,但它们的培植生长需要一定的立地条件,要有相应的工程设施来保证。为满足必要的粮食和农产品的需求,部分坡地进行农作尚不可避免,尽管可以采取相应的蓄水保土耕作技术,但仍需必要的工程设施相结合,单纯考虑某一措施,往往不能解决问题,必须综合考虑、相互配合才能取得较高的效益。

4、积极实施治理措施与加强后续管理相结合。防治水土流失,是一项长期性的工作。不仅要保质保量地实施规划设计中的有关措施,包括工程措施,林草生物措施和有关农业耕作技术措施,要使之发挥应有的功效,后续的维护管理工作也绝对不能忽视。

5、依靠群众,因地制宜,分片治理与全面规划统一领导,相互协调结合。治理水土流失,涉及地域广,方面多,而它们之间又是相互紧密联系的,既要发动和依靠当地广大群众,根据自己

具体情况因地制宜进行治理,又要有全面的规划,统一领导,以利相互协调,相互配合,全面而持久地做好有关工作。

## 4.2 治理水土流失的有关措施

根据土壤侵蚀流失发生发展的历史和水土流失诱因及生态系统有关结构组成功能的分析,上文已经指出,恢复和大力营建绿色植被是治理水土流失的根本途径。因而,广泛造林种草,为创造保证其顺利成长的立地条件,对冲刷流失严重地段,采取修筑蓄水保土拦沙的工程措施,以及垦殖农耕地段,配合相应的保土蓄水耕种技术则是治理和预防水土流失的重要措施。这些措施实施的技术方法,有关论著都以详细论述,现就其在本区治理中的运用概述如下。

4.2.1 生物林草措施 造林种草,是利用生物,首先是植物群体自身的功能,达到保持水土的目的,并经实践证明是行之有效而广泛应用的措施。它不仅适用于一般水土流失区大面积治理,对局部强烈侵蚀流失,需要进行工程设施地段,也需用之维护和巩固设施的效能。

几年来的治理中,除了加强山林管理,严格控制既有林木的采伐量外,首先就是大面积进行封山育林育草,严禁乱砍滥伐,杜绝人为干扰,充分利用自然气候条件下较快的发育成长。其次是对不同侵蚀区,不同侵蚀流失及隐患严重程度,荒山、荒坡、沟谷、包括退耕还林的陡坡耕地,进行大规模的造林种草。在全面规划的基础上,结合用材林、薪炭林、经果林等的营建,大力营建各种专门的水土保持林木草被,把治理水土流失、改善生态环境和为社会提供更多的木材、油粮食品、水果、工业原料、燃料、肥料、繁荣山区经济结合起来。为满足这方面的需要,适应和改善有关草木的立地条件,比较选择适宜树种草种,推广应用营养袋育苗栽种和耐旱保土高经济草木的栽培技术。则是与之配合的相应措施。

有关调查研究和实践表明:宜于花岗岩、砂页岩等发育而成的偏酸性红壤黄壤造林种植的树种和保土肥土植物有马尾松、湿地松、火炬松、台湾相思、大叶相思、窿缘桉、赤桉、荷木、锥树、藜蒴、黑荆、油柑、油茶、胡枝子、黄枝子、柑桔、木豆、山毛豆、田菁、铺地黍、狗牙根、竹节草、甜根子草等;适于紫色砂页岩上发育成的近中性紫色土的有黄檀、岭南黄檀、新银合欢、金银合欢、台湾相思、黄荆、华南皂荚、麻桑、翅荚香槐、紫穗槐、夹竹桃、心叶木兰、草木樨、番麻、木豆、山毛豆、田菁、龙须草、剑麻、菠萝麻等;宜于石灰岩地区的近中性石灰土的有:翅荚香槐、槐树、光皮树、香椿、臭椿、乌柏、樟叶槭、假苹婆、女贞、棕榈、阴香、吊丝甜竹及板栗、桃、梅、李子等。都可因地制宜,选择种植,对一些侵蚀流失严重立地条件很差的地段,先行修筑蓄水拦沙工程改善着生条件,才能保证草木的顺利成长。

4.2.2 工程技术措施 对侵蚀剧烈的崩岗和沟道活跃地段的治理,工程技术措施往往起着先行的主导作用;对流失比较严重的坡面治理,也常常要工程技术措施相配合才能更快的奏效。

它们包括稳定崩岗崩壁陡崖的削坡开级工程,使易崩易塌的崖面趋于重力上的稳定;防止崩岗切沟沟头继续发展截流撇水的沟埂保护工程,触发崩塌沟蚀发生的径流疏导分散;修建坡面、沟道中逐级蓄水拦沙沟埂梯地谷坊工程,使坡面径流泥沙就地截流,不下山、不入沟,使入沟径流泥沙层层被拦蓄,不出沟、不入谷;还有拦沙淤地坝工程,使出沟入谷的径流泥沙缓流淤淀,避免下游农田、水利设施以至道路村庄遭到危害。

工程技术措施的主要任务,首先在于对水土流失过程的径流泥沙进行拦蓄、截流、疏导、减轻径流的冲刷,拦蓄径流带来泥沙。其次保存既有的土层,增加土壤水分,为草木生长创造较好的立地条件。设计中要考虑到当地的降雨频率、雨量和强度,一般按10年一遇24h最大雨量为

标准,淤积年限 3~5 年来设计,虽然强调尽量拦蓄,但超标准部分应于疏导,务必讲求质量,确保安全。竣工的工程设施,还需配合必要的草木保护措施来维护巩固。

#### 4.2.3 农林耕种技术措施

1、坡地耕种。为了减少水土流失,坡地垦殖进行农耕一般需要修筑地埂田等田间工程,坡度 $<5^{\circ}$ 的缓坡,未修成梯田的必须实行横坡等高耕种以拦截径流,增加雨水入渗。英德县一些坡地茶园,大部分采用这种耕作方式,有效地减少了地面径流。南雄县一些烟农采用顺坡耕种,造成严重的水土流失。据当地有关部门调查,横坡耕种的泥沙流失量比顺坡耕种的减少 75%,径流量减少 53%。

2、梯田修造。坡度达  $7\sim 10^{\circ}$  的斜坡地上农耕,修造梯田,是减少、防止地面径流的有效方法,最普通的有斜坡梯田和水平梯田两种方式,或分两步将坡地改造成水平梯田。前者按一定距离(10m 左右)横坡修筑地埂以隔断或缩短坡面长度,暂不改变原来坡度,实行横坡耕种,或经若干年后,通过不断的横坡外覆土翻耕和多次培埂截拦泥沙,逐步改缓地面坡度,最终改好水平梯田。后者则一次施工将连续坡地横截修成台阶或水平梯田。坡度再大( $>15^{\circ}$ )的修成田面较窄的反坡式(外高内低)梯田,以利存沙蓄水,防止其流失。据不完全统计,几年来治理中全区修筑水平梯田近 46.7hm<sup>2</sup>。

3、林农间作、果木间种作物。指的是林木果树种植早期,树冠尚未郁闭,进行农作间种,以增加地面覆盖,减少地面蒸发和雨滴对地面的直接溅蚀,减弱地面径流充分用地养地的种植方式。英德县坡耕地退耕还林中,将坡耕地改成水平或坡式梯田种杉,杉树间种植玉米、花生、木薯等作物,经 3~5 年后杉树成长然后全部还林,收到较好的效益。阳山县黎埠镇 0.1 万 hm<sup>2</sup> 低丘种植板栗,间种花生、黄豆、甘薯,利用豆科植物根瘤固氮养地,板栗生长良好,2~3 年树高达 3.5m,地茎 24cm,30% 植株已挂果。连县还有林间种植红瓜子、青梅间种龙须草、枣树间种花生豆类的同样有蓄地保土、增加收益的效果。

## 5 水土流失综合治理的成效

北江上游水土流失引起严重的生态问题和社会问题,给山区人民带来苦难,北江上游水土保持对当地国民经济的发展,社会政局稳定,保障下游广州市和珠江三角洲的安全,改革开放乃至繁荣社会经济都有重要意义。根据北江流域广大人民的要求,1985 年广东省人大六届三次会议通过了“关于防治北江上游水土流失”的议案,这是重要的战略决策,广大干部支持,群众拥护。议案实施后,治理速度快,工程质量高,效益好,达到了阶段治理预期效果。从 1986 年开始到 1990 年止,累计完成治理面积 557.17km<sup>2</sup>,为议案实施前 30 多年历年治理面积总和的 2.4 倍。累计完成工程措施,筑谷坊 14 239 座,拦沙坝 4 834 座,开挖水平沟埂 290.81 万 m,兴修水平梯田 44hm<sup>2</sup>;累计完成工程量土方 112.27 万 m<sup>3</sup>,石方 386.84m<sup>3</sup>,劳动工日 547 万个;累计完成林草措施面积 6.2 万 hm<sup>2</sup>,其中营造水保林 1.0 万 hm<sup>2</sup>,薪炭林 2.0 万 hm<sup>2</sup>,种草 0.1 万 hm<sup>2</sup>。取得较大的社会效益、经济效益和生态效益。

### 5.1 社会效益

5.1.1 缓洪拦沙,蓄水保土的功效 北江上游 5 个县水土流失综合治理,各项水土保持工程设施发挥了蓄水保土的群体作用,拦蓄了大量沟谷和坡面径流、泥沙;林草措施增加地表覆盖后拦截降雨,增加地面水入渗,减少径流,涵养水源,防止土壤冲刷,缓洪拦沙方面都起到了积极作用,水土保持效益显著。

1、缓洪效应。北江上游径流的年分配与降雨的年内分布关系密切,本区处于中亚热带湿润

性季风型气候,受东南季风影响,干湿季分明,降雨集中于4~9月份,降雨量占降雨量70%~80%。前汛期(4~6月)以低槽锋面雨为主,雨量集中,占年雨量45%~50%,后汛期(7~9月)以热带辐合带及地方性对流雨为主,雨量较小,仅占年雨量的20%~25%。由10月至翌年3月为干季,雨量稀少,仅占年雨量的20%~30%。江河流流量随年内降水量的变化而变化,年河流水流量分配很不均匀,每年4~9月份降雨集中季节,即出现境内河流汛期,汛期水量一般占全

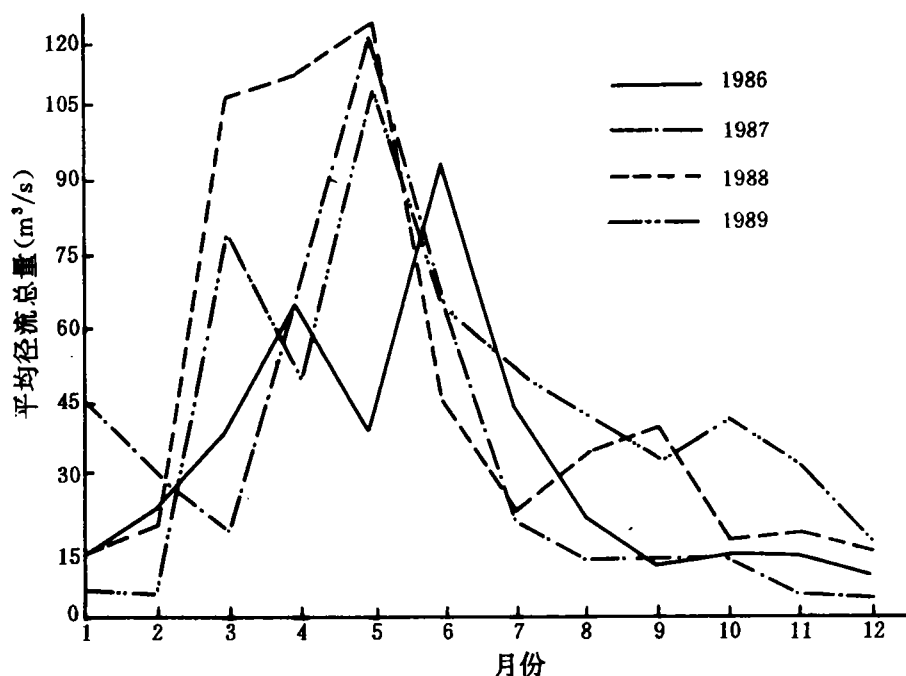


图 5—1 小古录站月平均流量图

年的72%~80%(图5—1及图5—2)。从4月份进入雨季至6月份形成降雨高峰,洪峰期就出现在5~6月份,出现洪水的机率为70%~80%,后汛期(7~9月)出现的机率占10%~20%,值得注意的是特大洪水有时出现在后汛期。河流洪水表现出山区型特点,洪峰具单峰或双峰型,峰大量小,涨落迅速,最大涨率有时达到1m/h(连江口)。由于年河流水流量分配不均匀,在水资源利用上,洪水期弃水量多,枯水期又水量不足。

水土流失区植被稀疏,特别是裸地,坡面降雨流失量大,绝大部分形成地面径流,流入沟壑汇入江河,山丘缺乏植被覆盖,土壤性质不良,渗透率低,涵养水源能力差,加上地形坡度较陡,是造成暴雨洪水暴涨暴落的主要原因,也是洪水期和枯水期河流水流量差别大的原因。北江上游水土保持沟谷工程措施和坡面工程措施谷坊、拦沙坝等高沟埂和水平梯田,直接拦蓄了沟谷径流和坡面径流,各项水土保持工程经过5年来暴雨洪水的考验质量完好,年拦蓄水量达1267.34万 $m^3$ (表5—1)。森林涵养水源的生态功能是人所共知的,森林植被通过枝叶拦截降雨,一部分通过枝叶蒸发掉,一部分通过枝叶和树干慢慢落下地面为土壤所吸收;森林土壤有强大的透水和吸水保水性能,茂密的森林一般不产生地表径流,被土壤蓄积起来的降雨,转变为地下水,然后慢慢渗入江河,对调节洪水期的流量,增加枯水期水量起到很好的作用。目前人



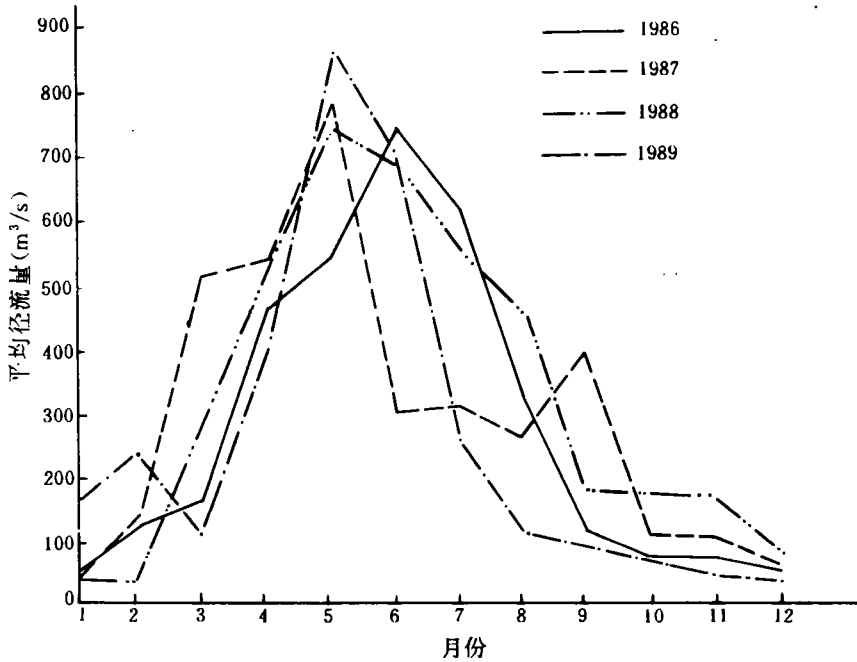


图 5—2 高道水文站月平均流量图

工植被结构比较简单,涵养水源的作用较小,但是也具有拦截降雨,阻缓径流,增加土壤入渗,减少地面径流,增加土壤蓄水的作用。根据南雄县太和水土保持站径流场测定结果,裸地与林草覆盖率 62.5% 的试验地,1990 年洪峰期 5~6 月份径流模数和平均径流系数相比较,裸地径流模数为 174 164.4 m³/km²,平均径流系数 0.53%;林草覆盖率 32.3% 的径流模数为 79 111.1 m³/km²,平均径流系数 0.24%;林草覆盖率 62.5% 的径流模数只有 42 103 m³/km²,平均径流系数 0.22%。林草覆盖率 62.5% 和林草覆盖率 32.3% 的径流模数分别比裸地减少 76% 和 55%,平均径流系数比裸地小 0.33 和 0.29。北江上游水土流失治理林草措施年拦蓄水量 133.6 万 m³,详见表 5—2,林草措施和工程措施拦蓄水量合计 2 603.64 万 m³,对汛期起了调洪作用,减少了汛期水源,初步改善了山区河水暴涨暴落的水文特征,减少了汛期水量,削减了洪峰,同时曾增加了枯水期流量,有利于工农业生产。从表 5—3 可见洪水 1989 年和 1984 年总流量差别不大,但是 1989 年枯水期流量占年总流量 27.7%,与治理前 1984 年枯水期 16.66% 相比增加 11.04% (1985 年比较特殊,汛期来得早,从 2 月份进入汛期,3 月份出现全年最大的洪峰,而且山区双峰型明显,退水比较晚)。从整个治理期间来看汛期流量有不同程度的下降,枯水期水量略有增加,河流水文形态得到了初步改善,不仅对山区防洪除涝抗旱具有重要作用,对下游河道开发利用也非常有利。

北江上游水土流失治理出现了变河床淤塞为河床下切,据实测小坑河平均下切了 0.45m,瀑布河平均下切了 0.26m,湖口河平均下切 0.32m。另外,经过水土保持治理的 12 条河流河床都有不同程度的下降(表 5—4),从而增加了过水断面,提高了河流泻洪能力,又减轻了沿河两岸农田积水成涝的灾害。

表 5—1 1990 年北江上游水土流失治理工程措施拦蓄水量\*

市区	工程措施	谷坊		拦沙坝		沟洫		水平梯田	
	拦蓄水量 (万 m <sup>3</sup> )	座	拦蓄水量 (万 m <sup>3</sup> )	座	拦蓄水量 (万 m <sup>3</sup> )	长度 (万 m)	拦蓄水量 (万 m <sup>3</sup> )	面积 hm <sup>2</sup>	拦蓄水量 (万 m <sup>3</sup> )
韶关	1205.65	12714	381.42	4816	481.6	276.63	276.63	44	66
清远	61.69	1525	45.71	18	1.8	14.18	14.18		
合计	1267.34	14239	427.13	4834	483.4	290.81	290.81	44	66

\* 韶关市 1986、1987 含清远市。

表 5—2 1990 年北江上游水土流失治理林草措施拦蓄水量\*

市区	林草措施	封山育林		水保林		经济林果		种草		薪炭林	
	拦蓄水量 (万 m <sup>3</sup> )	面积 (万 hm <sup>2</sup> )	拦蓄水量 (万 m <sup>3</sup> )	面积 (万 hm <sup>2</sup> )	拦蓄水量 (万 m <sup>3</sup> )	面积 (万 hm <sup>2</sup> )	拦蓄水量 (万 m <sup>3</sup> )	面积 (万 hm <sup>2</sup> )	拦蓄水量 (万 m <sup>3</sup> )	面积 (万 hm <sup>2</sup> )	拦蓄水量 (万 m <sup>3</sup> )
韶关	1116.4	2.3	681.8	0.7	109.4	0.3	42.3	0.03	9.2	1.8	273.7
清远	219.9	0.4	121.2	0.2	34.1	0.2	26.3	0.03	9.4	0.2	28.9
合计	1336.3	2.7	803.0	1.0	143.5	0.5	68.6	0.06	18.6	2.0	302.6

\* 韶关市 1986、1987 年含清远市。

表 5—3 浈水小古录水文站流量表

年度	地点	合计 (m <sup>3</sup> /s)	汛期流量		枯水期流量	
			(4~9 月) (m <sup>3</sup> /s)	占(%)	10~3 月 (m <sup>3</sup> /s)	占(%)
1984	小古录	488.82	407.4	83.34	81.42	16.66
1985	小古录	563.20	338.6	60.12	224.60	39.88
1986	小古录	375.80	270.7	72.03	105.10	27.97
1987	小古录	523.71	345.5	65.97	178.21	34.03
1988	小古录	561.20	376.5	67.09	184.70	32.91
1989	小古录	414.37	299.6	72.30	114.77	27.70

表 5—4 水土保持区河床下降情况

河流名称	河床下降 (m)			
	上游	中游	下游	平均
黄坑河	0.17	0.22	0.26	0.22
凌江河	0.10	0.13	0.17	0.13
新龙河	0.11	0.14	0.18	0.14
瀑布河	0.22	0.26	0.30	0.26
邓坊河	0.28	0.32	0.35	0.32
南庙河	0.10	0.15	0.19	0.15
江头河	0.18	0.20	0.25	0.21
宝江河	0.12	0.15	0.18	0.15
南山河	0.17	0.23	0.25	0.22
下洞河	0.17	0.20	0.23	0.20
大源河	0.15	0.18	0.21	0.18
大坪河	0.09	0.13	0.25	0.16

2、拦沙效应。北江上游水土流失治理修筑谷坊 14 239 座,拦沙坝 4 834 座,开挖水平沟埂 290.81 万 m,兴修水平梯田 44hm<sup>2</sup>,象本区崩岗逐一修建谷坊,拦截泥沙在黄土高原(称崩岗为大切沟)是前所未见的,而类似拦沙坝的淤地坝却不乏见,而紫色页岩区大行爆破修沟埂亦

不多见,可谓工程浩大,拦泥效益是不言而喻的。根据南雄县绿化水土保持办公室对该县开展综合治理的九条小流域,大洞河、大源河、南山河、宝江河、南庙河、邓坊河、瀑布河、新龙河、江头河等工程措施施拦沙效益实地调查测量,实测点 90 个,实测面积 3 734m<sup>2</sup>。测定结果,面状流失区年拦蓄泥沙量 748m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>,沟状流失区年拦蓄泥沙量 3 970m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>(表 5—5),粗略统计北江上游水土流失治理工程措施,年拦蓄泥沙量 208.62 万 t,这只是工程措施的拦蓄泥沙量,林草措施拦蓄泥沙量未计入。

表 5—5 北江上游水土流失工程治理措施拦蓄泥沙量

流域 名称	面状流失			
	测算点	实测面积	每 km <sup>2</sup> 拦蓄泥	侵蚀模数
	(个)	(m <sup>2</sup> )	沙量(m <sup>3</sup> )	[t/(km <sup>2</sup> ·a)]
合计(平均)	45	2210	748	973
大同河	5	300	823	1070
大源河	5	285	785	1021
南山河	5	200	860	1118
宝江河	5	220	561	729
南庙河	5	220	636	827
邓坊河	5	300	808	1050
瀑布河	5	285	935	1216
新龙河	5	200	726	944
江头河	5	200	598	777

流域 名称	沟状流失			
	测算点	实测面积	每 km <sup>2</sup> 拦蓄泥	侵蚀模数
	(个)	(m <sup>2</sup> )	沙量(m <sup>3</sup> )	[t/(km <sup>2</sup> ·a)]
合计(平均)	45	1524	3970	5161
大同河	5	192	4367	5677
大源河	5	190	4169	5420
南山河	5	196	4566	5936
宝江河	5	194	2978	3871
南庙河	5	184	3375	4387
邓坊河	5	188	4288	5574
瀑布河	5	168	4962	6451
新龙河	5	196	3851	5006
江头河	5	196	3176	4129

北江上游水土流失治理拦蓄了大量泥沙,可以从河流输沙量得到证实。北江水土流失治理前,由于本区山高坡陡,土质松散,土壤容易遭受侵蚀,降水量多,暴雨集中,暴雨频率大,加速了土壤侵蚀的营力,加上森林遭到三次大砍伐,植被受到破坏,水土流失面积日益扩大,土壤侵蚀强度日趋加剧,河流输沙量不断增加。据北江上游浈江小古录水文站资料,60 年代从 1960~1969 年 10 年年平均浈江输沙量只有 49.5 万 t,至 70 年代(1970~1979 年)10 年年平均浈江输沙量增加到 56.5 万 t,比 60 年代增加 12.4%。进入 80 年代的前半期浈江输沙量进一步增加,从 1980~1985 年只有 6 年期间平均输沙量增加到 62.1 万 t,比 70 年代增加 9.0%。造成河流淤塞,航运里程缩短,山圪、水库淤积,灌溉渠道堵塞,洪水灾害频繁,人民生活贫困,下游汛期险情环生,甚至威胁到广州和珠江三角洲,正如省人大考察组建议中指出的“已经到了非治理不可的地步了”。1985 年省人大六届三次会议通过“关于北江上游水土流失治理”议案实施以来,从 1986~1989 年 4 年浈江输沙量开始下降,年平均输沙量下降到 48.7 万 t,比 80 年

代前半期下降 21.6%,比 70 年代下降 13.8%(表 5—6)。从此结束了浈江输沙量逐年上升的历史,在广东省水土保持史上将永远记下这一页。从浈江含沙量来看,60 年代到 80 年代前半期也是逐年增加的,但治理前后几乎没有变化,主要原因是 1987 年整治时南雄县全民动员大搞水土保持,修建了大量工程,动土方量大,造成短期内水土流失加剧,使浈江含沙量一度陡增。但这次大规模的保工程建设,却奠定了该县保持水土的基础,在广大干部、群众中,进行了一次深入广泛地水土保持教育,提高了认识,使水土保持事业得到持续发展。

表 5—6 浈水不同年期输沙情况

项目	1960~1969	1970~1979	1980~1985	1986~1989	(2) : (1)	(3) : (4)	(4) : (3)
	(1)	(2)	(3)	(4)			
年平均输沙量( $t \times 10^4$ )	49.5	56.5	62.1	48.7	+12.4%	+9.0%	-21.6%
年平均含沙量( $kg/m^3$ )	0.31	0.38	0.393	0.39	+18.4%	+3.3%	-9.076%

浈江和连江输沙量在治理期间和治理前 10 年输沙量相比,减少 59.8 万 t,并按输移比 0.22 计算,浈江和连江由于水土流失治理减少输入江河的泥沙量 271.8 万 t。浈江二级支流小坑河治理,土壤侵蚀模数治理前  $3768t/(km^2 \cdot a)$ ,治理后下降到  $517t/(km^2 \cdot a)$ ,经河流三个断面实测减少泥沙  $60876m^3$ ,每年减少输入浈江的泥沙 10653.2t,小坑河是浈江上游的支流,流程比较短,河流泥沙的分选作用,沉积量较大有关。另外由于修建了大量水土保持工程,营造了水土保持和封山育林等,拦截了大量泥沙,大大减少了山圪、水库淤积,相对增加了库容。如小(一)型围背水库,治理前后 4 年时间对比泥沙淤积量,从 2.6 万 t 下降到 0.84 万 t,减少 68%,正常库容增加 30 万  $m^3$ 。由上可见水土保持调洪拦沙的重要作用,过去水利部门治水多采取防御性措施,修水库,筑河堤,束水为主,造成头痛医头,脚痛医脚,被动挨打的局面,忽略了自然规律,水沙关系。也就是说治河必先治山,治水必先治沙,沙患不除,水患无穷。河流泥沙不断增加,河流淤塞,河床不断上升,河堤越筑越高,潜伏的危险性越大;很多山圪水库泥沙淤积,库容减小,有的水库变成了沙库,灌溉面积逐年减小,河道淤塞,汛期河水泛滥,良田变沙滩,航程日渐缩短,星子河航运史的结束,这些活生生的事实已经足够引起我们的重视了。如何除害兴利,必须注重搞好水土保持工作,尊重自然规律,主攻重点产沙区,堵截沙源,变河床淤高为河床冲刷下切,延长水库寿命,提高灌溉效益,使我们的水利事业更好的为民造福。

3、保护土壤防止水土流失。造成土壤侵蚀的因素,降雨是难于控制的,但地貌因素、植被因素、地质和土壤内在性质是可以通通过人为活动调节。在地貌因素中若能兴修梯田,改变小地形,或进行合量垦耕,在自然条件下坡地上植被覆盖良好也无碍大事。因此保护土壤,防止土壤侵蚀方面,人类的作用主要在于改变小地形和恢复植被。南雄县紫色页岩坡耕地年侵蚀模数  $2万t/(km^2 \cdot a)$ 左右,这是在土层很薄的情况下,表层土壤被冲蚀殆尽,下层基岩冲不动情况下的结果;我们在英德县花岗岩形成的赤红壤湿地松苗圃地观测,从湿地松幼苗根系出露情况,测算得平均土壤侵蚀模数达  $5.2万t/(km^2 \cdot a)$ ,这是坡度  $2 \sim 3^\circ$  的畦上测量结果。如果在坡度较大的坡耕地上,侵蚀量还会更大些,和黄土高原坡耕地侵蚀模数  $15 \sim 30万t/(km^2 \cdot a)$ 相比,当然是小的多。但说明红壤、赤红壤地区虽然土壤抗蚀能力较强,但降水量多,暴雨强度大,坡地人为开垦后不注意水土保持工作,土壤侵蚀量还是很大的。有人主张在严重水土流失区,把人全部迁移,让其自然恢复植被,这不是发挥人类主观能动性,改造大自然的方法,正确的做法

应该是遵循自然规律,发挥人类主观能动性,有目的的有意识地改变环境,改造地形,恢复植被。人类为了求得生存,必然要索取能源,包括植物、动物能源,还有作为燃料的热能。在人口不断增加的情况下,有限的平原土地能够提供的自然资源毕竟是有限的,因此必然由平原转向山区丘陵,这样就出现了水土流失和水土保持的问题。而人类在改变地形方面,主要的作用是变坡地为水平梯田或水平阶,南雄县资料证明修建水平梯田、水平阶,可以减少泥沙70%以上(表5—7)。

表5—7 不同土地利用水土流失状况

地点	调查面积 (m <sup>2</sup> )	坡度 (%)	地形 部位	开垦(利用) 年限(a)	土层厚度 (cm)	年流失土 层厚(cm)	备 注
珠玑乡 麦里元	1	17	坡脚	8	13	5	红壤土,山坡横坡开垦种花生
大圹乡土孔 村门口岭	2000	15	坡脚山 腰、山顶	5	16.4	13.4	红壤土,顺坡开垦种花生
黎口乡荆江 大岭背	35	15	山腰	15	20	3.3	紫色土,梯田开发种经济作物
黄坑乡秀圹 坑冷水井	150	15	山腰	20	15	4.5	紫色土、梯田开发种经济作物
古市乡古 市桥山	60	15	山腰	10	14	14	紫色土,顺坡开垦
新尤乡杨梅 坑大岭钉	15.5	18	山腰	3	25	11.67	紫色土,不合理开垦荒地

植被对于保护土壤,防止土壤侵蚀方面具有特殊的功效。植物地上部分覆盖地面,特别是乔、灌、草结合的植被具有多层覆盖、层层拦截降雨避免雨滴直接打击地面,消除或减弱雨滴溅蚀的土壤侵蚀营力,消除了土壤发生侵蚀的前过程,有效地保护了土壤。丛状生长的灌木和草本植物以及乔木植株,可以阻缓地面径流,改变径流形态,使直流变为绕流从而增加了流程,减缓了流速,增加了土壤入渗,减少了流量,这些都有利于减少土壤冲刷,保护土壤。特别是地表植物的枯枝落叶层和腐殖质层,不仅具有拦截,阻缓坡面径流的作用,而且腐殖质是形成土壤团粒最好的胶结剂,它胶结形成的团粒水稳性强,所以林下土坑疏松,有效孔隙多,透水性强,不容易形成地面径流。既然地面径流是冲刷和挟带侵蚀土壤的主要营力,地面径流消失或削弱,都有利于保护土壤。植物的地下部分,具有强大的根系,是机械固结土壤,防止土壤冲刷和土壤重力侵蚀的重要因素,特别是中、成熟林深根系树种,根系发达的阔叶树种是机械固结土壤防止土壤冲刷和重力侵蚀的重要因素。国内外许多学者、专家曾大量发表文章,推荐在水土保持中采用植被措施应用在工程方面,使铁路、公路、矿山保持边坡稳定;预防和治理边坡崩塌(滑塌)滑坡方面,也广泛采用种植深根性乔木,但是也有人持不同意见,认为树木是造成崩岗边坡不稳定的因素,因此在治理崩岗措施中“不准在已发生崩陷作用的崖壁周围植树”,“已植了的树,特别是大乔木应马上砍倒”。根据我们在广东各地土壤侵蚀和水土保持调查,包括1982年和1983年英德县大暴雨造成大面积滑塌、滑坡地区,发现在花岗岩风化壳形成的赤红壤和红壤上,没有乔木的灌木,草地和稀疏马尾松灌丛草地,植物根系浅,土壤渗透性强,蓄水量大,是造成滑坡,滑塌的主要分布区乔木稀疏的林区或林间空地,在坡度比较陡峻的情况下也有发生,但并不能泛指林区。在有一定密度中、成熟林的林区,树根盘根错节,互相交织,牢固地固结土壤,边坡稳定,不发生滑坡和滑塌现象。砍树、还是栽树,我们认为还是栽为上策。目前北江流域较大面积分布着没有深根系乔木的灌丛草地和稀疏马尾松灌木草地,潜伏着严重

土壤重力侵蚀(滑坡、滑塌)的危险,因此栽树栽得越好,以深根性乔木为主,密度 $3\,000$ 株/ $\text{hm}^2$ 上,避免出现暴雨引起大面积滑塌、滑坡的重力侵蚀灾害。

植被在保护土壤,防止土壤侵蚀的效果是显著的,根据南雄县太和水土保持站角米形试验区观测,该区设三个试验场,2号场为光板地原貌区,集雨面积 $1\,295.5\text{m}^2$ ,1号场为初步治理区,植被郁蔽度 $60\%$ ,配有工程措施,面积 $1\,395.38\text{m}^2$ ,4号场为基本治理区,植被郁蔽度 $90\%$ ,配有工程措施,面积 $1\,569\text{m}^2$ 。根据1989年试验结果,2号场侵蚀模数 $16\,004.5\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ ,1号场侵蚀模数 $210.21\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ ,4号场侵蚀模数 $130.318\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ , (详见表5—8)。经过治理的4号场和1号场与对比的原貌光板地(2号场),分别减少泥沙 $99.2\%$ 和 $98.7\%$ 。

表5—8 南雄县太和水土保持站试验区径流泥沙试验结果

项目	单位	2号径流场	1号径流场	4号径流场
治理情况		未治理	初步治理	基本治理
集雨面积	$\text{m}^2$	1295.5	1395.38	1569.0
年降雨总量	mm	1073.5	1073.5	1073.5
产生径流次数	次	35	34	33
产生径流总降水量	mm	895.7	882.3	878.9
年侵蚀模数	$\text{t}/\text{km}^2$	16004.5	210.21	103.38

### 5.1.2 振兴山区大农业经济的实效

1、增加农业粮食产量和人均收入。江河治理不仅在于江河的本身,治河要和治山相结合,治河之本在于治山,过去搞水土保持时强调蓄水拦沙,忽视了开发致富,以致水土保持成果无法巩固。这几年强调水土保持要从蓄水拦沙的低层次,发展到蓄水拦沙生财的高层次,提高社会效益。水土保持是合理保护开发利用土地资源,保障江河水源,稳定水文形态,改变山区山光、地瘦、人贫面貌,使山区人民脱贫致富的伟大社会工程。北江上游水土流失治理,在治理措施上,由单纯的防护治理,转变为开发性治理,根据自然资源有计划的合理开发利用,形成商品基地,以生态效益为前提,以经济效益为核心,建设脱贫致富的扎根项目,调动了山区广大干部群众的积极性,水土保持得到了不断发展,巩固了水土保持成果。一是发展水土保持林果,例如阳山县在水土流失区初步建成了 $0.2$ 万 $\text{hm}^2$ 板栗商品生产基地;二是选择培育有开发价值的经济作物,例如英德县建成的茶叶商品生产基地,南雄县建成菠萝麻商品生产基地,连县建成的龙须草商品生产基地;三是缺少燃料地区发展薪炭林;四是积极改造沙渍地,还田还果,新修梯田扩大耕地面积,保护农田,提高粮食产量。南雄县和连县水土保持试验推广站积极筛选并推广了一批既有生态效益,又有经济效益的植物如龙须草、菠萝麻、黑荆等,集中力量积极发展成为品质兼优,有一定生产能力,既能保土又较好经济价值的商品生产基地,增加社会财富,改善了人民生活条件,取得较好的社会效益。

南雄县水土流失面积占北江上游水土流失面积近 $70\%$ ,根据南雄县水土流失治理区18个乡镇(镇)调查,治理前1985年粮食总产量 $156\,246\text{t}$ ,农业总产值 $17\,949.1$ 万元,每人平均收入 $489$ 元,治理后1990年粮食总产量 $151\,322\text{t}$ ,农业总产值 $32\,518.78$ 万元,人均收入 $802$ 元。治理前后相比粮食总产量略有下降,原因是粮食单产虽有提高,但种植粮食面积因改种其它作物每年下降 $230\text{hm}^2$ ,而农业总产值有较大幅度增长,比治理前增长 $52.2\%$ ,每人平均收入增长 $39\%$ 。但是我们从重点治理的12条小流域来看,治理前1985年粮食总产 $1\,183.4\text{t}$ ,农业总产值 $9\,855.5$ 万元,每人平均收入 $530.9$ 元,治理后1989年粮食总产 $1\,250.2\text{t}$ ,农业总产值 $26\,508.7$ 万元,人均收入 $829.75$ 元。治理前后对比,粮食总产和农业总产值都有增加,其中粮

食增长 5.3%, 原因除了单产提高外, 主要是改造了水土流失危害的农田 0.6 万  $\text{hm}^2$ , 其中包括沙渍地还田 187.5  $\text{hm}^2$ , 农业总产值增长 62.8%, 每人平均收入增加 36% (表 5—9)。

表 5—9 小流域水土保持治理效益调查

小流域 名称	1985 年				
	社会总产 (t)	果树 ( $\text{hm}^2$ )	年产果品 (t)	农业总产值 (万元)	人均收入(元)
大洞河	10194	20.3	48.8	961.6	509
大源河	10499	38.7	92.8	755.5	504
南山河	14094	21.5	51.5	1030.2	500
宝江河	37855	8.5	20.5	377.7	487
红头河	72788	12.6	30.3	480.8	511
南庙河	60618	70.1	168.3	515.1	479
邓坊河	92861	30.4	72.0	858.5	520
瀑布河	13321	54.6	131	1236.3	618
新龙河	10198	52.6	126.3	652.5	424
黄坑河	7190	32.5	779	857.4	522
凌江河	17931	56.8	136	1620.6	570
大坪河	3493	11.1	266	509.3	697
合计	118337	410.2	982	9855.5	平均 530.9

小流域 名称	1989 年				
	社会总产 (t)	果树 ( $\text{hm}^2$ )	年产果品 (t)	农业总产值 (万元)	人均收入(元)
大洞河	12681.65	123.5	157.4	2917.9	834
大源河	9410.8	159.4	203.3	2317.2	825
南山河	13323.8	503.9	217.5	3171.1	820
宝江河	3805	148.9	189.9	1088.7	799
红头河	7106	85.6	109.2	1444.6	839
南庙河	6233.5	431.1	549.6	1518.9	875
邓坊河	9039.5	172.7	220.2	2554.0	853
瀑布河	14508	201.7	257.2	3788.7	1013
新龙河	10010.9	212.1	270.6	1945.1	696
黄坑河	7396	160.3	204.4	1775.9	789
凌江河	27881	430.3	548.7	2986.3	848
大坪河	3625	49.5	63.2	1000.3	856
合计	125021.6	2679.1	2990.9	26508.7	平均 829.72

2、促进多种经营全面发展。水土流失造成贫困的原因是不合理利用土地, 忽视自然规律, 没有因地制宜的发展农业生产, 农、林、牧、副、渔产业结构不合理。例如我们一度搞的“以粮为纲”, 滥垦荒地, 向山要粮, 陡坡开荒大种革命粮——木薯。“以粮为纲”一网打尽, 只能搞粮食生产, 搞一点副业、养殖业就成了走资本主义道路, 还要割人家的“资本主义尾巴”。牧、副业搞不上去, 在 0.03  $\text{hm}^2$  耕地上挣扎, 农业在社会生活中是很重要的, 但不能畸形发展, 在占土地总面积 70%~80% 的山区, 大搞一业为主, 忽视了林、牧、副、渔的发展, 这样不合理的利用土地, 农民是富不起来的。我们认为要跳出 0.03  $\text{hm}^2$  耕地的小圈子, 以水土保持为纽带认真保护、利用土地, 经营山区, 开辟新的生产领域, 增加新的经营内容, 真正实现向生产的广度和深度进军, 大搞鲜果干果、油茶、黄烟、龙须草、菠萝麻、剑麻、蚕桑、食用竹笋等生产基地, 等于新开辟一个农业生产领域, 产品和财产大增。同时大力发展本区生产历史悠久、土地适宜, 目前正在大面积种植的本本粮油板栗、柿子、红枣、油茶等等, 等于增加了粮食油料耕地面积, 总比陡坡地

上种木薯、花生强;同时建立强大的创汇农业基地,例如上述生产基地中板栗、竹笋不仅可以满足国内城市市场的需求,而且国外市场也很走俏。这些产品大量生产,必然带动加工业和服务行业的发展。总之以水土保持为桥梁,走开放型新农业的道路,大力发展林、牧、副、渔,调整农、林、牧、副、渔的产品结构,才能使山区脱贫致富,山区农民才能富裕起来。下面我们看一下,经过水土流失治理的7条小流域,五业产值结构组成的变化(表5—10)。一部分治理小流域林、牧业产值增长比较快,还有一部分农业产值持续增长,主要原因是本区主要经济收入靠经济作物黄烟,这几年发展快,而经济作物的产值又计入种植业的农业中,所以农业的总产值持续增长;另一方面北江上游水土流失治理以来,由于水土流失危害的沙渍地还田等土壤改良面积大,收效比较好也增加了农业产值(表5—11)。

表5—10 水土流失治理小流域农林牧副渔产值结构

小流域 名称	1985年农林牧副渔各业比值					1989年农林牧副渔各业比值				
	农	林果	牧	副	渔	农	林果	牧	副	渔
黄坑	64	5.3	11.4	16.1	3.0	76	2.53	11.8	11.1	3.4
凌江	64	5.3	11.5	16.1	3.0	58	11.0	17.5	8.0	4.9
新龙	64	7.6	10.8	14.8	2.6	58.9	7.9	19.1	9.3	4.8
瀑布	64.6	7.0	10.1	14.9	2.6	73.0	4.0	12.8	6.4	3.8
邓坊	64.7	6.8	10.9	15.0	2.6	73.1	1.7	15.9	5.1	4.3
南庙	63.5	8.6	10.7	14.7	2.6	60.7	10.9	18.0	7.0	3.4
红头	64.8	6.7	10.9	15.0	2.6	64.3	5.2	19.9	8.4	2.1

表5—11 小流域治理改良土壤情况

小流域	沙渍地还田 (hm <sup>2</sup> )	新开滩地 (hm <sup>2</sup> )	改造低产田 (hm <sup>2</sup> )	保持农田 (hm <sup>2</sup> )
黄坑河	4.5	3	217.7	118.8
凌江河	3.9	4.9	408.7	190.7
新龙河	8.5	2.5	170.3	98.7
瀑布河	57.2	13.3	331.3	525.3
邓坊河	16.4	6.5	597.4	254
南庙河	12.7	3.9	14.5	153
红头河	15.3	4.9	102.9	190.9

由于粮食产量提高,农林牧副渔五业产值增长,农业总产值增加,每人平均收入由1985年630.9元,增加到1989年829.75元,每人平均增加收入298元,比梅州市8条小流域调查统计,每人平均收307.75元多近2倍,因此脱贫户、致富户大批涌现(表5—12)。根据12条治理小流域,新建房屋23615座,建筑面积547677m<sup>2</sup>,购置汽车257部,拖拉机1705台。农民生活得到改善,提高了治山治水的积极性,从而出现共建山区,共同致富、安定团结的局面。但是我们还要看到,根据12条治理小流域调查统计,目前还有2485户,11348人分别占总户、人数的5%和5.2%,还处在生活贫困中,大多数人还处在刚刚脱贫阶段,还要继续提高水土保持质量,稳定治理速度,突出经济效益,把水土流失的治理与开发做得更好,使更多的人富裕起来,造就更高级的良性生态循环。



5.2 生态效益

北江上游流域的生态环境,不仅对粤北,而且对下游地区影响巨大,粤北山区是下游广州和珠江三角洲的生态屏障,不仅是影响到森林资源和动物资源的简单数量问题,粤北山区生态的优劣,还直接影响到北江的水源、水文形态、洪涝灾害以及工农业生产建设 and 政治稳定。北江上游流域水土流失治理 5 年来修建了大量的水保工程,造林种草(包括经济林果)6.2 万 hm<sup>2</sup>,植被覆盖率增加,土壤肥力提高,改善了小气候,自然灾害减少了,对北江流域开发利用和保证下游改革开放都具有重要意义。

表 5—12 水土流失治理小流域脱贫致富情况

小流域	脱贫致富				新建房屋		汽车	拖拉机
	户	人	户	人	座	(m <sup>2</sup> )	(部)	(台)
黄坑	2379	11884	482	2405	1530	35508	12	61
凌江	6807	36434	1379	7381	4692	108848	23	116
新龙	3192	13885	641	2788			23	159
瀑布	4461	19405	960	4176	2762	64074	31	213
邓坊	3354	14590	679	2953	2076	48179	17	118
南庙	2134	9283	432	1879	1321	30652	24	137
红头	1987	8643	402	1749	1231	28549	28	145
宝江	1400	6090	283	1231	867	20113	25	187
南山	5076	22080	1028	4472	3143	72919	15	168
下洞	4875	21206	987	4293	2934	68078	23	183
太源	3580	15573	725	3153	2216	51424	18	179
大坪	1297	6472	263	1312	833	19333	18	45

5.2.1 增加林地面积,提高植被覆盖率 植被是陆地生态的主体,它具有多种功能和综合效应,没有植被只能是山光、地瘦、水尽、人穷。因此治山治水的根本出路,在于发展植被,造林种草要适地适树、多种植物配合,改变过去以用材林为主,林种单纯,树种单一的状况,逐步建立一个多树种混生的,符合生态要求多功能多用途的植物结构。一个国家如果没有一定数量和质量、由多林种有机组成,并在地域上分布合理,生产力高的森林资源体系就很难达到森林植被生态效益、经济效益和满足人民生产、生活的需要。过去林业经营上大多是大木头挂帅,围绕木材为中心转,在林种划分上很不注意发展和划分其它林种。北江上游用材林面积 103.1 万 hm<sup>2</sup>,占有林地面积的 83.2%,其它林种占比例很小,这次北江上游水土保持注意了林种搭配,增强水土保持效益,水土保持林面积发展了 1.0 万 hm<sup>2</sup>,薪炭林面积 2.0 万 hm<sup>2</sup>。必须指出营造水土保持林草的目的要求和林业造林要求不同,林业要求树木株数 2 250 株/hm<sup>2</sup>,在水土保持要求上是不够的,为了防止地面径流,造成土壤侵蚀和重力侵蚀,必须要求造林密度 3 000 株/hm<sup>2</sup> 以上。当然不同树种有别,另外林业达标只考虑单位面积成活的林木株数,而水土保持则要求除了林木株数外,强调草本地被物和中层灌木覆盖地面,例如马尾松林、桉树林下地面光秃,土壤面蚀仍然严重,树根裸露,是不符合水土保持要求的。有资料报导,森林下面的土壤侵蚀比无林地强,就是指林下地面无地被物而言的。因此不同的林种有不同的营林目的,水土流失区以防止水土流失为目的的就要按照水土保持的要求营林,同样都是营林,但目的不同,要求方法不同,不能相互代替。

另外关于封山育林的问题,被誉为“中国式造林法”的封山育林,在广东省降水量多、气温高、水热资源丰富,充分利用本区丰富的自然生产力,是迅速扩大森林恢复良性生态平衡,既经

济而又有效的措施。北江上游目前众多的水土流失区,都是星星点点地块状镶嵌在森林中,水土流失区主要分布在人烟稠密,森林破坏后的丘陵低山区。但是水土流失比较轻的面状和沟状侵蚀区,虽然植被比较稀疏,但仍然残存有较多针阔叶树种幼苗,附近森林树木的种子也会通过大风、飞禽走兽带来。在目前尚缺乏营造大面积混交林经验的情况下,封山育林仍是恢复针叶阔叶树混交林,调整树种结构的有效途径。利用林木自然繁殖能力,严格实行封山育林,一般坚持 5~10 年就可以使稀疏草地的植被逐步恢复,不少村庄附近的石山“风水”林,林相整齐,林木茂密青翠就是例证。当然封山育林不能在光板地上进行,光板地封山育林是育不出来的,必须人工种植,然后封山。

北江上游水土流失区采取封、管、造结合,以草先行逐步建立起乔、灌、草结合的立体水土流失防护体系,根据韶关市统计 1990 年与治理前相比有林地面积增加,无林地面积减少,灌木林地多中有减,疏林地面积仍然没有恢复过来。1985 年有林地面积只有 90 万  $\text{hm}^2$ ,而 1990 年为 105.8 万  $\text{hm}^2$ ,增加 14.9%;无林地面积 1985 年是 33.8 万  $\text{hm}^2$ ,1990 年只有 2 万  $\text{hm}^2$ ,减少 94.1%;灌木林地面积 1985 年 4.5 万  $\text{hm}^2$ ,1990 年 5.0 万  $\text{hm}^2$ ,多 8.6%,但是治理前灌木林地面积比 1974 年就多 81.3%。因此 1990 年灌木林地的面积,相对来说还是减少了,疏林地面积 1985 年有 5.4 万  $\text{hm}^2$ ,1990 年是 5.2 万  $\text{hm}^2$ ,少 3.2%。从总的来看无林地面积减少,灌木林地面积也相对下降,而有林地面积增加。森林活立木蓄积量 1985 年 3 868 万  $\text{m}^3$ ,1990 年 4 275 $\text{m}^3$ ,森林覆盖率 1985 年 52%,1990 年提高到 60.22%。

表 5—13 南雄县小流域植被调查结果

小流域	治理面积 ( $\text{km}^2$ )	植被覆盖率(%)		森林覆盖率(%)		林木蓄积量(%)	
		1985 年	1989 年	1985 年	1989 年	1985 年	1989 年
黄坑河	13.71	10.2	17.2	8.2	9.2	102956	122762
凌 江	22.0	29.4	38.7			671405	800567
新龙江	11.45	30.5	42.0	28.5	32.0	202158	241048
瀑布河	60.62	44.0	55.1	42.0	47.0	498835	594800
邓坊河	29.31	21.4	29.7	19.4	21.7	110324	131548
南庙河	17.65	58.0	70.8	56.0	62.8	179473	213999
红头河	22.04	79.9	85.3	68.9	77.3	238732	284658
宝江河	17.6	45.6	56.9	43.6	48.9	115637	137883
南山河	36.59	36.6	46.9	34.6	38.9	190811	221579
下洞河	44.12	33.9	43.8	31.9	35.8	187425	223480
大源河	25.63	18.5	26.5	16.5	18.5	121152	144459
大坪河	14.91	50.8	62.7	48.8	54.7	159721	190447
合计	315.03	38.2	47.8	35.7	39.8	2315524	2756025

表 5—14 树木生长情况试验

树种	树龄 (a)	移植苗 高(cm)	种植数 量(株)	树高(cm)		地径(cm)		冠幅 (cm)	成活率 (%)	郁闭率 (%)
				平均	最高	平均	最粗			
川楝	3	40	193	147.4	440	1.87	7.6	93	80	40
台湾相思	3	20	146	71.9	160	1.2	2.2	46	27.4	8
任豆	3	35	369	160.0	275	1.7	4.6	78	81	20
黄檀	3	10	192	87.0	167	2.4	4.8	82	84	23
银合欢	3	25	350	435	655	胸径 3.5	胸径 6.3		91	50

北江上游水土流失区,大部分是光板地和稀疏草地,土壤干旱、瘦瘠,立地条件严酷,植被

恢复困难,按林业部门划分这部分土地属于水土保持部门的治理任务。经过5年的建造,植被恢复比较明显,植被覆盖率和森林覆盖率都有所提高。根据南雄县12条小流域调查结果(表5—13),可见植被覆盖率47.8%,比治理前提高20%,森林覆盖率39.8%,比治理增加13.0%,总的来说植被逐步恢复,生态环境有所改善。必须指出南雄县水保站在南雄县绿化水土保持办公室领导下,对紫色砂页岩水土流失区治理,进行了大量引进优良植物品种的试验研究工作,取得了显著成绩,为紫色砂页岩水土流失地区恢复植被,保持水土做出了重要的贡献。试验研究认为在紫色砂页岩水土流失区,主栽树种以 *K<sub>156</sub>* 银合欢 (*Leucaena leucocephala* *Salvder*) 和川楝 (*Mola tesenden*) 最好,耐干旱、瘠薄,生长速度快。1987年3月种植到1989年12月测定 *K<sub>156</sub>* 银合欢生长最快,平均高度435cm,其中最高655cm,最矮330cm,胸径6.3cm;川楝平均高度147cm,最高440cm,胸径4.6cm,可以作为紫色砂页岩区造林绿化的先锋树种。其次是任豆 (*Zenia insignis*),平均高度160cm,黄檀 (*Dalbergia hupeana*) 平均高度87cm,最差的是台湾相思 (*Acacia confusa*),平均高度72cm,最高160cm,最矮的仅21cm。成活率也以 *K<sub>156</sub>* 银合欢最高91%,依次是黄檀、任豆、川楝等都在80%以上,台湾相思仅存活27.4%(表5—14)。连县水保站在工程和坡面进行多品种的乔、灌、草配置试验结果认为①龙须草 (*Eulaliopsis binafa*)—银合欢 (*Ceucaglauca*( $\tau$ )*Bcmta*)—苦楝 (*Melia azedarach*  $\tau$ .) 混交种植;②小冠花—银合欢—苦楝混交,③湿地松 (*Pinus elliotii* *Engelm*)—龙须草混交以及湿地松—相思—猪屎豆 (*Crotalaria mucronata* *Desv*)—银丝草 (*Evolvulus alsinoides*  $\tau$ .)—夹竹桃 (*Ncriam indicum*) 混交都很成功,具有耐高温、干旱、粗生快长、固土蓄水、绿化覆盖效果好,生态效益高,经济效益也较为明显。

5.2.2 改善立地条件,优化土壤生态环境 自然环境是个有机的整体,气候、植物、土壤之间是互相联系,互相促进和互相制约的。植物是陆地生态的主体,土壤是支持植物生长和水肥的供应者。北江上游水土流失治理,保护土壤,提高土壤养分和水分涵养能力,对土壤机械组成,水稳性团粒结构和土壤紧实度改良等,改善了自然植物和农田作物的立地条件。特别是与植物生长关系密切的自然土壤表层和农地耕作层的土壤化学、物理性状,使植物生长发育的环境有所改善。

通过调查研究本区土壤侵蚀的泥沙,主要来自山地丘陵坡面,尤其是自然土壤表层和农耕地耕作层的流失为甚,是造成土壤砂化(母质化)和养分贫乏的主体。按北江上游浈江和连江流域,由于水土保持拦蓄泥沙271.8万t计,每年挽回养分损失有机质7.06万t,全氮0.27万t,全磷0.32万t,全钾6.5万t。据华南农业大学土壤物理教研室对土壤生态环境的研究,紫色砂页岩风化地壳紫色土地区,植被覆盖度100%没有水土流失的罗佛寨后龙山,与经过治理的植被覆盖度62.5%,并配备有工程措施的4号径流场和未经治理的2号径流场土壤养分含量相比较(表5—15),无水土流失的罗佛寨后龙山土壤比经过治理的4号径流场和未治理的2号径流场,表层土壤有机质分别高出26.5倍和60.3倍,而4号径流场又比2号径流场增加2.3倍,土壤全氮分别提高2.7倍和10倍,4号径流场比2号径流场土壤全氮增加3.6倍。紫色砂页岩风化壳中全磷、全钾比较丰富,但是由于土壤形成过程中,发育程度不同释放和累积的有效磷、钾含量有别,与植物的吸收利用也有很大的关系,当土壤有效成分含量不是极端丰富的情况下,从土壤中残留的有效成分中,很难作出正确的土壤肥力判断。从土壤酸碱度来看,由于经过治理和无水土流失的土壤,  $\text{CaCO}_3$  被雨水降落过程中溶解了一部分的  $\text{CO}_2$  作用,使  $\text{CaCO}_3$  变成了  $\text{CaHCO}_3$  而流失,所以酸碱度(pH)有所下降。兴修水平梯田是保持土壤的重要

工程措施，特别在紫色砂页岩地区，稳定土层，增长成土年龄，使进土壤形成发育过程具有重要意义。我们将 50 年代末修建的李井梯田与黄坑新修梯田和未治理的 2 号径流场土壤养分进行比较，老梯田表层的土壤有机质比新梯田和未治理的土壤增加 4 倍和 9.1 倍，土壤全氮增加 1.2 倍和 4.1 倍，土壤酸碱度也有所下降(表 5—15、表 5—16)。

表 5—15 水土流失区和非流失区养分变化情况

取样地点	取样深度	酸碱度 (pH)	有机质 (%)	全氮 N(%)	全磷 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	全钾 K <sub>2</sub> O(%)	有效氮 N(mg/kg)	有效磷 P(mg/kg)	有效钾 K(mg/kg)
2 号径流场	表层	8.4	0.0911	0.0366	0.125	2.454	24.1	9.0	141.0
2 号径流场	底层	8.25	0.159	0.0100	0.0898	1.596	16.0	3.9	90.2
4 号径流场	表层	8.09	0.207	0.123	0.144	2.544	18.2	2.6	125.8
罗佛寨后龙山	0~10cm	5.66	5.49	0.3366	0.1026	3.48	220.7	9.9	358.2
罗佛寨后龙山	10~20cm	6.65	3.40	0.2473	0.09005	4.26	149.5	4.3	249.8
罗佛寨后龙山	20~40cm	6.16	1.84	0.1035	0.09547	4.94	96.6	12.8	195.9

表 5—16 梯田土壤养分情况

取样地点	取样深度	酸碱度 (pH)	有机质 (%)	全氮 N(%)	全磷 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	全钾 K <sub>2</sub> O(%)	有效氮 N(mg/kg)	有效磷 P(mg/kg)	有效钾 K(mg/kg)
黄坑新梯田	表层	8.36	0.209	0.114	0.195	3.815	21.2	3.4	179.2
黄坑新梯田	底层	8.42	0.0687	0.061	0.109	2.952	17.3	1.9	109.3
李井田	0~10cm	8.01	0.83	0.139	0.111	2.486	43.4	3.0	104.2
李井田	20~30cm	8.02	0.671	0.134	0.113	2.496	44.1	1.9	92.5
李井田	30~40cm	8.00	0.59	0.136	0.108	2.544	46.1	3.7	87.2

植物和其它生命物体一样不仅要食饱，而且要渴水和生活得舒适，没有水就没有生命，没有土壤的成土母质，块状岩屑，孔隙多，地下温度随着地面温度的变化而变化，忽冷忽热影响植物根系对土壤养分的吸收和生命活动，而土壤紧实度则直接影响到植物根系的伸展。岩石通过物理风化和化学风化，将矿物分解成泥粒和粘粒，是产生土壤蓄水保肥性能的主要物质，影响着土壤的化学性质和水分物理性质。紫色砂页岩吸热性强，冷热变化大，而且胶结物 CaCO<sub>3</sub> 容易溶解，所以层状风化快，容易形成块状岩屑，也容易被地面径流挟带流失，往往来不及发生成土过程，母岩碎屑就被流失，残积风化物很难形成土壤细粒，泥粒和粘粒吸水持水能力很低，而且水分容易蒸发耗损，地质过程大于土壤形成过程。紫色砂页岩风化物在不断风化不断流失，再风化再流失的情况下，长期处于母质状态，缺乏土壤特有的持水保肥能力，或者这种能力很弱。治理水土流失实行造林种草，修建拦沙坝、谷坊，蓄水拦泥，保持土壤，使母质风化物残积地表不再流失，地质过程减弱，土层稳定，成土过程加强。岩石碎屑通过物理风化和化学风化，以及生物作用下，碎屑逐渐变为泥粒、粘粒，以及有机无机复合胶体，使土壤吸水持水性能和保肥

能力加强,为植物生长创造良好的水、肥、气、热、环境条件。当然也有成土年龄问题,例如老梯田(或罗佛寨后龙山自然土壤)土壤物理性能就比 4 号径流场也好,而 4 号径流场又比没有治理的 2 号径流场好,这是自然规律。表 5~17 可见未治理的 2 号径流场>3mm 的大粒岩屑占 86.9%,比治理过的 4 号径流场 56%和老梯田多 30.9%和 77.3%,而<1mm 的细粒少 16.9%和 43.3%,新梯田>3mm 大颗粒 25.7%比老梯田多 16%,细粒少 22.6%。

表 5—17 水土流失区和治理区岩石半风化地各级颗粒重量百分比 单位:mm

采样地点	>10	10~7	7~5	5~3	3~2	2~1	<1
2 号径流场上坡	38.38	17.37	15.24	15.88	5.59	3.21	4.15
2 号径流场中坡	42.46	16.93	12.87	13.47	7.64	2.71	3.86
2 号径流场下坡	0.29	0.89	2.41	14.06	20.43	19.86	42.05
4 号径流场生物坝间上部	20.54	8.34	10.42	16.73	16.47	6.46	21.05
4 号径流场生物坝间中部	1.56	1.78	3.56	8.89	17.00	19.91	47.30
4 号径流场生物坝间下部	0	0	1.27	3.68	28.92	21.33	44.80
黄坑围背岭新开梯田	2.29	1.26	6.02	16.22	34.10	15.30	24.81
李井梯田表土	0	0	0	9.69	28.03	14.54	47.43
李井梯田过渡层	0	0		1.44	9.01	19.59	67.95
李井梯田母质层	59.57	11.51	7.84	7.94	3.56	1.83	7.74

表 5—18 紫色砂页岩风化碎屑物和土壤物理性质

取样地点位置	自然含水量(%)	饱和含水量(%)	田间持水量(%)	毛管持水量(%)	容重(g/cm <sup>3</sup> )	三相比
2 号径流场上坡	6.70	15.46	7.22	11.03	1.94	0.73 : 0.14 : 0.13
2 号径流场中坡	6.44	14.89	7.06	9.87	1.956	0.73 : 0.14 : 0.13
2 号径流场下坡	16.03	38.30	8.81	25.96	1.248	0.47 : 0.11 : 0.42
4 号径流场上部生物坝间	12.29	27.25	12.99	21.5	1.578	0.59 : 0.20 : 0.21
4 号径流场中部生物坝间	17.93	42.60	17.93	34.93	1.277	0.48 : 0.23 : 0.29
4 号径流场下部生物坝间	14.14	24.15	16.57	21.18	1.648	0.62 : 0.27 : 0.11
罗佛寨后龙山 0.5~5.5cm	33.15	41.21	32.74	36.21	1.24	0.46 : 0.41 : 0.13
罗佛寨后龙山 6~11cm	33.28	39.08	34.09	38.52	1.241	0.46 : 0.42 : 0.12
罗佛寨后龙山 13~18cm	39.37	47.09	30.87	38.94	1.202	0.45 : 0.37 : 0.18
罗佛寨后龙山 20~25cm	29.80	39.28	29.28	34.43	1.339	0.50 : 0.39 : 0.11
李井梯田表土	19.65	37.61	19.27	27.14	1.308	0.49 : 0.25 : 0.26
李井梯田过渡层	15.02	25.22	17.71	22.59	1.598	0.60 : 0.28 : 0.12
李井梯田半风化层	15.45	25.49	19.10	22.69	1.644	0.61 : 0.31 : 0.08
角米形新开梯田	8.47	33.01	8.33	14.59	1.357	0.51 : 0.11 : 0.38

由上可见随着水土流失治理程度的提高和治理年限的增长,土壤细粒部分相应增多,土壤蓄水持水能力增强,土壤含水量、土壤毛管含水量、土壤田间持水量和土壤有效水都有所提高,并且随着水土流失治理程度和治理年限的增长而增长(表 5—18)。无水土流失的罗佛寨后龙山土壤地表 10cm 土层,土壤蓄水量为 41.1mm,折算成每 1cm 土层贮水深 4.11mm;经过治理的 4 号径流场生物坝内,上部地表 10cm 土层土壤蓄水量为 19.39mm,折算成每 1cm 土层贮水深 1.94mm,未治理的 2 号径流场,坡地地表 10cm 土层,土壤蓄水仅 11.83mm,折算成 1cm 土层贮水深 1.18mm。无水土流失区罗佛寨后龙山每 1cm 土层贮水深比正在治理的 4 号径流场和未治理的 2 号径流场贮水深多 2.2mm 和 2.93mm,李井老梯田比角米形新梯田,每 1cm 土层贮水深多 1.42mm。必须指出未治理的土层薄,经过治理的土层厚,其总蓄水量将是级数倍增。从田间持水量来看,经过水土流失治理的土壤持水能力也有显著提高,罗佛寨后龙山地表

10cm 土层田间持水量为 40.6mm,正在治理的 4 号径流场地表 10cm 土层田间持水量为 20.5mm,未治理的 2 号径流场地表 10cm 土层田间持水量仅 14.0mm,无水土流失的径流场和未治理的 2 号径流场分别提高 49.5%和 65.5%。

土壤自然含水率的月变化概况,特别是植物生长季节土壤含水率的变化情况,可以作为土壤供水能力的反映,它和上述土壤物理性质有直接关系,同时土壤含水量与自然降水量有关。

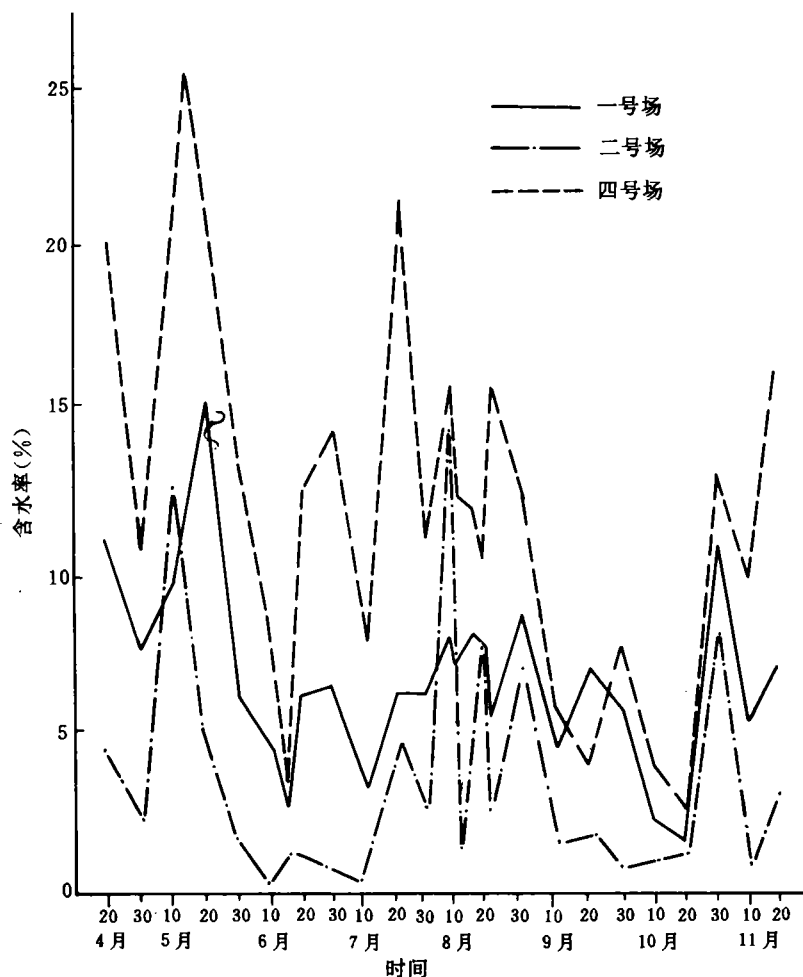


图 5—3 3 种不同治理措施径流场山脚自然含水率月变化图

本研究结果只能反映 1988 年的情况(图 5—3),表明山脚 2 号径流场除个别雨后测定的土壤含水率大于 5%外,5 月 30 日~7 月 10 日、9 月 10 日~10 月 20 日连续长达几十天土壤含水率均在 2%左右,远低于凋萎湿度,这样严重的土壤干旱,如不采取水土保持措施,一般作物是难于生存的,就是极耐干旱的菠萝麻、剑麻和仙人掌之类的植物,也只能维持生命,无法进行营养生长。经过水土流失治理的 4 号径流场,土壤含水率大为改观,即使在今年特大夏旱的 5 月 30 日~6 月 15 日,连续无雨干旱下,也只有几天及 10 月若干天土壤水分低于 5%,其它时期土壤含水率均达 10%~15%,高者可达 20%,土壤供水能力比较好,植物能够正常生长。初步治理

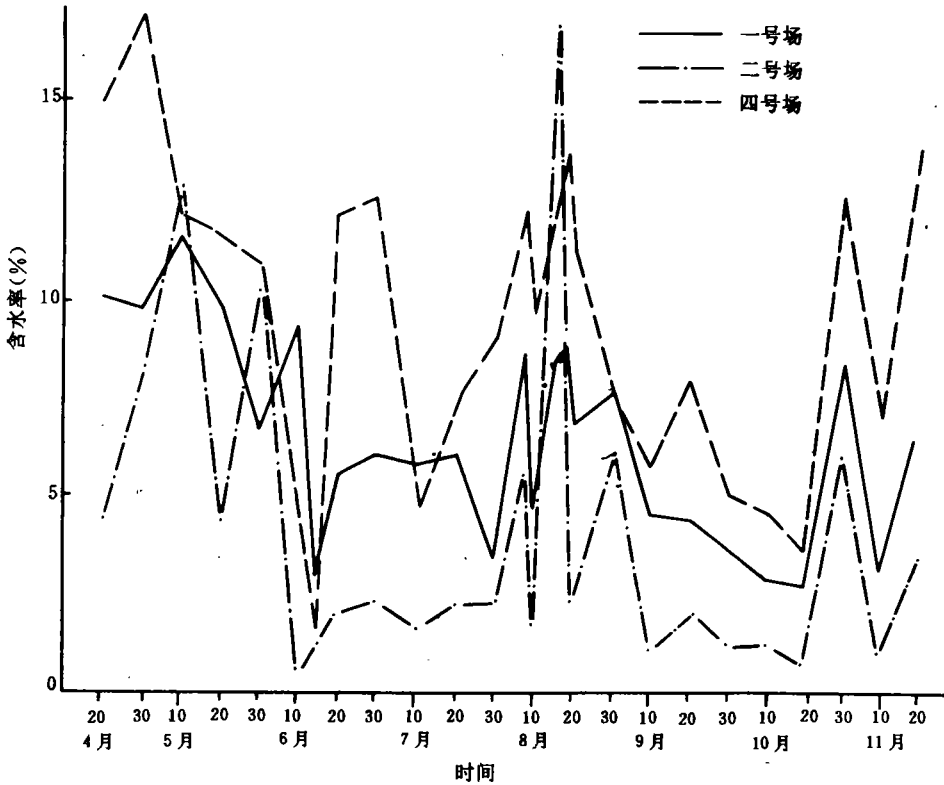


图 5—4 三种不同治理措施径流场山腰含水率月变化图

的 1 号径流场,土壤水分变化情况介于二者之间。图 5—4 表明处于坡面中部的土壤水分比坡脚差,坡面中部接纳的降水,大部分沿坡面呈径流流失,但是同时它又接受了坡面上部的径流和土层中沿坡面下渗的侧渗水。总的来说土壤水分状况,虽然比坡脚差,但比坡面上部好。反映在未治理的 2 号径流场,土壤含水状况,大部分时间土壤含水率均小于 5%,6 月 10 日~7 月 30 日、9 月 10 日~10 月 20 日长时间内土壤水分 2%~3%。经过治理的 4 号径流场,除短期间土壤含水率小于 5% 外,大都在 10% 左右,不少时期大于 10%,高者可达 15%,耐旱作物在这种情况下,还是能够生长的。初步治理的 1 号径流场土壤水分变化也是介于上二者之间。

图 5—5 表明处在坡面上部的土壤水分情况更加严酷,坡面上部接近分水岭地带,只能接受本区范围内的降水,没有水源补给,加上降水多呈地面径流,沿坡面向下流失。基岩风化体颗粒粗,保水性差,土层内蓄积的水分也会随坡向下侧渗流失,水源属于有去无来的类型,而且坡面上部热辐射量大,地面温度高,土壤蒸发快,更加重了土壤的干旱程度;而经过治理的 4 号径流场,由于植被的拦截和阻缓减弱径流流速,增加土壤入渗,加上生物坎的拦蓄,水分状况就好得多,植物生长季节大部分时间土壤含水率 5%~10%,土壤水分状况明显好于未治理的 2 号径流场。

为了研究紫色砂页岩风化物(或土壤)土壤水分损耗率,在太和水土保持站协助下,我们进行了未治理的 2 号径流场,土壤水分蒸发损耗率和经过治理的 4 号径流场土壤水分蒸发,蒸腾

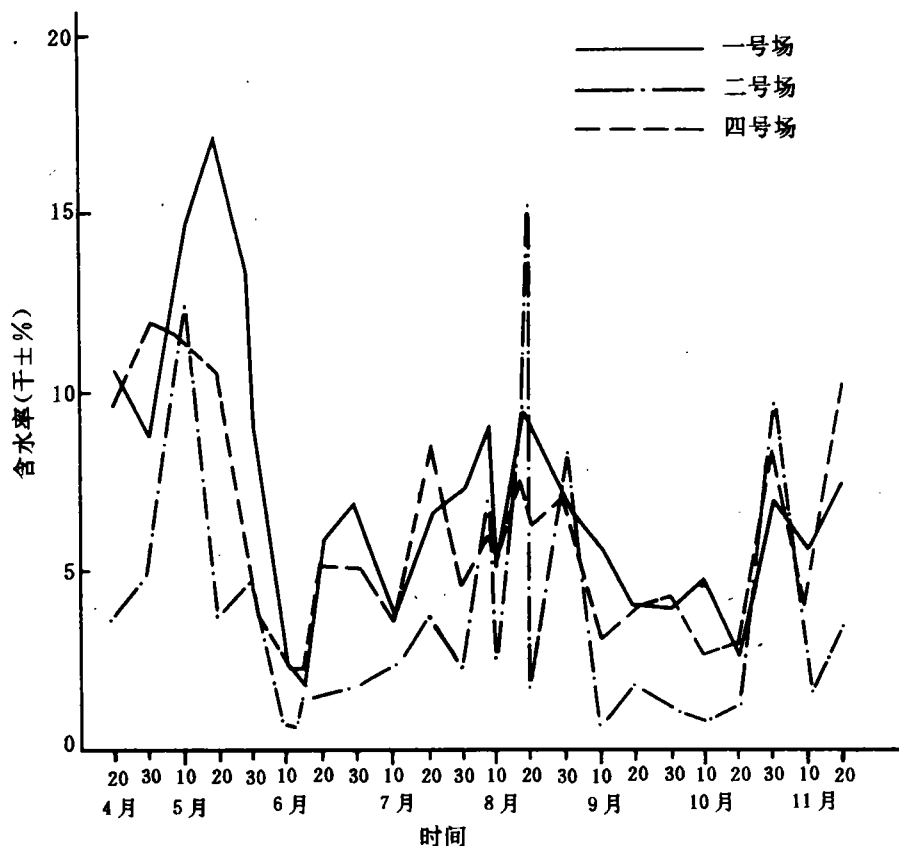


图5—5 3种不同治理措施径流场山顶自然含水率月变化曲线

消耗率的试验。采样前于1990年7月30日~8月1日曾经连续降雨61.4mm,降雨历时122min,降雨2天后未治理的2号径流场土壤贮水量为10.6mm,经过6天蒸发以后,土壤贮水量下降至4.33mm,比雨后2天土壤贮水量下降59.4%,即土壤贮水量平均每天以9.85%的速度递减;经过治理的4号径流场,降雨2天后30cm土层,土壤贮水量为36.17mm,折算成每10cm土层贮水量为12.06mm,经过6天蒸发、蒸腾之后,土壤贮水量下降至6.86mm,比雨后2天土壤贮水量下降43.1%,即土壤贮水量平均每天只以7.18%递减(图5—6)。说明未治理的紫色砂页岩风化物,土壤水分损耗率大。

植物生长既要有丰富的土壤养分和水分,同时要有比较疏松的土层,以利植物根系的发育,当然过度松散的土壤如砂土和岩石碎屑,不利于植株的固定,容易产生倒伏,也就是说植物需要一种松紧适宜的立地条件,从表5—18可见,未经治理的2号径流场土壤容重竟高达 $1.94\text{g}/\text{cm}^3$ ,已大大超过植物根系一般只能穿入 $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ 左右的容重界限,不过2号径流场土壤容重所以能高达 $1.94\text{g}/\text{cm}^3$ ,也不只是基岩风化碎屑层,还包括了基岩球状风化壳和基岩本身,三位一体所得出的结果。因为基岩风化碎屑层的厚度,只有数厘米;而经过治理的4号径流场,土壤容重虽然比未治理的低,但仍然偏高,其原因是基岩风化碎屑层下,包括有基岩球状风化壳,虽然比较紧实,根系仍然能够穿插;而经过人工平整,土层增厚的角米形新修梯田和李井老梯田,以及森林下无水土流失的罗佛寨后龙山,土壤容重比较低( $1.2\sim 1.35\text{g}/\text{cm}^3$ ),土壤疏



松适宜,利于植物根系的发展,不过值得注意的是李井老梯田,耕作层下逐渐形成的犁底层,土壤紧实,容重已接近于  $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ ,必要时可以进行深耕。

5.2.3 调节改善小气候状况 北江上游水土流失治理工程措施蓄水拦沙为造林种草创造了有利条件,促进了植被生长,植被覆盖度提高,小气候发生变化。由于植被覆盖地表温度下降,土壤温度相应降低,地温变化幅度减小;风力受到林木的阻拦,风速减弱,随着气温降低,风速减弱,蒸发量降低,植物蒸腾作用使地面湿度提高,调节小气候效应明显。

风速对本区的影响虽然不及干旱风砂地区的危害大,但是本区的风速对加速雨滴降落的重力加速度,增强雨滴对土壤的击溅和风速增加土壤蒸发,加重本区干旱的程度是有一定影响的。研究结果(图5—7)表明,风速大小决定于植被覆盖度,植被覆盖越大,风速越小,未治理的空旷坡地上的风速比初步治理植被覆盖度40%的大,风速最小的是经过治理后,植被覆盖度达到90%的,其风速为空旷地的1/11;而植被覆盖度达到40%即可降低风速50%以上。

空气温度对植物生长有直接关系,对土壤温度及其变化也有影响,观测表明(图5—8),夏季白天,尤以正午前后,植被稀疏的试区气温最高,植被茂密,覆盖度达到90%的试区最低,未治理的空旷地介于二者之间。以14时为例,20cm高处的气温,植被覆盖度40%的,比植被覆盖度90%的高出  $2.8^\circ\text{C}$ ,而比空旷地高  $1.4^\circ\text{C}$ 。陶安宏等认为,是因为空气温度受到太阳辐射和乱流交换两方面制约,植被覆盖度40%的气温之所以最高,是由于该处植物覆盖率不大,植物间空隙多,对太阳辐射作用不大,而乱流发展受到植被明显限制,风速表现为明显比空旷地小,热量不易散出去,因此气温最高,秋季基本上一致,相互差异不大。而植被覆盖度90%的,比空旷地日平均气温只差  $0.4^\circ\text{C}$ ,这也是森林面积不大,影响较小有关,但当覆盖度很大,且树木高大时,则无论是冬季、夏季,整个白天均是偏低的。

土壤温度与土壤物理风化和土壤化学风化关系密切,土壤养分的分解释放,土壤水分蒸发,对自然植物和农作物的生长发育以致对土壤微生物的活动,都有很大的影响,它们的影响

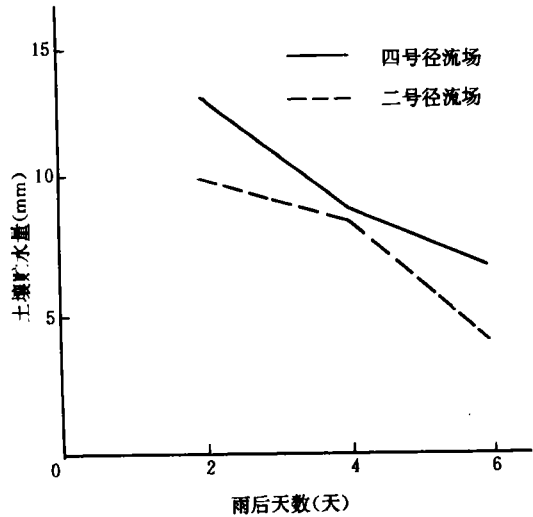


图5—6 紫色砂页岩风化物贮水量变化

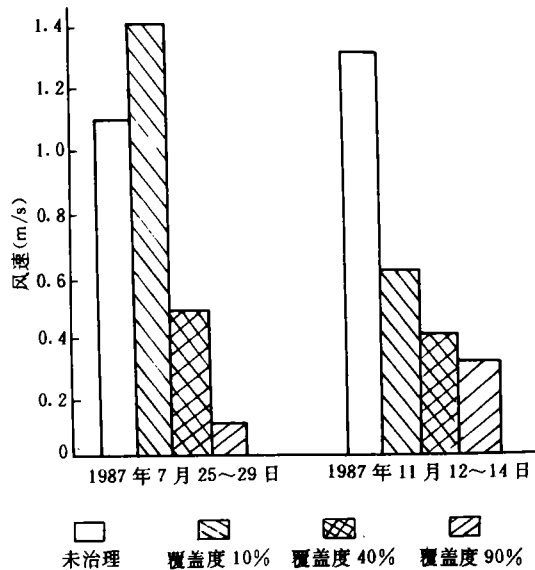


图5—7 水土流失治理区风速变化

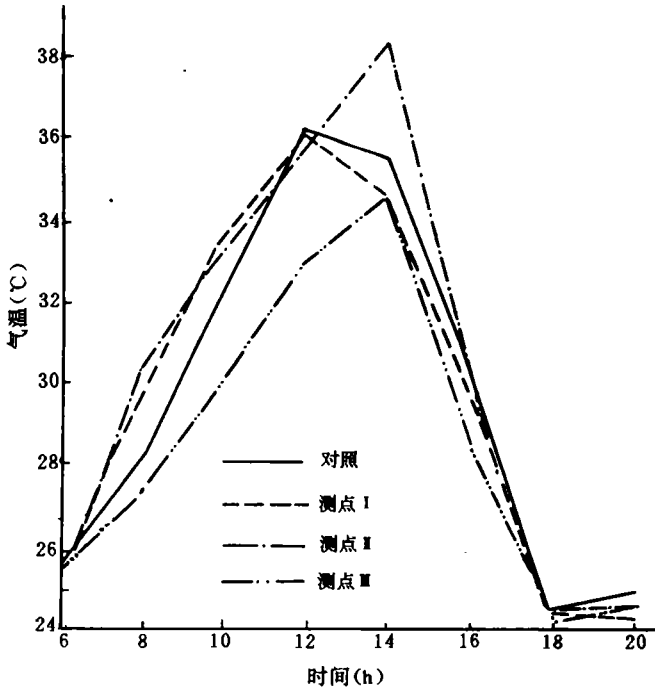


图 5—8 20cm 高度空气温度日变化(1987.7.28)

比较小有关。在寒冷夜间有植被覆盖地段，则最低温度有较明显增高，在这里说明土层厚度对植物生长影响是很重要的，夏季土壤温度的变幅，空旷地地面温度变幅最大，最高、最低相差 38.3℃，植被覆盖度 90% 的地面温度变幅最小，最高、最低相差只有 17℃。土壤深度 20cm 处变幅却比较小，空旷地 14 时和 08 时相比，相差 2.2℃，植被覆盖度 90% 的相差 1.1℃。秋季土壤温度 14 时空旷地比其它测区都高，而且随着植被覆盖度的增加而降低，土壤温度的变幅也比较小。

空气相对湿度，试验表明(图 5—10)，日平均空气相对湿度空旷地和稀疏草地差别不大，空旷地有时略低，但植被覆盖度 90% 的，却有较大增加，比空旷地增 5%~7%。说明块状分布的水土流失治理区，森林面积不大，树龄不长，当植被覆盖度不大时，植物蒸腾作用产生的效应，在大范围空气中的影响不很大，同时与大气压大小的温度高低有关。只有植被覆盖度达到将近郁闭以后，才有较大影响。

不仅在于土壤温度的高低，而且与土壤温度的变幅都有关系。测定资料表明，夏季 14 时(图 5—9)，地面温度以空旷地最高，植被覆盖度 90% 的最低，高低相差达 14.7℃之多，土壤深度 5cm 和 10cm 处，植被稀疏的(覆盖度 10%)土壤温度最高，高于空旷地和植被覆盖度 90% 的分别为 2~2.9℃和 8.3~7.1℃，这是由于土壤中非毛管孔隙比较多，通气性好，空气交换快，气温对它的影响大有关；但土壤 15cm 和 20cm 深处，空旷地土温又高于其它测区，特别是植被覆盖度 90% 的降温明显，比空旷地低 5℃~5.8℃，这是由于 20cm 处，非毛管孔隙减少，通气性较差，气温对它的影响

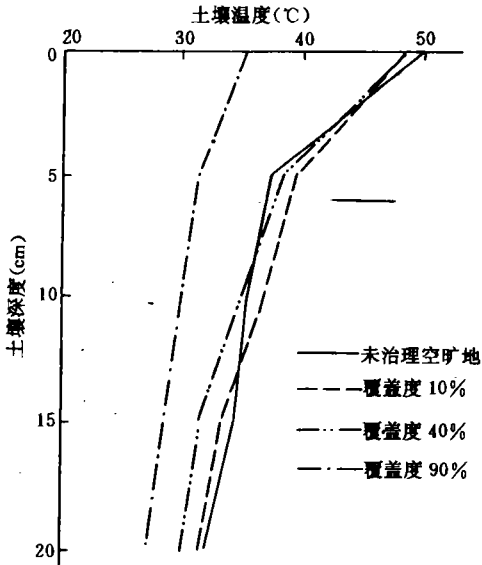


图 5—9 水土流失治理区夏季 14 时土壤温度变化

蒸发量变化比较明显,植被覆盖减少地面蒸发量,并且随着植被覆盖度的增加,蒸发量递减,夏季比秋季减少明显。表5—19可见,夏季空旷地蒸发量比植被覆盖度10%,40%和90%的蒸发量分别减少20.6%,55.9%和72.1%;秋季空旷地蒸发量比植被覆盖度10%,40%和90%的蒸发量分别减少20.6%,34.5%和41.4%。蒸发量减少,对保持土壤水分,供给植物(包括作物)水分需要有重要的意义。

5.2.4 衰落的生物群落重新复苏、繁衍 北部地区南雄、星子盆地中紫色砂页岩发育而成的紫色土区,曾因过度樵采刈伐,植被遭到破坏,招致严重水土流失。一些残丘、分水脊地上土层冲刷殆尽,母岩裸露,强烈的物理风化造成只有半风化岩屑到处散布堆积,植物无法着生的一片片荒芜不毛的“红砂岭”,野生动物、飞鸟昆虫近于绝迹。经过近些年的治理,采取了水平沟埂梯地修筑,生物坝营建,大量种植抗旱耐瘠的草木,由于径流受到拦蓄减弱了地面的冲刷,改善了土壤水分状况,草木得以成活和逐步成长。植被虽未完全丰茂,但植物总生物量已大大增加,有机物质的合成产出量也相应增大,原来由于有机质能源营养物质缺乏,难于为生而近于绝迹的野兔、野鼠目前重又在其间栖息出没,飞鸟也来投栖,昆虫日渐增多,反映了整个生物群落重新开始复苏。

表5—19 水土流失治理区蒸发量变化

测区	夏季		秋季	
	实际蒸发量(mm)	比较值(%)	实际蒸发量(mm)	比较值(%)
空旷地	6.8	100	2.9	100
植被覆盖10%	5.4	79	2.3	79
植被覆盖40%	3.0	4.4	1.9	66
植被覆盖90%	1.9	28	1.7	59

各地植被稀疏、冲刷流失严重的荒山荒坡经近几年修沟、筑埂、挖坑,广泛进行造林种草,全面治理,也随着林木草坡的日渐恢复繁衍,其它生物类群也随之而日趋繁荣。过去许多经常受到任意樵采、刈伐的稀林、灌丛、草坡山地,经近几年的封山育林育草,活草木的有机物质积蓄量和相应的覆盖度都大幅度的增加,同样的有利于动物、微生物类群的栖息活动和繁衍滋生,导致整个生物群落的共荣。

5.2.5 生态功能逐步加强、物能循环良性化 绿色植物是陆地生态系统唯一的物质合成生产者,而森林则是陆地生态系统结构中调节生态平衡,控制生态环境效能最大的组成。足够的森林面积分布,可以保证生态平衡的稳定,使物能流趋于良性循环。本区综合治理,对各地荒山荒坡进行了大规模的造林种草和大面积的封山育林,这些草木都已逐步成长,并已初步显示出它们对拦蓄径流泥沙、减少水土流失,繁荣整个生物社会,增加物质能量积累等效能,可以预见,它们在维持本区生态平衡、控制本区生态环境中必将发挥出更加巨大的作用。

尽管目前这些林被都还没有完全成长,尚未能作出有关观测加以说明,但从其它地区一些成功的治理经验中某些观测结果也可以窥见一斑。

土壤是生态系统的基础,任一个生态系统中,生物社会的兴衰,物质能量积累的丰缺,都在土壤生物量的大小上得到反映,经过多年的营林改造,土壤地下地上部的微生物、动物、昆虫都显得比光板地高。表明重建的森林植被不仅加强了地面覆盖,拦蓄了降雨径流,抗御了土壤的侵蚀流失,而且还合成累积了较多的有机能源物质养育着土壤中地面上的一些动物、微生物和昆虫,通过它们对有机残体分解转化,改善了土壤营养和性状,从而又促进植物的繁茂,这种良

性循环的结果不但防止了水土的侵蚀而且不断促进整个生物社会的繁荣,提高森林的固碳制氧、防风致雨,调节气候等生态功能。

有关研究已表明按本区自然地理,生物气候条件,林被自然演替至高级阶段,以常绿阔叶或常绿落叶阔叶林类型为典型代表。即自然条件下山林树种的自然更替的结果,最终将演化成光能利用,物质合成积累,蓄水保土,防风致雨、调节气候等功能均为其它林被之冠的以常绿或落叶阔叶树为主的森林类型。本区东北部南雄县罗佛寨后山林地曾于1958年被废(曾造成村内水井干涸,居民生活用水受到严重威胁),后经20多年封山育林,结果发育成13.3hm<sup>2</sup>连片的常绿、落叶阔叶混交林(水源得到涵养、水井并恢复正常供水)可以作为例证。

几年来的水土流失治理中,本区对6万hm<sup>2</sup>土地采取林草措施,共中近50%实行了封山育林,其余专行营造的水土保持林、薪炭林、用材林或果木林中也不乏阔叶树种,可以断言,这些林木的发育成长,将会使本区呈现占山林面积比例相当大的生态功能极强的阔叶林。如果按总面积3.3万hm<sup>2</sup>,每hm<sup>2</sup>每年光能转化累积 $2511.6 \times 10^6 \text{ kJ}$ ,合成干物质15t估计,它们将会为本区每年增加合成有机干物质50万t,累积能量 $125.6 \times 10^{12} \text{ kJ}$ ,相应消耗CO<sub>2</sub>75万t,制出纯氧55万t,还提供相当于2500~50000万t水的水汽(按每公顷年蒸腾量7500~15000t计)。它们将不仅截拦降雨,减少径流,保持土层,防止水土流失方面发挥重大作用,而且还在固碳制氧,增加物质能量积累,防风致雨,调节气候,控制生态环境,维持生态平衡上发挥巨大的作用。水土资源将不再流失并得到保持,生态平衡将得到调节,而趋于稳定协调,物质能量循环,也相应趋于良性化,社会经济活动成败所系的生态环境从而也就得到保护。

### 5.3 综合治理投资的经济核算

水土保持是保护和合理利用水土资源,改变生态环境,改善生产、生活条件,从能量转化和物质转化过程中,必然取得直接或间接的经济效益。关于水土保持经济效益计算,可以分为直接经济效益和间接经济效益,直接经济效益是能够直接取得经济收入的效益,如封山育林,营造水保林、薪炭林,可以获得木材、柴草等经济收益;种植林果可以取得鲜果、干果产品,转化为货币收入;种植经济作物黄烟、茶叶、龙须草、菠萝麻等工业原料,既可以作为原料出售,也可以加工成产品,直接取得经济效益;改造沙渍地还田还果,改良和保护因水土流失造成危害的农田,也必然会提高农作物产量,直接取得经济效益。间接经济效益是通过水土保持,增加水源,减少水库塘坝淤积,延长塘、库寿命,提高水利设施效果,恢复或维持航运等等都能间接取得经济效益;保护土壤,防止土壤冲刷和坡面径流切割,维持土地坡面完整,维护耕层土壤,避免土

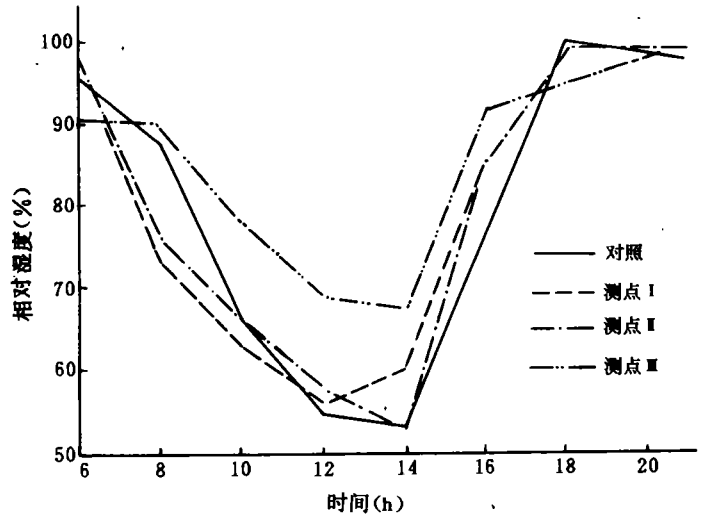


图 5—10 20cm 高处空气相对湿度日变化

壤养分流失,间接地维护了土壤生产力,提高农、林生产能力等等都能间接取得经济效益。为了合理的计算北江上游水土保持经济效益,拟分别直接与间接经济效益加以计算。因1988年韶关市将英德县、阳山县、连县划归清远市,故经济效益计算,清远市是从1988年开始的,而韶关市1986年和1987年包括了清远市的一部分。

5.3.1 投资计算 投资包括国家、集体、个人投入的现金、劳力等。

总投资 
$$K = \sum K_i = K_1 + K_2 + K_3$$

式中:  $K_1$  —— 国家投资包括省专款、市财政投资、县财政投资;  $K_2$  —— 乡、镇、群众投资、包括自筹现金、投劳折款、贷款;  $K_3$  —— 运行费 =  $(K_1 + K_2) \times 0.1$ 。

韶关市  $K_1 + K_2 = 475.3 + 125.5 + 233.15 + 36.7 + 372.63 + 4.25 = 1\,247.53$ (万元)。

清远市  $K_1 + K_2 = 73.17 + 0 + 16.92 + 6.54 + 57.24 + 0 = 153.87$ (万元)。

$K_3 = (1\,247.53 + 153.87) \times 0.1 = 140.1$ (万元)。

所以,总投资  $K = K_1 + K_2 + K_3 = 1\,541.5$ (万元)。

5.3.2 直接经济效益

$$B = \sum B_i \quad i = 1, 2, 3, \dots$$

(1) 封山育林效益(第4年开始产生效益)。

$$B_1 = b_1 \times b_2 \times b_3 \times b_4$$

式中:  $b_1$  —— 面积(万  $\text{hm}^2$ )  $\times$  受益年限;  $b_2$  —— 生长量(万  $\text{m}^3$ );  $b_3$  —— 单价(万元);  $b_4$  —— 毛效益。

封山育林面积: 韶关市 2.3 万  $\text{hm}^2$ , 清远市 0.4 万  $\text{hm}^2$ , 合计 2.7 万  $\text{hm}^2$ , 但其中 1986 年 0.22 万  $\text{hm}^2$ , 1987 年 0.6 万  $\text{hm}^2$ , 代入上式  $B_1 = 136.8$ (万元)。

(2) 水保林和薪炭林效益(第4年开始产生效益)。

$$B_2 = b_1 \times b_2 \times b_3 \times b_4$$

水保林和薪炭林种植面积: 韶关市 2.6 万  $\text{hm}^2$ , 清远市 0.4 万  $\text{hm}^2$ , 但其中 1986 年 0.5 万  $\text{hm}^2$ , 1987 年 0.4 万  $\text{hm}^2$ , 代入上式  $B_2 = 196.83$ (万元)。

(3) 经济林果效益(第4年产生效益)。

$$B_3 = b_1 \times b_2 \times b_3 \times b_4$$

经济林果面积, 韶关市 0.3 万  $\text{hm}^2$ , 清远市 0.2 万  $\text{hm}^2$ , 合计 0.5 万  $\text{hm}^2$ , 但其中 1986 年 0.03 万  $\text{hm}^2$ , 1987 年 0.2 万  $\text{hm}^2$ , 代入上式  $B_3 = (0.03 \times 2 + 0.2 \times 1) \times 320 \times 1.0 \times (1 - 0.25) = 974.4$ (万元)。

(4) 种草效益。

$$B_4 = b_1 \times b_2 \times b_3 \times b_4$$

种草面积, 韶关市 0.031 万  $\text{hm}^2$ , 清远市 0.031 万  $\text{hm}^2$ , 合计 0.062 万  $\text{hm}^2$ , 但其中 1987 年 0.003 万  $\text{hm}^2$ , 1988 年 0.01 万  $\text{hm}^2$ , 1989 年 0.032 万  $\text{hm}^2$ , 1990 年 0.016 万  $\text{hm}^2$ , 代入上式  $B_4 = 185.5$ (万元)。

(5) 梯田效益。

$$B_5 = b_1 \times b_2 \times b_3 \times b_4$$

梯田面积 0.004 万  $\text{hm}^2$ , 但其中 1987 年 0.002 万  $\text{hm}^2$ , 1988 年 0.002 万  $\text{hm}^2$  代入上式  $B_5$ 。

=18.59(万元)。

#### (6) 保护农田效益。

$$B_6 = b_1 \times b_2 \times b_3 \times b_4 \times b_5 \times T$$

由1986年北江上游水土流失治理开始,改沙渍地为农田,改建或修复灌溉渠道,单季水稻改双季水稻,防止黄泥水入田等等共0.36万hm<sup>2</sup>,使农作物产量提高,其中6成按水土保持效益计算。

式中:  $b_1$ ——保护农田面积=0.36×0.6=0.22(万hm<sup>2</sup>);  $b_2$ ——年产量4500万kg/万hm<sup>2</sup>;  $b_3$ ——综合单价0.35万元/万kg;  $b_4$ ——成本占40%即(1-0.4);  $b_5$ ——毛效益;  $T$ ——计算年限,按前后平均2年计算。 $B_6=310.52$ (万元)。

直接经济效益  $B = \sum B_i = B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5 + B_6 = 1822.64$ (万元)。

#### 5.3.3 间接经济效益

##### (1) 蓄水效益。

$$B'_1 = W \cdot P = \text{蓄水量(万m}^3\text{)} \times \text{单价}$$

工程措施拦蓄水量6336.7万m<sup>3</sup>,林草措施拦蓄水量6681.5万m<sup>3</sup>,合计13018.2万m<sup>3</sup>代入上式  $B'_1 = 13018.2 \times 0.1 = 1301.8$ (万元)。

##### (2) 保土效益。

$$B'_2 = S_1 \times P$$

经过12条小流域实测本区拦蓄泥沙量362.7万m<sup>3</sup>,林草措施拦蓄泥沙量210.3万m<sup>3</sup>,合计573万m<sup>3</sup>,代入上式  $B'_2 = 573 \times 1 = 573$ (万元)。

##### (3) 保肥效益。

$$B'_3 = E_1 \times P + E_2 \times P + E_3 \times P + E_4 \times P$$

式中:  $E_1$ ——保蓄土壤有机质相当土杂肥数量(万t);  $E_2$ ——保蓄土壤氮素相当尿素数量(万t);  $E_3$ ——保蓄土壤磷素相当过磷酸钙数量(万t);  $E_4$ ——保蓄土壤钾素相当氯化钾数量(万t)。

$E_1 = 61.4$ 万t,  $E_2 = 1.03$ 万t,  $E_3 = 0.42$ 万t,  $E_4 = 22.62$ 万t,代入上式

$B'_3 = 61.4 \times 7.2 + 1.03 \times 300 + 0.42 \times 280 + 22.62 \times 172 = 4759.32$ 万元

间接经济效益  $B' = \sum B'_i = B'_1 + B'_2 + B'_3 = 6634.12$ (万元)。

#### 5.3.4 效益分析

##### (1) 静态分析。

##### (a) 直接经济效益分析:

净效益 =  $B - K = 1822.64 - 1541.5 = 281.14$ (万元)。

投入产出比值  $R$

$$R = \frac{B}{K} = \frac{1822.64}{1541.5} = 1.18$$

即1:1.18。

还本年限  $T$

$$T = \frac{K}{B - K_3} = \frac{\text{总投资}}{\text{总效益} - \text{运行费}} = \frac{1\,541.5}{1\,822.64 - 140.1} = 0.91 \leq 1$$

即到第5年可以还本。

(b) 综合经济效益分析(直接经济效益+间接经济效益)。

净效益 =  $(B + B') - K = 8453.76 - 1541.5 = 6915.26$ (万元)。

投入产出比值  $R$

$$R = \frac{B + B'}{K} = \frac{8\,456.76}{1\,541.5} = 5.49$$

即  $1:5.49$ 。

还本年限  $T$

$$T = \frac{K}{(B + B') - K_3} = \frac{1\,541.5}{8\,456.76 - 140.1} = 0.19 \leq 1$$

即5年可以还本。

(2) 动态分析。

时间价值计算(复本利和),水土保持经济报酬率采用6%,现按基准年为1991年,计算现值。

投资复本利和  $K_0 = \sum K_i(1+i)^{n-1}$

$\bar{K}$  —— 平均每年总投资 =  $1\,541.5/5 = 308.3$   $i$  = 利率;  $n$  — 计算年限。

$K_0 = 308.3 \times (1+0.06)^{6-1} + 308.3 \times (1+0.06)^{5-1} + 308.3 \times (1+0.06)^{4-1} + 308.3 \times (1+0.06)^{3-1} + 308.3 \times (1+0.06)^{2-1} = 1\,822.3$ (万元)。

(a) 直接经济效益、复本利和  $B_0 = \sum \bar{B}_i(1+i)^{n-1}$

$\bar{B}$  —— 平均每年直接经济效益  $1\,822.64/5 = 364.53$ (万元)。

$B_0 = 2\,154.43$ (万元)。

净效益  $B_0 - K_0 = 332.13$  万元。

投入产出比值  $R' = \frac{B_0}{K_0} = 1.18$

即  $1:1.18$ 。

还本年限  $T'$

$T' = \frac{\lg B_0 - \lg(B_0 - \bar{k})}{\lg(1+i)} = \frac{\lg 2154.43 - \lg(2154.43 - 308.3)}{\lg(1+0.06)} = 2.4 \geq 1$  即第5年还不能还本。

(b) 综合经济效益分析(直接经济效益 + 间接经济效益)

$K_0 = 1\,822.3$ (万元)。

综合经济效益、复本利和  $B_0 = \sum \bar{B}_i(1+i)^{n-1}$

$\bar{B}'$  —— 平均每年综合经济效益  $845\,676/5 = 1\,691.35$ (万元)。

$B'_0 = 9\,996.88$ (万元)。

净效益  $B'_0 - K_0 = 9\,996.88 - 1\,822.3 = 8\,173.57$  万元。

投入产出比值  $R'' = \frac{B'_0}{K_0} = 5.49$

即  $1:5.49$ 。

还本年限  $T''$

$$T'' = \frac{\lg B'_0 - \lg(B'_0 - \bar{k})}{\lg(1 + 0.06)} = \frac{\lg 995.88 - \lg(-995.88 - 308.3)}{\lg(1 + 0.06)} = 0.4 \leq 1 \text{ 即第5年}$$

可以还本。

从以上计算结果不难看出,有人认为,对水土流失治理进行投资,只会有长远的利益,难于短期见效收回成本的看法,并不完全符合实际,只要运用得当,还是可以在不长时期内收回成本,并取得较好的经济效益的。

## 6 “红砂岭”治理与开发相结合几项试验研究结果

以紫色砂页岩为母质形成的紫色土区,是北江上游水土流失最严重的地区。南雄盆地和连县星子盆地水土流失的面积分别为  $1.436\text{km}^2$  和  $329\text{km}^2$ ,占全区水土流失总面积达  $80\%$ 。它又是本区粮食和重要经济作物——黄烟的生产基地。认真整治、保护和合理开发利用本地的水土资源,也就有着极其重大的现实意义。为此,有关科研单位人员,配合这次水土流失的治理,为探究兼顾生态效益和经济效益,治理和开发利用相结合的新途径,开展了有关的科研试验,现就有关的试验观测结果分述如下:

### 6.1 保土增收的龙须草培植和管理

龙须草是连县星子盆地一带的野生山草,它不仅是抗旱耐瘠,抗寒耐热性都很强的保土植物,而且也是富含优质纤维,可用作优质纸张的生产原料,具有很高的价值的经济植物。龙须草作为造纸原料来收购,在连县已有相当长的历史,全县收购量最高达年  $1.6\text{万t}$ ,单星子区就近  $1.0\text{万t}$ 。但至60年代以来年收购量一直在  $0.3\text{万t}$  左右,有自然衰减的趋势,这不仅不利于水土保持,而且远不能满足造纸工业发展的需要。因此在水土流失治理过程中恢复和发展龙须草的生产优势,对保持水土,增加收益发展山区经济,也就有其重大的现实意义,现就龙须草开发利用,培植管理等有关调查观测结果分述如下。

6.1.1 龙须草的生态特性与保土功能 龙须草主要分布于土壤  $\text{pH}5.5\sim 7.8$ ,反应中性偏碱的紫色土区。它在土层较薄,保水保肥性能较差,而且有机营养成分比较缺乏,但含一定量的磷钾无机营养的土壤上也能正常生长(表6—1)。

表6—1 龙须草分布土壤营养的含量范围

项目	pH(水)	有机质(%)	氮素(%)	磷素(%)	钾素(%)
范围	5.5~7.8	0.2~0.44	0.02~0.05	0.04~0.22	2.66~3.28

龙须草在盛夏午后气温高达  $40^\circ\text{C}$ ,地表土温高达  $70^\circ\text{C}$ ,土壤含水率低于  $6\%$ ,持续数天的情况下,即使幼芽嫩苗被旱死,但老植株经一夜降温缓解翌晨仍能照常生长而不至死亡。在冬季,连续数天有  $-1.5^\circ\text{C}$ ,或偶有  $-6.8^\circ\text{C}$  的霜冻,成熟的龙须草也不致冻死。

龙须草属禾本科须根植物,每一株  $0.2\text{cm}$  以下的细根少则数十条,多则数百条,成网状散布于  $0.1\sim 0.4\text{m}^2$ ,最深可达  $60\text{cm}$  的土层中,但一般多集中分布于  $25\text{cm}$  以上的土层。由于根系交织与土壤颗粒和结构体紧密结持,整棵拔出时,往往要带起很大的土块。

龙须草主茎基部及地下茎节间都长有白色或黄色海绵块,植株越老,这种海绵状物越多越厚,基部这些植株体和它们的凋谢物往往相互交织,结成富于有机物的块体,有很强的蓄水保水能力。连片生长的龙须草,会形成地表覆盖层,起到蓄水保土隔热保温作用。

在长期经受严重侵蚀流失的红砂岭上,常常只有龙须草着生,通过其强大的根系结持力,



保持着植株基部附近的土层,形成一个个上面长着龙须草的小土墩,呈现“红色火焰山上点点绿”的特殊景象。

据水保站径流场观测结果推算,在龙须草覆盖较好的坡面上,泥沙流失量只有 37.73t/km<sup>2</sup>,而没有龙须草生长的对照区,流失量则达 889.62t/km<sup>2</sup>,增大了 23.8 倍,可见,龙须草是一种良好的保土植物。龙须草不但有很强的分株生长和刈后再生能力,而且种子萌发生长力也很强,有利于无性或有性的繁殖栽培。

6.1.2 龙须草的纤维品质与经济价值 龙须草叶片细长,两边叶缘卷摺成细长针状,成熟老叶含丰富的纤维,过去民间只用于草绳、草垫、草鞋等的编织,经济收益不大。50 年代以来,才被开发用于造纸工业。由于龙须草的纤维品质显著优于其它原料植物纤维,纯纤维含量也最高,所以它是制造优质极薄型纸如打字纸,复写纸等的最好原料。从表 6—2 的比较,特别是反映在纸张薄化后强度的纤维长宽比,比较显著地高出其它造纸原料。因此它是造纸尤其是薄型优质纸的原料。

表 6—2 龙须草与其它植物纤维特性的比较

材料来源	平均长度 (m)	平均宽度 (mm)	长宽比	壁厚 (mm)	腔径 (mm)	壁腔比	非纤维细胞含量(%)
龙须草	2.10	10.4	202	6.6	3.1	2.13	29.5
芒秆	1.64	16.4	100	—	—	—	53.1
甘蔗渣	1.73	22.5	77	3.26	17.9	0.36	35.7
毛竹	2.00	16.2	123	6.62	2.90	4.55	31.2

按目前龙须草收购价 150~200 元/t。一般山地野草,年收量只 2 250~3 000kg/hm<sup>2</sup>,如封山育好管好,可提高到 6 000~7 500kg/hm<sup>2</sup>,按全县现有草地 0.7 万 hm<sup>2</sup> 如封管好,可收草 4~5 万 t。产值可高达 700~1 000 万元。

据有关资料,每吨龙须草可加工产出优质纸近 0.5t,每吨售价 4 000~4 500 元。全县每年产草若全部加工成纸,可得优质纸 2.0~2.25 万 t,产值达 0.8~1.0 亿元。

按有关试验观测结果推算,用人工繁殖栽培,水肥条件得到满足,管理周到,收草量可达 15~22.5t/hm<sup>2</sup>,最高能达 30t/hm<sup>2</sup> 左右,这样产值也就大大提高了。可见,抓好龙须草的开发利用,不仅是治理水土流失的大事,也是振兴山区经济的一条有效途径。

6.1.3 龙须草人工栽植的试验观测结果 为了充分利用龙须草保持水土改善生态环境的功能,恢复和发展龙须草加工工业振兴山区经济,连县水保办组织了有关科技人员,在充分研究了龙须草生长生育特性的基础上,进一步对龙须草的人工栽培进行了试验观测。结果表明,龙须草不仅可以用无性繁殖的方法进行分株移栽,还可以用有性繁殖的方法进行播种,其做法如下

(1)分株移栽。利用龙须草地下茎低节位有逐级多次分蘖成单株的能力,从龙须草山面上的母株扩生出的单株中,用疏间的方式带上分株挖出分蘖株,供其它地区种植。一般要在 3~4 月份阴雨天进行,并以挖成熟老株,多留新生小苗,不过大影响原草地继续生长发育和产草量为原则,栽植时畦宽 1~1.2m,间距 30cm×30cm,斜坡地要沿等高环带筑畦,以防冲刷流失。星子水保站以此法栽种成活率很高,生长快,分蘖多(表 6—3)。此法对原草地生长产草带来一定影响,对远距离外地栽种运输上带来一定困难。

表 6—3 龙须草分株移栽后生长情况

植期 月、日	株数	成活株	成活率(%)	植株生长检查			
				株数	分蘖苗数	株高(cm)	坛高(cm)
4.15	156	152	97.5	65	14	56.5	31.5
4.25	137	132	96.5	56	10	49.8	27.8
5.4	115	109	94.6	41	6	42.7	20.2
平均	136	131	96.3	54	10	49.7	26.5

注:4.15、9月上旬有10%植株可采收种子;4.25、9月上旬有5%植株可采收种子。

(2)种子直接点播。将原草地已成熟(灰黄白色)的穗子收获连种苞一起脱下种粒,晒干集中保存好,翌年3~4月阴雨天气取出清水浸种20~30min,每1kg种子拌入潮湿细土40~50kg混匀。于点播地上松土开穴,每穴置放入50g左右的带种的湿润碎土,再以薄土覆盖,此法简单易行,宜于离种原远的外地使用,但对土层薄,保水力差的沙瘠地并不适宜。1989年4月15日于土层较好的地上开穴点播21.5m<sup>2</sup>,4月25日观察出苗率47.9%,穴成苗率91.4%,6月15日苗高20~25cm,最高达35cm,根长25~35cm,分蘖3~5个,长势很好。以上两方法宜于大面积山上的扩种补种。如为了大量收草或难于直播成苗的荒山复种,则可以下法作集约化经营。

(3)种子育苗移栽。先规划准备好种苗基地,按30cm×30cm,深2~3cm开穴,于雨后或阴天每穴播入经浸种处理过的连苞种子5~6粒,复以薄土和草层,以后遇旱淋水保持土壤湿润至出苗三叶期以稀粪水淋1次。待苗高20~25cm时已有较多分蘖和较强的根群,可选阴雨天整株带泥移栽。实践证明,年中不同时期收得种子(5~11月)只要保存得好,均能发芽成苗,提供移栽。种子发芽率虽有差异(35%~70%)但成苗率都很高(表6—4)。

表 6—4 不同时期采收的龙须草种子育苗成活情况观测

1988年 收种期	播种期	出苗期	发芽率 (%)	成活率 (%)	分蘖始 月日	8月24日检 查分蘖数
5月	1989年4月26日	4月30日	35.2	95	5月12日	50~60
8月	1989年4月26日	4月30日	41.4	96	5月11日	55~60
9月	1989年4月26日	4月30日	52.1	96	5月10日	55~60
10月	1989年4月26日	4月30日	70.9	93	5月11日	70~75
11月	1989年4月26日	4月30日	50.3	94	5月11日	60~70

注:5月,未见抽穗苗;9月,有5株抽穗;10月,有1株抽穗;11月,有6株抽穗。

取用不同时期播种的试验表明,播期应以5~6月份以前为宜,7~8月份以后播种常因高温干旱,导致成苗率不高。

以上方法,可以因地制宜,根据实际可能和客观要求的情况选用。

6.1.4 龙须草自然减产原因探讨 过去连县山地野生龙须草长势良好,收获很大,而近数十年,收量显著减少,长期难以恢复得到原有水平。对此,有关专门调查研究结果认为其原因首先是长期缺乏合理固定的山林管理法规,原有许多龙须草生长分布的山面不少已被开垦种植其它经济作物,以致面积大大减少,其中黄烟生产的扩大发展,很大程度上加速了这一进程;其次是龙须草本身属半阴性植物,宜于在疏林间发育繁殖为草被群落,随着这些草地被开垦,周围原来趋阴蔽作用的树木逐步被砍伐光,水土流失也随之而加剧,在光照辐射、土壤水热状况等生态条件发生了新的变化情况下,比较有利于阳性植物的生长,从而许多阳性杂草、灌木,如金茅、扭黄茅、白茅、石珍茅、菅草、大密、野菊、白背蚊艾、仙鹤草、龙胆草及胡枝子、多花蔷薇、豆腐木、蔓生千斤拔、黄荆、了哥王、羊角藤等,它们逐步入侵到龙须草群落中去,并继续扩

展,以至造成龙须草群落的逐步衰退。这是客观事实表明的直接原因。而根本的原因却在于人们在制定有关方针政策、开发利用生物自然资源过程中,缺乏应有的生态意识,不了解生物类群种群之间及它们与环境因子条件之间的相互联系相互制约的客观必然规律。

有人把龙须草减产减收的原因简单地说是处于“自生自灭”,显然并不确切。因为黄烟绝不会自然入侵到龙须草群落中去发展扩大。龙须草山地上的树木也绝不会因龙须草的发展而被淘汰。弄清楚这个问题要有实事求是的科学态度,进一步恢复龙须草生产也应如此。

6.1.5 龙须草开发利用的途径和措施 根据龙须草衰退原因的分析及其对生态环境的要求,从水土保持的角度考虑,改善和创造龙须草适宜的生态环境,杜绝影响龙须草群落正常发展的因素继续干扰,对宜于龙须草生长的荒山荒坡进行补播补种足够的草株和相应的林木,是全面恢复龙须草生产,提供丰富草源,兼收水土保持之效的重要途径。

首先是封山育草,有关观测表明,封山与不封山,龙须草生长与收草量显著不同,封山后防止了人畜的干扰,保证了龙须草充分生长发育,收草量可由 2 400 多 kg/hm<sup>2</sup>,增加到 4 500~7 500kg/hm<sup>2</sup>(表 6—5)。

表 6—5 封山与不封山对龙须草收草量的影响

处理	生势	面积 (m <sup>2</sup> )	平均叶长 (cm)	干草 (kg)	单产 (kg/hm <sup>2</sup> )	对比	增收(%)
封	好	2	90.2	1.6	8004	+236	144.92
	中	2	78.60	1.05	5259		
	低	2	69.00	0.95	4752		
山	平均	2	79.45	1.2	6003		
不封山	对照	2	64.20	0.49	2451		

有关观测表明,7~8 月份龙须草叶片增长迅速,但尚未老熟,若此时进行收割鲜草量似乎不少,但干草率很低,用之于造纸,产纸率也较低。8 月以后,9 月上旬,龙须草相继进入成熟期,此时收割产草、干草率都较高(表 6—6),故收割期以 9 月份为宜。实际封山可以防止过早任意收割,掌握合适的收获期。除了防御措施以外,还采取一些养护措施,对地力较低,生势较差连片的草地,可适当加施肥料,选在多雨湿润季节,撒入碳铵 375~450kg/hm<sup>2</sup> 或尿素 112.5~150kg/hm<sup>2</sup>),促进其生长发育,提高产草率。

表 6—6 不同收割区龙须草的晒干率对比

收草期	草叶长 (m)	鲜草重 (kg)	干草重 (kg)	晒干率 (%)	增长率 (%)
6 月 21 日	1.20~1.31	5.0	2.36	47.2	0
7 月 21 日	1.30~1.58	5.0	3.025	60.5	28.1
8 月 21 日	1.35~1.62	5.0	3.755	75.1	52.7
9 月 1 日	1.38~1.69	5.0	3.945	78.9	66.7

其次是逐步有计划地对龙须草山地的植被结构组成加以调整,清除入侵到龙须草群落中的杂草、灌木,补植上龙须草株和适当补一些乔木树种,其林间空地也尽量种上龙须草,使之逐步形成优势草被。

再则,对宜于龙须草生长但又草木稀落的荒山荒坡,可沿等高线进行狭带状一层层开垦,一面种龙须草,一面种植枣树、青梅等果木,实行林草间种。使之逐步形成远观成林,林内却是

繁茂的龙须草被的景观,将来会有林果草兼收,既保持了水土,又有较高的经济收益的功效。

若单纯为了增加产草量提供更多的造纸原料考虑,则应规划出水土条件较好,管理、交通方便的地方,建立面积足够的种苗和草场基地,实行集约化经营,进行更加精细的耕作管理。

当然充分利用一切空余地方如路旁、渠岸坝坡等处广为种植龙须草总是有利而无害的。

## 6.2 改造开发“红砂岭”的生物坝营造

6.2.1 开发利用、工程先行 “红砂岭”指的是经受强烈侵蚀流失而裸露着母岩,风化和半风化体的紫色砂页岩残丘。

表 6—7 水土流失区和非流失区养分变化

取样地点位置	养 分						酸碱度 pH 水浸提 1:5	有机质 (%)
	全氮 N (%)	有效氮 N (mg/kg)	全磷 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	有效磷 P (mg/kg)	全钾 K <sub>2</sub> O (%)	有效钾 K (mg/kg)		
2号径流场	0.0336	24.1	0.125	9.0	2.484	141.0	8.40	0.0911
4号径流场	0.083	34.4	0.13	1.8	2.73	143.5	8.04	0.790
4号径流场	0.064	37.54	0.134	4.96	2.49	123.0	7.97	1.1126
4号黄檀区	0.132	22.9	0.241	5.2	4.176	137.8	8.24	0.396
1号径流场	0.067	12.5	0.12	1.5	2.41	142.4	7.95	0.310
1号径流场	0.046	23.3	0.12	4.9	2.36	17.5	7.79	0.5975
角米形农民烟地	0.046	23.87	0.14	11.5	2.49	176.2	7.90	0.570
角米形新开烟地	0.050	16.70	0.15	7.3	2.69	141.0	7.92	0.440
苦楝区	0.034	18.68	0.106	6.28	2.31	93.43	7.72	0.264
黄檀区	0.0384	14.51	0.145	6.07	2.31	144.0	8.12	0.3225
任豆区	0.0415	43.51	0.121	11.48	2.30	140.0	7.98	0.4360
K <sub>156</sub>	0.0377	15.28	0.118	4.77	2.68	143.0	7.98	0.3474
李井原坡	0.039	9.55	0.14	11.90	3.09	111.0	7.89	0.2374
李井梯田 0~10cm	0.139	43.4	0.111	3.0	2.496	104.2	8.01	0.830
20~30cm	0.134	44.1	0.113	1.9	2.496	92.5	8.2	0.671
30~40cm	0.136	46.1	0.108	3.7	2.544	87.2	8.00	0.590
附城原坡	0.0275	9.56	0.12	3.7	2.44	110.0	8.03	0.170
附城(梯田)	0.033	17.6	0.14	9.80	2.41	179.0	7.98	0.360
罗佛寨后龙山 0~10cm	0.3366	220.7	0.1026	9.9	3.48	358.2	5.26	5.49
10~20cm	0.2423	149.5	0.09005	4.3	4.26	294.8	6.65	3.40
20~40cm	0.1035	96.6	0.09547	12.8	4.94	195.0	6.16	1.840
黄坑新梯田 表 层	0.114	21.2	0.195	3.4	3.825	179.2	8.36	0.2090
黄坑新梯田 底 层	0.0161	17.7	0.109	1.9	2.952	109.3	8.42	0.0687

注:2号径流场,自然坡度 24°2',集雨面积 1334m<sup>2</sup>;4号径流场,等高生物坝乔灌木结合,坡度 25°5';4号黄檀区,集雨面积 1711.1m<sup>2</sup>,山坡高差 16.61m。

开发利用,在这里不是轻而易举的事,由于土壤遭受侵蚀和破坏,土层流失殆尽,母岩裸露,从表 6—7 知,风化碎屑除全钾丰富,有效钾中等外,全磷偏低(个别地点除外),有效磷、全氮、有效氮和有机质都极缺乏。除化学肥力低,严重水土流失区,限制植物生长的最大障碍因素乃是物理条件太差,这里风化碎屑层厚者不足 5cm,薄者只有几毫米,其下为坚硬的母岩,即使使用锄头挖掘,都是相当困难的。从表 6—8,表 6—9 看到原坡面容重高达 1.95,三相比极不协

调,田间持水量少者只有7%,有效水不到1%,风化碎屑层大于10mm直径颗粒按重量计高达38%,大于2mm直径颗粒按重量计则高达90%以上。这样多的碎屑难于蓄水和保水,饱和含水量只有15%,加之夏季高温,由于紫色岩吸热增温块,一般地表温度高达60℃,最高达76.5℃,水分极易蒸发。室内测定,风化碎屑烘干后最大吸水量只有干重的10%~12%,此时在60℃下经12h水分便蒸发80%。

由于母岩特性,物理风化快,植被破坏后,径流带走的碎屑物也多,剩下的沟壑纵横,土地支离破碎,到处可见一个个光秃秃的小山丘,在干旱季节,又会引起严重的风蚀,陡坡上的疏松碎屑常发生泻溜现象。在上述如此恶劣条件下,确是寸草难生,故称之为红色荒漠,或称之为“红砂岭”。土之不存,植物岂能焉附?我们见到的所谓适应紫色砂页岩生长的菠萝麻、银合欢、夹竹桃、龙须草、草木樨等,都是生长在人工造“土”的基础上,或生长在风化碎屑堆积层较厚的地段上。如果没有一定厚度的碎屑层,上述先锋作物也是难以生长的。1988年南雄遇到罕见的旱龙舟水,5月30日~6月15日,连续高温无雨,碎屑层含水量低到2%~3%,见图6—1,我们种在较浅层碎屑物上夹竹桃、油干子、布荆、台湾相思等就有旱死的,引种的牧草90%旱死。因此,人工爆破“造土”的前提是植物生长和开发利用“红砂岭”的物质基础条件,否则,无法谈目前见到的红砂岭的开发利用。人工“造土”方式可依地形和坡度采用等高植物坝和梯田等多种形式。也就是说工程措施先行,植物措施随后,乔、灌、草配置到位。

表6—8 水土流失区和非流失区半风化母质和土壤物理性质变化

取样地点	自然含水量 (%)	饱和含水量 (%)	田间持水量 (%)	毛管持水量 (%)	容重 (g/cm <sup>3</sup> )	三相比	萎蔫湿度 (干基%)	有效水 (%)
2号场上坡	6.7	15.46	7.22	11.03	1.94	0.73 : 0.14 : 0.13		
2号径流场中坡	6.44	14.98	7.06	9.87	1.956	0.73 : 0.14 : 0.13	6.48	0.71
2号场下坡堆积层	16.03	38.30	8.81	25.96	1.248	0.47 : 0.11 : 0.42		
4号径流场生物坝顶	11.90	27.31	11.58	19.03	1.571	0.59 : 0.18 : 0.23		
		28.6	13.0	24.4	1.54	0.57 : 0.20 : 0.23		
4号径流场上部两生物坝之间	12.29	27.25	12.99	21.504	1.578	0.59 : 0.20 : 0.21		
4号径流场上部两生物坝之间		35.8	19.5	27.5	1.41	0.52 : 0.27 : 0.21		
4号径流场中部两生物坝之间	17.93	42.6	17.93	34.93	1.277	0.48 : 0.23 : 0.29		
4号径流场下部两生物坝之间	14.14	24.15	16.57	21.18	1.648	0.62 : 0.27 : 0.11		
4号径流场下部两生物坝之间		43.3	21.5	39.3	1.28	0.47 : 0.275 : 0.255		

6.2.2 等高定距植物坝设计标准 在“红砂岭”地面坡度大于10°以上,或不宜采用梯田的地方,我们则采用植物坝。坝:即以往的拦沙坝,坝上种上植物,故为植物坝,坝高一定,距离一定,故这种拦沙坝称为等高定距植物坝,也有人称之为生物坝。

从防止水土流失的观点来看,按一定的暴雨频率来设计,完全可防止设计标准内的水土流失,因为径流携带的碎屑物都沉积在坝内,没有水土流失。但为了防止暴雨的打击、溅散,保护

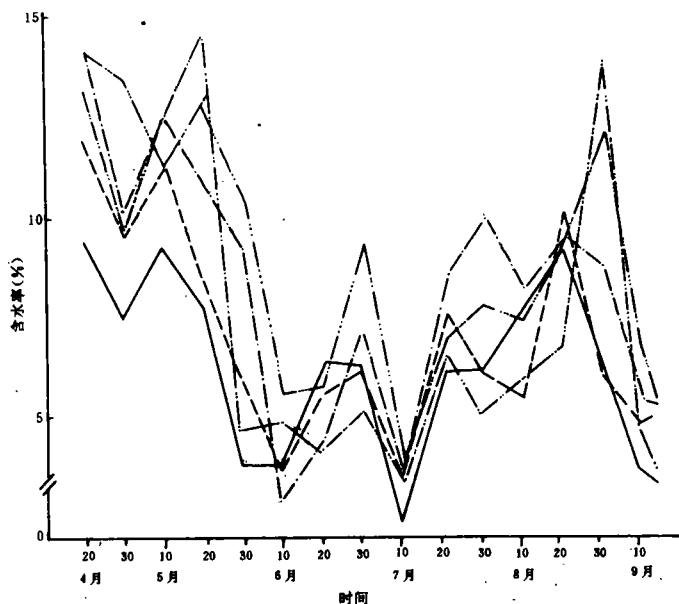


图6—1 5种植物土壤自然含水率月变化图

坝体免受侵蚀,则应增加植物覆盖,其最好方法则是乔木、灌木和草本相互搭配。

南雄在红砂岭地区坝的工程标准按10年一遇24h暴雨142mm设计,确保碎屑物不下山,水不出沟,不垮坝,按年侵蚀模数12 000~19 000t/km<sup>2</sup>标准,设计3年碎屑物不满坝,不垮坝。坝高1m,边坡1:1,坝顶宽0.8m,水平距离5m一条坝。

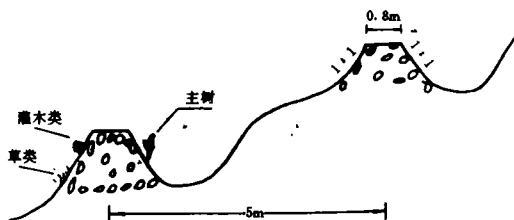


图6—2 工程措施与植物措施结合示意图

#### 6.2.3 乔、灌、草配置方式 1986年

秋我们在南雄太和角米形红砂岭,坡度22°左右,人工“造土”建坝,面积1.3hm<sup>2</sup>,列为等高植物坝,乔、灌、草优良品种选择和混交方式试区,工程措施和植物措施到底如何结合好?乔、灌、草又如何搭配好?只有通过试验来回答。我们从耐旱、耐碱、耐瘠的多种乔、灌、草中选择了如下几种配置方式。

- (1)以台湾相思为主区,配置布荆、龙须草等灌草类;
- (2)以黄檀为主区,配置油干子、草木樨等灌草类;
- (3)以任豆为主区,配置夹竹桃、菠萝麻等灌草类;
- (4)以川楝为主区,配置银合欢、草木樨等灌草类;
- (5)以银合欢 K<sub>156</sub>为主区,配置草木樨、菠萝麻等灌草类。

乔木间距1.5m,灌木间距1m,草本0.5m,每株施复合肥乔灌木0.1kg,草本0.05kg。

#### 6.2.4 试验结果 现就环境条件与作物生长,土、肥、水方面加以讨论。

(1)从防止暴雨径流和碎屑物流失来看:不论任何植物配置方式,所有等高植物坝,经4年的暴雨考验,都未出现崩塌,也无冲刷现象,完全防止了水土流失。证明设计标准正确,施工质量高。

(2)从碎屑物水分含量和植物耐旱性看:由图4—1知,各种植物区的风化碎屑层0~30cm深的含水率,全年任何时候均未达到15%,除4月和个别时期外,含水率甚至未达到10%,大都在5%~10%变化,在干旱时,如6月10日、7月10日、9月20日、10月20日、11月10日,均在5%左右,最低只有2%~3%。在此干旱条件下,一般植物是难于生长发育的,我们引种的植物,除台湾相思、油干子、龙须草、布荆等因苗小,有不同程度少量旱死外,其它都能正常生长。多种植物配置方式中,以银合欢  $K_{156}$  为主配置草木樨、菠萝麻区含水率最高;而台湾相思为主,配置布荆、龙须草区含水率最低,其它则介于这两者之间,说明银合欢区植物需水少,耐旱、生长快郁闭度大,水分蒸发少,而台湾相思区则相反。

(3)从耐旱植物生长情况看:由表6—10和图6—3知,银合欢  $K_{156}$  成活率达91%,黄檀、任豆和川楝成活率都达80%以上;而台湾相思只成活27.4%。三年生长情况,银合欢  $K_{156}$  生长极盛,树高达497cm,最高达655cm,最矮达330cm,比台湾相思最高的也高一倍多。在如此恶劣条件下,生长如此迅速,其是目前红砂岭造林绿化和解决农村生活燃料最好树种。任豆、苦楝介于前两者之间,黄檀次之。

(4)从颗粒大小、水分、养分来看:人工“造土”后,与以前的红砂岭尤其是与植物结合后,大大不同了,容重由1.9变成1.4左右,田间持水量由7%增至15%~20%,饱和含水量由15%增至31%~33%;全氮增加了,尤其是有机质提高更大,由0.0911%增加到0.2640%~0.4360%,提高3~4.8倍。值得提出的是任豆对增加碎屑物的养分含量优于其他树种,本区的化学肥力已接近多年开垦利用的农民烟地了。银合欢、苦楝和黄檀区化学肥力也都提高了。更重要的是通过工程措施和植物措施的结合,以及乔、灌、草的配置,碎屑层物理性质发生了根本的变化,大于0mm的石砾从开发利用前的40%左右,下降为零。黄檀区也只有7.90%,而小于1mm土粒由原先3%~4%增加到42%~75.5%。经测定,上述几个等高植物坝内的碎屑层已变成重石砾的砂壤土了这一变化是质的变化,说明红砂岭是可改造好的,植物坝之间的土壤可种植果树或经济作物。

试验充分证明:在红砂岭坡度较大的地段,每5m一条等高植物坝,所需土石方 $2\,250\text{m}^3/\text{hm}^2$ ,炸药150~180kg,投工750工日,所需投资1800元,开发利用,经四五年,荒漠可变为良田,不论从生态效益、社会效益和经济效益来算,都是好的,值得大力推广应用。

### 6.3 当年收益的黄烟保土栽培

以往我们的工作多偏重于治理,少注意开发和收益,从经济和发展生产观点看,保持水土,只是手段,而不是目的,防治水土流失和保持水土的目的是在于保障发展生产,改善水文气象和生态环境。但发展生产,改善生态条件,除受当地自然条件的制约,更重要的还受当地经济条

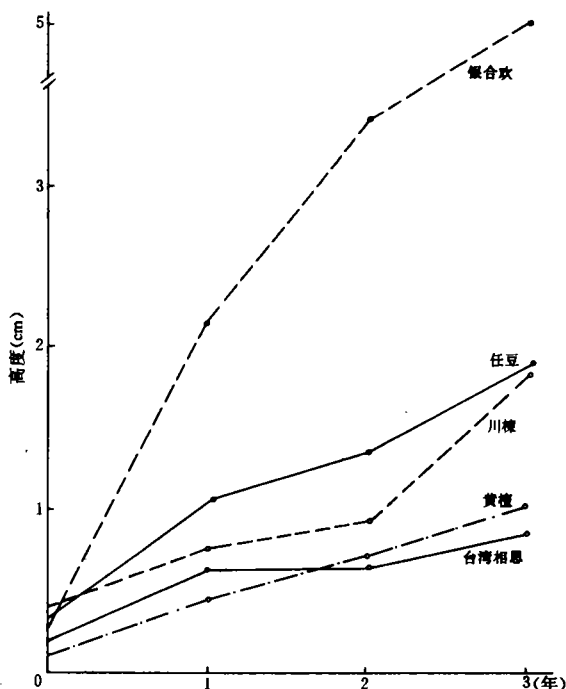


图6—3 5种植物生长速度变化图

件所制约。无数事实证明,水土保持工作如与当地发展生产,提高经济效益结合起来,则工作就

表 6—9 水土流失区和非流失区半风化母质碎屑物各级颗粒重量百分数 (单位:mm)

采样地点	>10	10~7	7~5	5~3	3~2	2~1	<1	1~0.1	<0.1	K 值 (cm/s)
2号径流场上坡	38.38	17.37	15.24	15.88	5.59	3.21	4.15			
2号径流场中坡	43.30	16.09	14.22	13.37	6.54	3.27	3.21	2.24	0.97	
2号径流场下坡冲积层	0.27	0.89	2.41	14.06	20.43	19.86	42.05			
4号径流场生物坝坝顶	15.01	18.63	22.25	21.25	9.85	4.42	8.58			
4号场上部两生物坝坝间	20.54	8.34	10.42	16.73	16.47	6.46	21.05			
4号场中部两生物坝坝间	2.01	1.76	3.26	8.79	22.68	17.01	44.49	42.01	2.48	
(1990 采)	0.1	0.2	1.3	9.5	18.9	16.6	53.5	47.8	5.7	0.00375
4号场坝身下	1.49	0.38	0.49	4.23	37.29	34.71	65.29	61.81	3.48	
1号场生物坝坝顶	23.47	18.00	17.06	20.31	9.11	3.72	8.3			
1号场上部两生物坝坝间	1.26	1.89	6.88	24.87	29.95	13.83	21.29	18.64	2.65	
(1990 采)	2.7	4.4	9.6	22.8	23.9	12.8	23.8	21.2	2.6	0.031
1号场中部两生物坝坝间	2.79	7.35	20.91	51.39	13.90	3.21	0.46	0.26	0.2	
1号场下部两生物坝坝间	1.15	3.20	9.56	25.59	19.75	12.86	7.88			
新生物坝以银合欢为主	14.59	8.63	9.30	16.84	15.11	12.01	23.51	21.14	2.37	
(1990 采)	0.5	1.0	2.1	7.5	15.9	16.3	56.6	50.6	6.0	0.0117
新生物坝以任豆为主区	16.2	10.07	11.79	19.11	17.80	11.18	13.97	12.62	1.35	
(1990 采)	2.7	2.7	5.0	16.3	18.2	14.8	40.3	37.8	2.5	0.055
生物坝苦楝为主区	0	0.08	0.16	2.8	3.7	17.8	75.5	63.6	11.8	0.0015
生物坝黄檀为主区	7.9	5.0	7.0	10.7	13.5	13.3	42.6	39.7	2.8	0.012

表 6~10 角米形等高生物坝耐旱树种生长情况

树 种 区 域	1987 年 3 月移 植苗数 (株)	苗 高 (cm)	1987 年底 树高 (cm)	1988 年底 树高 (cm)	1989 年 底					成 活 率 (%)	郁 闭 度 (%)	冠 幅 (cm)	三 年 生 长 对 比 (%)
					树 高 (cm)	最 高 (cm)	最 矮 (cm)	地 径 (cm)					
								平 均	最 粗				
银 合 欢	350	25	215	341	497	655	330	胸径 4. 20	胸径 6. 30	91	50		585
任 豆	369	35	105	134	185. 9	275		2. 39	4. 6	81	20	78	219
川 楝	193	40	60	93. 2	182. 4	440		3. 0	7. 6	80	40	93	215
黄 檀	192	10	46	71. 5	102	167		2. 82	4. 8	84	23	82	120
台 湾 相思	146	20	63	64. 3	85	160	21	1. 5	2. 2	27. 4	8	46	100

易展开,否则,则难于开展,正因如此,我们在开发利用上更应尽量把生态效益和经济效益结合起来,以较小的人力物力,取得最大的经济和生态效益。南雄县广大农民,千百年来在紫色砂页岩发育的紫色土上种黄烟,久负盛名,驰名中外。黄烟是该地的传统产品,也是县财政的主要经济来源,近年来不断扩大烟草种植面积,不少农民在风化碎屑物上,寸土必争种黄烟。据紫色页岩在人为干扰下,特别易物理风化的特征,我们认定把治理与开发利用结合起来,把生态效益、社会效益和经济效益统一起来的最好方法和措施,在可能条件下,在红砂岭地区人工爆破造土



种黄烟。为此,我们在太和水土保持站角米形及黄坑站缓坡红砂岭地段,1986年秋冬季采用人工爆破造土,新开 $0.6\text{hm}^2$ 烟地,经数月风化,于1987年3月整地种黄烟,当年收干烟叶每公顷产 $1200\text{kg}$ ;黄坑站田间管理差,每公顷只收 $262.5\text{kg}$ ,二者相差4.6倍。黄坑站风化碎屑物理性质大大优于太和站角米形,黄坑低产主要是投入太少。太和站每公顷成本投入 $1530$ 元,收入 $5610$ 元;而黄坑每公顷投入只有 $525$ 元,收入 $2250$ 元,投入二者相差3倍收入相差2.5倍。两站虽然都实现了一年开发,爆破造土,一年种植烟受益,但效果大大不一样,为此,我们在太和角米形连续坚持了三年试验,试验情况如表6~11。

表6-11 紫色砂页岩当年开发和利用种植黄烟效益

项目	第 1 年 1987 年	第 2 年 1988 年	第 3 年 1989 年	
种植面积(hm <sup>2</sup> )	0.06	0.06	0.06	
种植时间	3 月 10 日	3 月 31 日	3 月 16 日	
黄烟品种	美国 C <sub>25</sub>	K <sub>325</sub>	K <sub>325</sub>	
施基肥(kg)	370	436	245	
施化肥(kg)	15	31.25	69.25	
收获时间	5 月 26 日~7 月 10 日	5 月 20 日~6 月 30 日	5 月 24 日~7 月 12 日	
收入黄烟干叶重(kg)	72	35	90.7	
黄烟收入金额(元)	432	210	634.90	
合计成本(元)	92	114.34	140.53	
纯收入(元)	340	95.66	494.37	
黄烟单产(kg/hm <sup>2</sup> )	1200	600	1511.25	
日降雨	4 月	107.0	219.3	237.4
总 量	5 月	279.9	277.2	338.5
(mm)	6 月	174.9	90.9	109.7
日土壤自	4 月	未测	7.85	7.99
然含水量	5 月	未测	9.33	9.17
(%)	6 月	未测	3.73	6.27
	90 天	70 天	90 天	

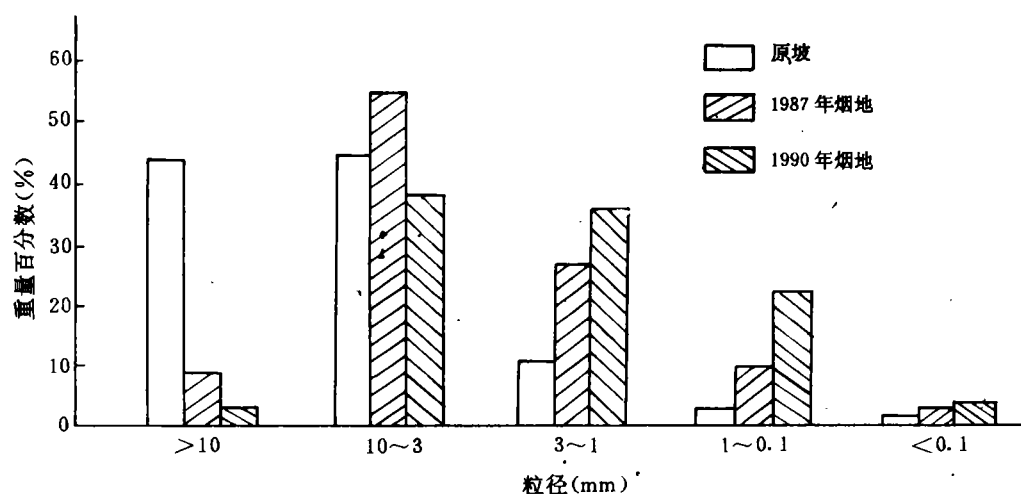


图6-4 紫色砂页岩开发利用风化碎屑颗粒大小变化图

由表6~11知,在寸草难生的红色荒漠区,坡度在 $10^{\circ}$ 左右,只要我和老烟区进行大致相等的投入和相等的田间管理,当年开发,爆土修梯田,当年种植烟草受益是完全可以的。角米形种植的黄烟,三年后平均公顷产干叶1104kg,年成本1734元,年纯收入4650元,黄烟收后还可种植其他耐旱作物,也有一定的收入。梯田每公顷爆破和治理费3750元,投资少,经济收益大。这就是把水土流失区,迅速变成“开发”区,脱贫致富,快速提高生态效益、社会效益和经济效益三者结合起来的有效措施。

应该指出的是1988年黄烟减产是由于南雄遇到历史上罕见的“旱龙舟水”,碎屑物自然含水率从9.3%骤降为3.7%,全县旱地无灌溉设备种黄烟的也都减产,第三年正常情况下,每公顷产干烟叶达1500kg,纯收入达7410元,已达中上水平,完全达到了一年开发利用,一年有收入的目的。这样也防止了水土流失,提高了地力,改造了红砂岭,增加了耕地面积。

土地是人类赖以生存的最重要、最基本的资源之一,

失去了土地,人类是不能生存的,我国是人均耕地面积最小,土地负担人口最多的国家之一,广东人均耕地面积只有 $0.05\text{hm}^2$ 。因此保护土地资源,则是关系子孙万代的大事。把红砂岭的整治与开发利用结合起来,则是保护土地资源的最好方法,爆破造地,修水平梯田种烟,不但完全防治了水土流失,而且经过人们的种植、施肥、扰动、碎屑层风化成土的速度加快了,理化性质也迅速变好。从表6—12a,6—12b知,红砂岭开发利用后,全氮、全磷、有效氮磷、钾等都有所提高,尤其是有机质提高得更快,物理性质变化更大:大于10mm的颗粒由43%下降为2.3%,而小于3mm颗粒由13%增至60%,容重由1.96下降为1.3;饱和含水量由15%增至32%,田间持水量由7%增至13%;三相比也变为较协调。尤以紧实度的变小,这对植物根系伸展起着非常重要的作用,颗粒吸水增加了,蒸发速度变慢了,开发利用前后颗粒大小变化及吸水蒸发的变化,参阅图6—3和图6—4则一目了然。

#### 6.4 耐旱、高产、高值作物籽粒宽的引种

耐旱能力强的菠萝麻、银合欢、夹竹桃、山毛豆、木豆、任豆、布荆、龙须草等能适应有一定厚度碎屑层的红砂岭地区生长,但上述植物一般经济价值不太高,即使具有一定的经济效益,然而生长缓慢,我们能否找到一种既耐旱能力强又耐碱,而且生长快速,又有较高的经济价值的作物呢?这将成为开发利用红砂岭的一个很重要的课题,为了解决这一难题,我们依红砂岭的条件,选择和引种籽粒宽,取得了良好的效果,值得应用与推广。

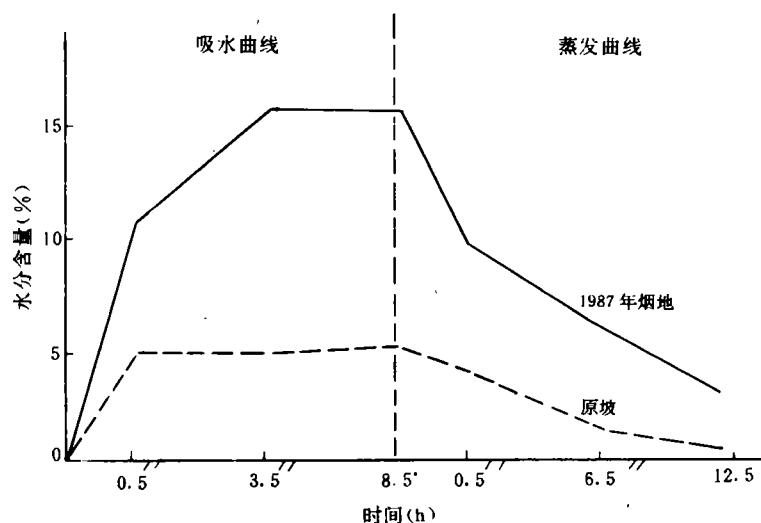


图6—5 紫色砂页岩开发利用风化碎屑吸入蒸发的变化图

表 6—12a 紫色砂页岩开发利用风化碎屑理化性质的变化

采样点位置	角米形 2 号径流场(原坝)	角米形新垦梯田烟地(1987 年)	角米形梯田烟地(1990 年)
一、养分变化情况			
全氮(N%)	0.0336	0.06	0.03918
有效氮(mg/kg)	24.1	16.7	41.53
全磷(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %)	0.125	0.15	0.1676
有效磷(mg/kg)	9.0	7.3	31.88
全钾(K <sub>2</sub> O%)	2.484	2.69	2.33
有效钾(mg/kg)	141.0	141.0	224.29
pH 值:水浸提(1:5)	8.4	7.92	7.87
有机质(%)	0.0911	0.44	0.3695
二、物理性质变化情况			
自然含水量(%)	6.44	8.47	
饱和含水量(%)	14.98	33.01	31.9
田间持水量(%)	7.06	8.33	13.1
毛管持水量(%)	9.87	14.59	24.2
容重(g/cm <sup>3</sup> )	1.956	1.357	1.3
三相比	0.73 : 0.14 : 0.13	0.51 : 0.11 : 0.38	0.51 : 0.18 : 0.31
三、碎屑物各级颗粒重量百分比			
粒径>10mm	43.3	8.24	2.3
粒径 10~3mm	43.68	54.69	37.7
粒径 3~1mm	9.81	26.43	35.3
粒径 1~0.1mm	2.24	9.37	21.7
粒径<0.1mm	0.07	1.27	2.9

表 6—12b

采样点位置	角米形 2 号径流场(原坡)	角米形新开梯田烟地(1987 年)
四、吸水及蒸发变化情况		
烘干重(g)	195.6	135.7
容重(g/cm <sup>3</sup> )	1.956	1.357
吸水 0.5h 重(g)	318.0	270.0
水分含量(%)	10.12	21.59
吸水 0~3.5h 后重(g)	318.0	284.2
水分含量(%)	10.12	32.06
吸水 0~8.5h 后重(g)	320.0	284.2
水分含量(%)	11.15	32.06
紧实度(kg/cm <sup>2</sup> )	15.58	1.49
吸水未蒸发时重(g)	320.0	284.2
蒸发 0.5h 后重(g)	315.2	269.0
水分含量(%)	8.69	20.85
失水量(%)	22.07	34.97
蒸发 0~6.5h 后重(g)	305.8	259.2
水分含量(%)	3.89	13.63
失水量(%)	65.12	57.49
紧实度(kg/cm <sup>2</sup> )	48.74	1.93
蒸发 0~12.5h 后重(g)	302.5	251.7
水分含量(%)	2.2	7.37
失水量(%)	80.27	77.02
紧实度(kg/cm <sup>2</sup> )	61.12	4.34

现就其主要特性说明如下：

籽粒苋又名千穗谷、玉芝麻、御谷等,它是一种新型的一年生粮食、饲料、蔬菜兼用作物,亚洲、非洲、南北美洲不少国家均有种植。我国东北、华北、西藏、云南、内蒙古、江苏等地也有当地品种的栽培,中国农科院作物所于1982年开始从美国引进了一些新品种,在全国布点几十个,推广面积6万hm<sup>2</sup>以上,取得了良好的社会 and 经济效益。

籽粒苋籽粒小,每株可结籽10万粒以上,故有一粒下种,万粒归仓之说,国外有人认为它是“古已有之,后望无穷”的作物,也有人认为它是“人类未来的粮食作物”,受到世界各国普遍的重视。

6.4.1 具有特殊耐旱能力 它不但适应性广、且其抗旱性为其他作物之少见,能忍受0~30cm土层含水量4%~6%的极度干旱。1986年河南商丘地区春夏大旱,土壤20~40cm间含水率为4.08%,玉米受灾八成,而籽粒苋日生长高度仍为3.5cm,平均株高为2.67m,每公顷产籽粒1629kg。据农田灌溉所测定,其需水量只有小麦的41.8%~46.8%,夏玉米的51.4%~61.4%,夏棉花的79.1%,甚至比耐旱的杂草马齿苋还约少10%,表现出其特有的耐旱能力。1988年我们在南雄附城水保站引种了多种牧草、绿肥及籽粒苋,碰上罕见的“旱龙舟水”,5月29日~6月15日连续干旱高温,0~10cm碎屑层含水只有2%~3%,0~30cm为5%~6%,牧草旱死90%,即使耐旱的夹竹桃、台湾相思、黄檀、油干子等幼苗也有旱死的,唯独籽粒苋表现出其特有的耐旱能力,未旱死一株。8月实地调查,一般株高1.2m,高者1.6m,茎粗2cm,单株鲜重614.3g,穗长42cm,籽粒苋能适应如此恶劣特旱条件,并生长良好,其他作物难于相比,得到当地农委等有关部门的肯定和赞扬,一致认为值得再大力试种的好品种。

6.4.2 具有极高的营养价值 籽粒苋不仅适应性广,抗逆性强(耐旱、瘠、盐碱),而且茎叶和籽实中的蛋白质含量高,氨基酸组成平衡,尤其是赖氨酸异常丰富。

籽粒苋产量水平如表6—13所示,其变幅大,如管理水平好,其产量是很高的。

表6—13 1974年美国籽粒苋与其它谷物单位比较 (kg/667m<sup>2</sup>)

	大麦	燕麦	玉米	水稻	黑麦	大豆	小麦	籽粒苋
美国平均	133.3	113.3	300.0	340.0	90.0	105.3	120.0	45.6~260.0
世界平均	127.3	110.7	160.0	153.3	116.0	91.3	104.0	73.3~333.3

表6—14 籽粒苋与其它几种谷物的蛋白质与赖氨酸含量比较

谷粒	蛋白质 (%干重)	赖氨酸 (%蛋白质)	蛋白质 (评分*)	限制性 氨基酸
籽粒苋	16	6.2	113	亮氨酸
小麦	14	2.9	53	赖氨酸
水稻	8	3.7	67	赖氨酸
玉米	9	2.8	51	赖氨酸
高粱	9	2.3	42	赖氨酸
谷子	11	2.0	36	赖氨酸
大麦	9	3.5	64	赖氨酸
燕麦	16	3.3	60	赖氨酸
荞麦	12	6.4	116	亮氨酸

\*用每种谷物中的赖氨酸含量与FAO/WHO所推荐的赖氨酸含量5.5相比后乘以100而取到。FAO/WHO为联合国粮农组织与世界卫生组织。

籽粒苋与其它作物的蛋白质、赖氨酸含量比较如表6—14。

籽粒苋的蛋白质含量,高于小麦、水稻、玉米、高粱、谷子、大麦、荞麦等,为水稻的2倍,玉米、高粱、大麦的1.77倍。赖氨酸除略低荞麦外,大大超过了上述多种谷物的含量,故营养是极

高的。除蛋白质外,其脂肪含量为6%~8%,比谷类作物高2~3倍,籽粒中还含有丰富的矿物质和维生素,尤其是钙的含量超过谷类作物的10倍以上,比大豆还高50%,含磷量与大豆相近,约为谷类作物的2倍,故其营养又是很全面的。

6.4.3 社会经济效益高 据山西农科院试验,在干旱条件下(年雨量450mm,每公顷产籽粒2250~4500kg,半青茎叶45000~60000kg,若作青饲料,在干旱条件下,可达64500kg/hm<sup>2</sup>,是玉米的1.4倍。种1hm<sup>2</sup>籽粒苋,平均可获粗蛋白487.5~678kg,是玉米的2.1~2.6倍(籽粒苋籽粒及半青叶蛋白质含量分别为18.75%、9.9%;玉米分别为10.02%、3.5%),即种0.06hm<sup>2</sup>籽粒苋的饲用价值与种0.14~0.17hm<sup>2</sup>玉米相似,而且籽粒苋有更强的耐旱能力,深为群众所喜爱。

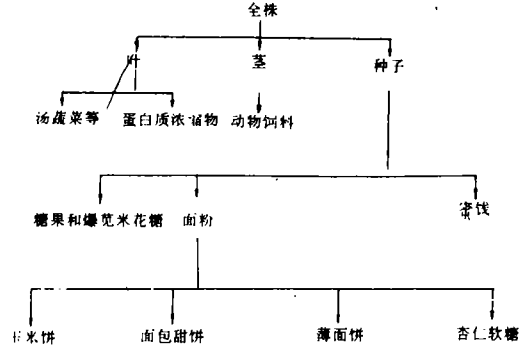


图 6—6 籽粒苋综合利用图

表 6—15 美国籽粒苋各品种植株平均生长量 单位:cm

品种	观测时间	株高		地径		覆盖度 (%)	生育天数 (天)	冠幅
		平均	最高	平均	最高			
R <sub>104</sub>	1989.8.18	125	183	1.9	2.9	83.0	120	65×54
R <sub>103</sub>	1989.8.18	70	138	1.31	1.8	52.0	120	30×30
N <sub>01</sub>	1989.8.18	141	23.2	1.6	3.3	83.3	140	50×60
K <sub>112</sub>	1989.8.18	193	222	2.5	3.5	73.3	120	80×83
R <sub>104</sub> (壤)	1989.8.21	110	170	2.0	2.6	37.0	120	68×70
西藏白	1989.8.21	150	212	1.9	3.5	84.5	120	60×60

注:各品种生长量均为20株平均值。

据有关单位研究,其它饲料与籽粒苋搭配,乳牛乳量提高4.7%,牛奶蛋白含量提高10.4%;猪增重3.3%~7.8%,饲料下降12.7%;鸡的产蛋数、产蛋量均提高15%左右,饲料消耗率下降13%。

据报导,它不但是好饲料,而且是食品工业的好原料,有的单位用籽粒苋作麻糖,苋粉与白面配合作成面包、饼干、面条等食品,效果皆较好。此外,还可制备味美色浓的酱油,而不另用人工色素,既节省成本,又符合营养卫生需要。

用籽粒苋与玉米比较成本低,苋每公顷成本最高450元(包括劳力),产值最少4650元(籽粒每kg按1.00元,苋草按0.06元计),资金产投比为10.3,而玉米(按河南商丘1984年计)成本费34.8元,产值73元(包括秸秆),资金产投比仅为2.09倍,种1公顷苋比种1公顷玉米产值提高3.24倍。

中国农科院作物所根据“食疗”和现代营养学的理论,选用籽粒苋、玉米、燕麦、大米与豆粕或大豆进行合理的组合搭配而研制成功的氨维饮料,是一种有营养、有益于人体健康的保健饮料,也可以配置成含天然养分丰富的口服营养液。这一成果问世,并通过了技术鉴定,受到全国著名的食品加工、营养学和生理学方面专家的一致好评,填补了国内空白,已有10余个省20余个单位要求转让这项技术。国外将苋的综合利用途径如图6—6所示。

6.4.4 红砂岭大面积引种试验成功 1989年我们继续在南雄附城拦沙坝和梯田的碎屑层中种植  $N_{01}$ 、 $R_{103}$ 、 $R_{104}$ 、 $K_{112}$  和西藏白 5 个籽粒苋品种,总面积为  $7.1\text{hm}^2$ ,其中拦沙坝  $6.7\text{hm}^2$ ,梯田  $0.4\text{hm}^2$ ,进一步考查了上述品种的优劣及其适应性,以便更好利用红砂岭。与 1988 年一样,大面积试验取得了良好的效果,确定了 5 个品种的适应性及其产量优劣等。

大田试验数据如表 6—15 和表 6—16。

表 6—16 同样说明  $K_{112}$ 、西藏白产量也高于其它品种。

大田栽培措施如下:

(1)整地。红砂岭新开梯田采用挖畦开行,畦宽  $0.8\sim 1.0\text{m}$ ,开行距  $0.3\text{m}$ ,每公顷施复合肥  $187.5\text{kg}$  作基肥。拦沙坝上种 3 行,每  $\text{m}$  种 30 株,每  $\text{hm}^2$  36 000 株,开穴种植,每穴带客土施复合肥  $5\text{g}$ ,每  $\text{hm}^2$   $180\text{kg}$ 。

(2)播种。各品种均为 5 月 6 日,采用开沟行播或穴播,播种量  $750\text{g}/\text{hm}^2$ ,播后覆薄土。

(3)管理措施。6 月下旬施尿素一次,用  $1:800$  氧化乐果溶液杀虫,7 月下旬再用  $1:1000$  的甲胺磷溶液喷杀除虫。

表 6—16 美国籽粒苋各品种单株生物量及公顷产量

品种	单株生物量(g)										
	根		茎		叶		籽粒		根		
	鲜重	干重	鲜重	干重	鲜重	干重	鲜重	干重	鲜重	干重	干/鲜(%)
$K_{112}$	105.25	33.95	589.75	128.83	227.60	40.78	65.78	18.05	988.38	221.61	22.4
$N_{01}$	36.77	11.67	251.08	53.16	81.60	16.46	32.13	7.40	451.58	88.69	19.6
西藏白	54.70	18.74	236.80	53.93	70.70	21.29	40.10	15.84	402.30	109.80	27.3
$R_{104}$	26.03	8.78	98.75	26.32	65.08	18.07	18.88	5.28	208.74	58.45	28
$R_{104}$ 埂	70.67	18.80	180.56	32.1	111.68	21.4	36.30	8.70	399.21	81	20.3
$R_{103}$	8.69	3.01	47.89	11.19	19.59	5.18	6.78	1.72	82.95	21.10	25.4
密度 (株/ $\text{cm}^2$ )	公顷产量(干重/kg)										
	茎		叶		籽粒		合计公 顷产		加工干 粉率		加工 干粉
23	29640		9390		4155		43885		0.95		41025
31	16485		5100		2295		23880		0.95		22680
38	20505		8100		6015		34620		0.95		32895
45	11850		8130		2370		22350		0.95		21240
30 株/m	1155		765		315		2235		0.95		2130
38	4245		1965		660		6870		0.95		6525

注:各品种生物产量均为 20 株平均值。

大田生长表现:由表 6—16 看出,籽粒苋产量随品种不同差距很大,高者每公顷产  $34\ 620\sim 43\ 185\text{kg}$ ,低者只有  $6\ 870\text{kg}$ , $K_{112}$ 、西藏白这两个品种值得推广,尤以西藏白籽粒数公顷产高达  $6\ 015\text{kg}$ ,更值得大力推广。

依大田调查,籽粒苋有很发达的根系, $K_{112}$ 主根最长可达  $110\text{cm}$ ,根群分布在  $10\sim 20\text{cm}$  深处,须根密集。前面谈过其需水量只有夏玉米的  $51.4\%\sim 61.4\%$ ,甚至比耐旱的杂草马齿苋还少  $10\%$ ,故能在红砂岭地表温度高达  $71.2^\circ\text{C}$  和气温高达  $40^\circ\text{C}$  (1989 年 7 月 15 日),早期长达 27 天,早期蒸发量  $219.3\text{mm}$ ,土壤含水量最小为  $2.48\%$  (1989 年 8 月 20 日)等高温、干旱条件下,其抗旱能力为 4 分(按《水土保持规范》划分其耐旱等级),个别叶子发生凋萎,越冬率  $98\%$ 。

表 6—17 小气候观测表

观测因子	风速 (m/s)	气温 (℃)	地表温 (℃)	绝对湿度 (g/m <sup>3</sup> )	相对湿度 (%)	蒸发量 (mm)
籽粒苋	0.6	30.3	32.1	26.8	63	5.2
对照点	1.3	30.1	38.3	24.8	61	9.3
与对照点 相比较	-0.7	+0.2	-6.2	+2	+2	-4.1

注:表中数据均为 4 天平均值。

8 月 4 日~7 日进行了小气候观测,观测点平均植株高度 130cm,覆盖率 84.5%,观测结果见表 6—17。由表 6—17 可知:风速与对照点相比削减了 46.2%,地表温度下降明显,削减了太阳辐射能,空气湿度有所增大,蒸发量减少 56%。可见籽粒苋改善小气候作用的效果是明显的。

8 月取碎屑物分析结果如表 6—18。

表 6—18 籽粒苋对肥力影响

样本名称	养分			酸碱度(pH)	有机质(%)
	有效氮(mg/kg)	有效磷(mg/kg)	有效钾(mg/kg)	水浸提(1:5)	
荒坡	11.9	4.1	148.3	8.58	0.260
等高坝籽粒苋	72.5	7.3	173.0	8.57	0.477
新开梯田籽粒苋	16.2	4.5	98.5	8.70	0.502

从表 6—18 知,除有效钾梯田区低于荒坡外,所有拦沙坝或梯田区的有效氮、磷、钾都比荒坡高,有效氮增加 1.4~6 倍,有效磷增加 1.1~1.8 倍,有效钾增加 1.2 倍。尤其是有机质提高迅速,增加 1.8~1.9 倍。分析结果表明籽粒苋具有明显提高地力和改良红砂岭的作用。

以上大田试验材料充分证明籽粒苋不但在红砂岭种植确实有独特的耐旱、高产,而且能改善田间小气候和提高地力的作用,由于大田难于做到精确的重复对比试验,上述 K<sub>112</sub>和西藏白两品种的耐旱程度指标及对水肥效应如何还需进行更精细的盆栽试验,为此,我们又进行了盆栽试验。

#### 6.4.5 盆栽复核大田成果

(1)试验材料、方法和设计。为了进一步弄清两个在大田初步证明较优良的 K<sub>112</sub>和西藏白水肥效应,1990 年 4 月 20 日~8 月 22 日对上述两品种作了盆栽验证,盆栽用的碎屑理化性质如表 6—19 所示。

表 6—19 碎屑物理化性质

养 分					
全氮 N (%)	有效氮 N (mg/kg)	全磷 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	有效磷 P (mg/kg)	全钾 K <sub>2</sub> O (%)	有效钾 K (mg/kg)
0.036	15.5	0.132	痕迹	3.381	205.9
酸碱度(pH)	有机质	容重	田间持水量	毛管持水量	饱和含水量
水浸提(1:5)	(%)	(g/cm <sup>3</sup> )	(干重%)	(干重%)	(干重%)
8.02	0.302	1.5	16.7	22.4	31.2

试验分品种、水分、肥料用量三因素,每品种设三种肥料和两种水分水平,六个处理每处理重复 3 次,共 36 盆,每盆装烘干碎屑物 16kg,随机机组排列于网室内。水肥控制如下:

高水——以饱和含水量的 60%~70%。

低水——以饱和含水量的 20%~30%。

高肥——自制复混肥(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O,8-6-4)20g/盆基肥,5 月 3 日追肥,每盆复合肥 10g,硫铵 2g,普钙 2g。

中肥——基肥:每盆复合肥 10g,追肥:每盆复肥 5g,硫铵 1g,普钙 1g。

低肥——不施肥。

以上水肥组合成:

T<sub>1</sub>:低水低肥处理即对照处理。

T<sub>2</sub>:低水中肥处理。

T<sub>3</sub>:低水高肥处理。

T<sub>4</sub>:高水低肥处理。

T<sub>5</sub>:高水中肥处理。

T<sub>6</sub>:高水高肥处理。

注:复混肥为自制肥(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O,8-6.48-4)

4 月 20 日每盆移栽高 10cm 小苗 5 株。5 月 3 日追肥,6 月 7 日每盆割下 3 株称鲜重,估算籽粒苋青饲料产量,每盆留两株中等的到成熟时收割。

表 6—20 种植 45 天籽粒苋平均植株产量比较 \* 单位(g/株)(鲜重)

处理	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	合计	平均
K <sub>112</sub> A <sub>1</sub>	9.4c	36.0bc	39.0bc	14.4c	56.8b	87.6a	243.2	40.5
比对照增产%		282.9	314.9	53.2	504.2	831.9		
西藏白 A <sub>2</sub>	16.3c	30.9c	37.8bc	22.8c	45.9bc	73.3ab	227.0	37.8
比对照增产%		89.6	131.9	39.9	181.6	349.7		

\* 字母相同均值在邓肯多重范围检验 5%水平上差异不显著。

表 6—21 籽粒苋品种、水分、肥料用量不同组合平均株高比较

处理	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	合计	平均
K <sub>112</sub> (cm) A <sub>1</sub>	86.0d	138.0c	158.0b	78.0d	160.8b	189.3a	810.1	135.0
西藏白 (cm) A <sub>2</sub>	128.8c	147.7bc	166.7b	127.5c	168.3b	198.8a	937.8	156.3

\* 字母相同的均值在邓肯多重范围检验 5%水平上差异不显著。

表 6—22 籽粒苋品种、水分、施肥量不同组合的平均株重比较 单位(g/株)

处理	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	合计	平均
K <sub>112</sub> A <sub>1</sub>	51.1bc	100.7bc	248.7a	42.3c	105.3bc	230.2a	778.3	129.7
比对照增产(%)		97.1	387	-17.2	106	350		
西藏白	97.5bc	212.9a	259.6a	84.1bc	120.1b	227.5a	1001.7	166.91
比对照增产(%)		118	166	-13.7	23.2	133		
K <sub>112</sub> A <sub>1</sub>	18.1c	35.5bc	66.2a	13.3c	39.3b	70.1a	242.5	40.4
比对照增产(%)		96.1	266	-26.5	117	287		
西藏白	26.9bc	58.8a	67.9a	24.3bc	34.5bc	66.5a	278.9	46.5
比对照增产		119	152	-9.67	28.3	147		

(2)试验结果与分析。

A. 作为青饲料鲜重的影响。表 6—20 说明,K<sub>112</sub>品种的高水肥处理产量最高,西藏白品种的高水高肥处理次之,K<sub>112</sub>品种的平均单株产量稍高于西藏白品种;但两品种间产量差异不明显。随着水分的增加以及施肥量的增长,鲜重产量都有显著的提高,水分和施肥量的交互作用



也能促进产量的提高。

B. 对株高的影响。表 6—21 说明,两品种在施肥情况下,都高于不施肥株高,西藏白株高,明显高于 K<sub>112</sub>,平均增加 15.8%,二者在不施肥情况下,差异显著,表明西藏白较 K<sub>112</sub>更耐旱耐瘠。

C. 对株重影响。施肥使两种品种植株的鲜干重量增加,施肥水平不同,产量水平不同,呈显著差异。但水分高低,却对植株重量的影响未达显著水平,两品种比较;西藏白优于 K<sub>112</sub>品种。两品种的高水高肥和低水高肥的处理,植株产量最高,显著优于对照和其它处理,然而两种的高水低肥都优于低水低肥(表 6—22)。

D. 对穗长影响。从 K<sub>112</sub>品种看,除高水低肥外,其它各处理的穗长分别比对照处理的增长 221%、176%。从西藏白品种看高水高肥、高水中肥、低水高肥都比对照处理明显增加,分别增长 73%、30%、66%,而高水低肥和低水中肥低于对照处理,但差异不显著。

表 6—23 籽粒苋品种、水分、施肥量不同组合平均穗长比较

处理	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	合计	平均
K <sub>112</sub> A <sub>1</sub>	14.7cd	36.5bc	40.5bc	4.2d	35.5bc	47.2b	178.6	29.8
西藏白 A <sub>2</sub>	36.8bc	33.7bc	61.0a	27.7c	47.8b	63.7a	270.7	45.1

表 6—24 籽粒苋品种、水分、施肥量不同组合的平均穗重的比较 (g/株)

处理	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	合计	平均
鲜 K <sub>112</sub> A <sub>1</sub>	3.5c	25.8bc	61.3ab	1.0c	21.7bc	68.5a	181.8	30.3
比对照增产		637%	1651%	-71%	520%	1857%		
西藏白	23.1bc	32.7bc	77.7a	14.8bc	35.5b	83.3a	267.1	44.5
重 比对照增产		41.5%	236%	-35.9%	53.7%	261%		
干 K <sub>112</sub> A <sub>1</sub>	1.3c	8.3bc	181ab	0.4c	10.2b	21.4a	59.7	9.9
比对照增产		538%	1292%	-69.2%	685%	1546%		
西藏白	6.5bc	10.7b	22.5a	4.5bc	11.1b	23.9a	79.2	13.2
重 比对照增产		64.6%	246%	30.8%	70.8%	268%		

如把两品种相互比较则知:即使 K<sub>112</sub>最长的穗长,差异达显著水平。

在相同水分水平下,两个品种的穗长,都随肥料用量的增加而增长,除西藏白低水中肥略低于对照外(差异不差著)都达显著差异(如表 6—23)。

E. 对穗重影响。施肥都能促进两品种穗重的增加,差异显著,西藏白较 K<sub>112</sub>产量高。两品种的高水高肥和低水高肥穗产量最高,分别比对照增加 2.61,2.36,18.57,16.51 倍。两品种的高水中肥和低水中肥也比对照明显增产,两品种的高水低肥的穗重略低于对照处理,这与株高、穗长一样,得到的结果是相同的。

值得提出的是:不施肥,由于风化碎屑养分缺乏,尤其缺氮素,K<sub>112</sub>不施肥的处理,出穗少,种子成熟少,穗重仅 1.0~3.5g/株,而西藏白不施肥虽产量也低,但与 K<sub>112</sub>比,仍高很多,分别达 14.8~23.1g/株。充分表明它比 K<sub>112</sub>更耐瘠(表 6—24)。

6.5 抗旱耐瘠保土经济作物菠萝麻的培植

综合治理开发红砂岭,把生态效益、社会效益和经济效益结合起来。我们通过实地研究与分析,发现南雄的菠萝麻是最能适应严重水土流失地区风化碎屑层生长最佳绿化的经济作物,不管风化碎屑层物理条件如何恶劣,早期如何长,其它植物难于适应的生长条件,它都能适应,且生长良好。

实地调查的情况如表 6—25。

表 6—25 菠萝麻生长情况调查结果

地点	生长情况	生叶数 (片)	枯叶数 (片)	总叶数	叶长 (cm)	叶长 1/2 处 叶厚 (cm)	叶长 1/2 处 叶宽 (cm)
附城丹布菠 萝麻基地种 植两年半	生长良好	26	15	41	53	0.482	10
	生长中等	18	7	25	38.5	0.414	6.4
	生长差的	10	9	19	26.9	0.402	5.4
附城河南 岭多年生 菠萝麻	生长中等	82	/	/	134~150	0.492	16

由表 6—25 知:同一地段菠萝麻生长情况差异较大,这可能是管理和水肥条件不同所致。

菠萝麻,学名为宽叶种龙舌兰麻 (*Agave americana*),又称墨西哥马盖 (*Mexican magacy*),龙舌兰科 (*Agaveaceae*),龙舌兰属 (*Agave linn*),原属于中美洲墨西哥,是一种叶纤维作物,各地名称不一;广东各地称番麻,大叶假菠萝麻,南雄叫菠萝麻,它耐旱性强,全世界热带、亚热带、以致温带的南缘如地中海沿岸等地均有分布,在我省分布最广。

我国早在 1901 年由华侨从国外首先引进宽叶种龙舌兰麻,以后又引进剑麻,南雄引进菠萝麻种植已有多年的历史,剑麻近年来才引种。目前我国从北纬 18~31°,东经 97~125°都有栽培,广东、广西、福建许多地区都有种植,浙江、四川、云南也积极引种试验。目前在栽培加工和综合利用等方面正朝着机械化、现代化方面发展,龙舌兰麻综合开发利用将会出现一个崭新的面貌。

菠萝麻不但完全适应紫色砂页岩风化碎屑层中生长,而且价值高,用途广,浑身是宝。其纤维色质光白,质地较坚韧,拉力强,在水湿情况下,拉力更强,在海水中耐腐蚀性更大。耐摩擦、耐酸碱、耐低湿,它在重工业、国防建设、交通运输、航海、远洋捕捞业、森林工业等用途很大。目前世界上由于“回归自然”潮流的兴起,广东东方红农场利用剑麻纤维与软质纤维混纺织成布料、地毯、装饰品、纤维板、工艺品等已成为国际市场的抢手货,创造不少外汇。麻汁——加工纤维流出的液汁,可提取海可吉宁 (*Hecogenin*) 及替告吉宁 (*Tigogenin*),统称剑麻皂素,是制造贵重药物地塞米松、康复龙、氢化可的松和避孕药的重要原料。据东方资料,新鲜麻渣含蛋白质 3.17%,可溶性糖 2.16%,是良好的青饲料。腐熟麻渣含氮 1.57%,磷 0.39%,钾 286%,500kg 麻渣相当硫酸铵 39kg,过磷酸钙 11kg,氯化钾 23.5kg,故是很好的有机肥料。

在南雄大力发展龙舌兰麻生产,不仅是加速绿化,开发利用红砂岭的有效措施,而且对国民经济也有重大的作用。

南雄绿化水保办,为了改变过去只重生态效益的防护性治理转变为治理与开发利用相结合的开发性治理,大办各种绿色企业基地,除果树、湿地松等基地外,大搞菠萝麻、剑麻基地,并把它作为一项带有长期性的治理与开发相结合,生产与科研相结合,以及生态效益,社会效益和经济效益统一的战略方针来抓。1991~1993 年发展菠萝麻基地 666.7hm<sup>2</sup>,并建立加工利用综合工厂,对其加工利用系列产品进行试验研究,现已投资 60 多万元,基地已发展 306.7hm<sup>2</sup>,每 hm<sup>2</sup> 4 500 株,4 年进入投产期,每株叶重 10kg,每 hm<sup>2</sup> 产叶 45t,产值 2 700 元。

由于以往不了解鲜菠萝麻特有的经济价值,农民千家万户作为自留地的绿篱种植,基本处于半野生状态,不施肥,不管理,产量低。现在不同了,大面积集约栽培,产量要求高,水肥管理应随生产而提高,为了探求菠萝麻速生丰产栽培的水肥效应,为大面积发展菠萝麻提高其经济

效益,我们特布置了菠萝麻速生丰产试验:

6.5.1 试验材料、方法和设计 为了弄清菠萝麻速生丰产水肥效应,我们在1989年2月20日~1991年1月22日作了盆栽试验,盆栽田的风化碎屑物的理化性质和籽粒宽一样,见表6—19。试验设三种肥料,三种水分水平,九个处理,每处理重复三次,共36盆每盆装烘干碎屑物16kg,随机区组排列于网室内,水、肥控制是:

高水:以饱和含水量的60%~70%为准。

中水:以饱和含水量的40%~50%为准。

低水:以饱和含水量的20%~30%为准。

高肥:每盆施复合肥100g作基肥,1990年3月每盆又追施了复合肥100g。

中肥:每盆施复合肥50g作基肥,1990年3月每盆又追施了复合肥50g。

低肥:不施肥。

水、肥组合处理:

(1)高水高肥处理。(2)高水中肥处理。(3)高水低肥处理。(4)中水高肥处理。(5)中水中肥处理。(6)中水低肥处理。(7)低水高肥处理。(8)低水中肥处理。(9)低水低肥处理。1989年2月20日每盆移栽一株4叶50g重小苗于盆中央,灌水至毛管持水量,一直到小苗全部返青开始生长,再依设计控制水分,直至收获。

6.5.2 试验结果与分析 不同水肥水平试验单株产量统计结果见表6—26a,试验数据(表6—26b)的方差分析结果见表6—27。

表6—26说明,肥料施用量不同或碎屑层水分供应不同,以及二者不同的组合,都会对菠萝麻的产量(单株鲜重)产生极其显著的不同,由此可得出要使菠萝麻速生丰产,一定要改变以往的不管理的栽培方法。要高产、要提高经济效益,则要认真对待其施肥用量及水分含量,并控制它们之间的平衡关系,使处于最佳状态,但是,控制肥料和水分处于怎样的水平才算合适呢?当然应以科学试验为依据。

表6—26a 不同处理宽叶种龙舌兰麻单株产量(鲜重)统计

肥料		高肥	中肥	低肥	平均
高	1	3275	3015	1132	
	2	3730	3304	994	
	3	3336	3498	908	
	4	2427	3285	1463	
	平均	3192	3275.5	1124.25	2530.6
中	1	1174	2663	1311	
	2	2094	2319	942	
	3	1373	2306	1199	
	4	2373	1743.5	1662	
	平均	1753.5	2257.875	1278.5	1763.3
低	1	640	1094	716	
	2	1140	969	858	
	3	1161	845	883	
	4	422	750	810	
	平均	840.75	914.5	816.75	857.3
平均		1928.8	2149.3	1073.2	T=61814.5

由表6—27知:水分对菠萝麻的产量影响比肥料对其影响更为显著。水分不同,产量极其不同,高水平平均产量2530.6g,为中水1763.5g的1.4倍,为低水857.3g的3倍,中水为低水

的 2 倍。因此,要获得菠萝麻高产,应尽可能保持高的水分含量。

表 6—26b 资料的方差分析结果

变异来源	平方和 SS	自由度 DF	均方 MS	F	F <sub>0.01</sub>
水分	16837050.2	2	8418525.10	67.388**	5.49
肥料	7754825.9	2	3877412.95	31.038**	5.49
水分×肥料	6065445.5	4	1516361.38	12.138**	4.11
误差	3372996.5	27	124925.79		
总变异	34030318.1	35			

由 6—27 还得知,中等施肥量的菠萝麻产量高于施肥的产量,前者为 2 149.3g,后者为 1 928.8g,虽然两者差异不显著,但说明菠萝麻对肥料的要求并不是愈多愈好,而是有一个适量要求。当然施肥对菠萝麻高产还是非常重要的,为中等(适量)施肥处理平均产量 2 149.3g 和低肥处理平均产量 1 073.2g 的 2 倍,即使是高施肥的产量略低于中等施肥产量,但仍高于低肥处理的产量 1.8 倍。

表 6—27 不同水分间以及不同施肥处理间年产量的多重比较(邓肯法)

水分	平均产量(g)	X—857.3	X—1763.3	施肥量	平均产量(g)	X—1073.2	X—1928.8
高水	2530.6	1673.3**	767.3**	中肥	2149.3	1076.1**	220.5
中水	1763.3	906**		高肥	1928.8	855.6**	
低水	857.3			低肥	1073.2		

表 6—28 不同处理组间平均产量(单位:g)的多重比较(邓肯法)

组合种类	高水 中肥	高水 高肥	中水 中肥	中水 高肥	中水 低肥	高水 低肥	低水 中肥	低水 高肥	低水 低肥
平均产量	3275.5	3192	2257.875	1753.5	1278.5	1124.25	914.5	840.75	816.75
a=0.05	a	a	b	bc	cd	d	d	d	d
a=0.01	A	A	B	BC	CD	CD	D	D	D

注:两处理间多重比较,有相同字母的,平均产量间差异不明显。

由表 6—28 更充分说明,菠萝麻高产对水分的要求比对肥料更为严格,虽然由于其本身耐旱性强,能适应极低水分条件下生长,如在低水条件下处理的植株仍能成活生长,但其生长速度则非常缓慢。在低水处理下,即使施高肥,产量也难于提高,相反,在高水处理下,施中等肥料即可获得高产。因此,要使菠萝麻速生丰产,保持高水分含量是非常重要的,高水中肥产量高出低水中肥产量,在大田生产无灌溉设备情况下,应采取一切措施防止水分蒸发,办争达到中水水平还是可做到的,多年降水资料和碎屑层含水率实测资料足以证明使菠萝麻根系活动层达到中等含水率还是可以的。

关于施肥用量前面已谈到中等施用量为宜,既经济,又可夺高产。

7 问题和建议

7.1 健全机构加强领导

北江流域水土流失面积大,土壤侵蚀严重,治理工程量浩大,任务艰巨;水土保持工作是一项长期性的工作,不仅要治理水土流失,改善生态环境,还要合理利用水土资源,发展山区经济,预防人为新的水土流失,这样,山区水土保持才能得到巩固。因此,必须建立和健全水土保持机构,加强领导。目前,北江上游流域水土保持工作没有固定的水土保持组织领导机构,虚设

的水土保持办公室,附属在农委或水电局,管理水土保持工作的干部,都是兼职干部,对本区水土保持工作的治理和开发非常不利。建议成立常设水土保持机构,专人负责管理,人员列入编制,成立水土保持办公室,配备专职干部,或像韩江上游流域市、县一样在水电局设立水土保持科、水土保持股,专管水土保持工作。

北江上游人为新的水土流失十分严重,砍伐林木,破坏森林,滥伐滥樵,破坏地被物,盲目开矿,只顾眼前利益,砂石尾矿渣到处堆放,采石修路等等造成新的水土流失,危害十分严重,必须严格执行《森林法》、《水法》、《水土保持法》。目前某些县、镇对水土流失的危害没有得到应有的重视,只看到眼前的经济利益,不法开矿者得到支持、肆无忌惮地滥挖滥采,国营、集体、个人一齐上,既无勘探资料,也无设计规划,更加谈不上需要水土保持部门的审查批准,因此造成严重的水土流失。南雄县成立了林业管护队伍,隶属于公安部门,有效地制止了滥砍滥伐现象,对南雄县的绿化和水土保持起到了良好的效果。建立水土保持部门根据水电部门的要求成立执法队伍,赋予一定的职权,保障水土保持设施,巩固水土保持成果,但要避免过去水保员既无职又无权,对违反法规的人不能批评,也不能罚,更不能抓人的无所适从现象。

## 7.2 做好防护监督,巩固水土,保持成果

目前北江上游水土流失面积虽然不大,但是潜在性水土流失危害面积很大,特别是森林破坏后的灌丛草地,深根性中、成熟林被砍伐殆尽,暴雨季节潜伏着严重的滑塌、滑坡侵蚀。目前大面积崩岗仅仅限于英德南部,但是根据日本学者研究,并非森林砍后立即出现滑塌、滑坡的,一般10年后树根腐烂失去对土壤机械固结能力之后,将会发生滑塌、滑坡现象,因此必须采取预防为主方针,保护种植深根性乔木树种,并需具备一定的密度,采取人工补种,或飞机播种。当前广泛建植杉木速生林基地,由于杉木根系较浅,密度较小,杉木林区仍有滑塌、滑坡等崩岗发生,因此在花岗岩和松散砂岩风化壳比较厚的地区,宜间植深根性阔叶树种。

目前北江上游森林覆盖率和植被覆盖率都比较高,但仍然存在砍伐量大于生长量的现象。农村能源以柴草为主,破坏森林和过度樵采时有发生,封山育林,保护林木、草、灌植被任务艰巨。陡坡开荒种植木薯、玉米、花生、甘薯等作物,已造成严重的土壤侵蚀。英德县湿地松苗圃地,土壤溅蚀年侵蚀模数达 $5.2 \text{ 万 t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ,陡坡开荒,侵蚀量将更大。开矿、修路、弃土、弃石造成水土流失也异常严重,必须根据《水土保持法》加以预防监督。

南雄盆地和连县星子盆地红色岩系、紫色砂页岩岗丘,土层很薄,修筑环山沟埂或谷坊拦沙坝等水土保持工程,多以爆破岩石后,以岩块垒结堆筑,岩石块经过半年风吹日晒,风化后自然坠落或泻溜,地埂自然消失。因此必须巩固维修各项工程,并在经济项目中单列巩固维修经费,使水土保持效益得以巩固。

## 7.3 发展薪炭林,解决农村能源问题

根据北江上游1983年统计,本区能源资源全年可提供总量折合标准煤为902.2万t,其中煤炭占39.7%,水电占7.7%,生物能占52.6%。生物能是本区人民传统的生活燃料,山区人民靠山吃山,柴草仍然是生活用能的主要来源。某些缺柴草地区,则把部分农作物的秸秆如稻草、蔗叶、桑枝等亦用于生活燃料。据森林二类调查资料北江上游有林地面积 $125.33 \text{ 万 hm}^2$ ,其中薪炭林 $3.43 \text{ 万 hm}^2$ ,森林蓄积量 $5.025 \text{ 万 m}^3$ ,当年提供薪柴总量269.5万t,其中用于生活的221.7万t,占生活用能的45.8%,除本区人民生活和生产之需外,尚有5万t左右运往广州和珠江三角洲等地消费,可见薪炭林在生活中的重要性。但近年来由于人口增长,木材消耗大于生长量,森林受到破坏,水土流失严重,人民生活贫困,造成山光一地瘦一人穷的恶性

循环局面。

近年来由于林业造林方针多以用材林为主,“大木头”挂帅,忽视其它林种,包括营造薪炭林,水土保持林。有的名曰水土保持林、薪炭林,亦以用材林经营,只要达到用材直径,即被砍伐,并以皆伐方式取材。因此,必须重视薪炭林的营造和按照薪炭林的经营方式进行采伐,采伐时注意水土保持问题。按目前本区总人口 420 多万人,每人每年平均需薪柴(风干柴)300kg 计,仅生活烧柴每年就需 126 万 t,相当于 13.3 万  $\text{hm}^2$  薪柴林的产量,如果除了煤电等能源所提供的 47.7%,每年也需要 66 万 t,相当于 7.0 万  $\text{hm}^2$ 。而且,目前本区仅有薪炭林 3.4 万  $\text{hm}^2$ ,尚缺 3.6 万  $\text{hm}^2$ ,34 万 t,若加上工业烧瓷器、砖瓦用柴和外销商品柴炭计,所需数量更大。

发展薪炭林应因地制宜,不同地区土质选择不同树种,红壤和赤红壤丘陵区可以种植藜蒴、荷木、桐木 (*Citnecopus glaber*) 黄檀、台湾相思等。紫色土丘陵区植被稀疏,土层浅薄,水土流失严重,能源缺乏,可营造薪炭林与水土保持林相结合,树种可选用黄檀、岭南黄檀、任豆、翅夹香槐,新银合欢,台湾相思及黄荆、夹竹桃等。发展薪炭林可以推广连江口营造薪炭林的经验,英德县连江口镇是广东省主要薪炭林基地之一,每年供应广州的柴炭占广州柴炭总销售量 1/3。1980 年全镇有藜蒴为主的薪炭林 1.0 万  $\text{hm}^2$ ,近年继续有所发展,占全镇林地面积 40% 以上,每年向国家提供薪炭材 23.8 万  $\text{m}^3$ ,其中民用柴 1.68 万 t,小径木条 4 585 条,木炭 0.07 万 t,这三项占全镇木材销售量的 70%。1986 年每人平均收入中有 1/3 靠出售薪炭,是发展山区经济,脱贫致富的一条路子。

#### 7.4 大力发展木本粮油

北江上游耕地面积小,每人平均水田 0.03~6.04 $\text{hm}^2$ ,而且人口增长快,为解决粮、油问题,向山区发展是必然的趋势,建议发展木本粮、油。目前板栗、柿子、红枣、油茶产区,管理水平差,产量低,油茶和板栗多年来平均每公顷产分别徘徊在 37.5~45kg 和 187.5kg 左右水平,国内高产油茶每公顷近 750kg,高产板栗每公顷 2 250~3 000kg。因此,只要经营管理好,种植木本粮、油总比陡坡开荒种植木薯、花生好,而且可以保持水土。

#### 7.5 加强水土保持科研工作

随着北江上游水土保持工作进一步发展,必须加强技术指导,不断提高科学技术水平。省水土保持工作协调小组尊重科学,尊重人才,从江北整治专项经费中,拨出科研专款,委托华南农业大学、华南师范大学等有关大专院校、科研单位的教授、专家、科技工作者,在北江上游水土流失严重地区开展水土流失规律和治理开发的研究,取得许多科学研究成果;他们与当地干部、群众结合,建立“红砂岭”治理开发综合试验,取得了可喜的成效。今后要进一步加强这方面的工作,同时建议加强南雄水土保持站、连县水土保持站的科研工作,逐步使水土保持技术系统化、规范化、科学研究手段现代化,把水土保持站建成真正的科研基地。