

马焕成 Elke Nelles-Swhelm 著

保水剂在 干热河谷造林中 的应用研究

◎ 云南科技出版社



保水剂在干热河谷造林中的应用研究

马焕成 Elke Nelles – Swhelm 著

云南科技出版社

·昆明·

责任编辑:刘 康

封面设计:梧桐工作室

责任校对:叶 红

责任印制:翟 苑

图书在版编目(CIP)数据

保水剂在干热河谷造林中的应用研究/马焕成等著.
昆明:云南科技出版社,2004.4

ISBN 7-5416-1961-2

I. 保... II. 马... III. 保水剂—应用—河谷地貌
—造林—研究—汉、英 IV. S728.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 027066 号

云南科技出版社出版发行

(昆明市环城西路 609 号云南新闻出版大楼 邮政编码:650034)

昆明新星印刷厂印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:13.875 字数:330 千字

2004 年 4 月第 1 版 2004 年 4 月第 1 次印刷

印数:0001~1000 定价:98.00 元



照片1 干旱处理17天时保水剂处理的桉树生长良好，而对照死亡

Photo 1. The growth performance of Eucalyptus under 60 g SB treatment and the control in the day 17.



照片2 当植株落叶后再复水，保水剂处理的植株恢复生长，而对照死亡

Photo 2. The recovery of Eucalyptus after leaf shading caused by extreme drought

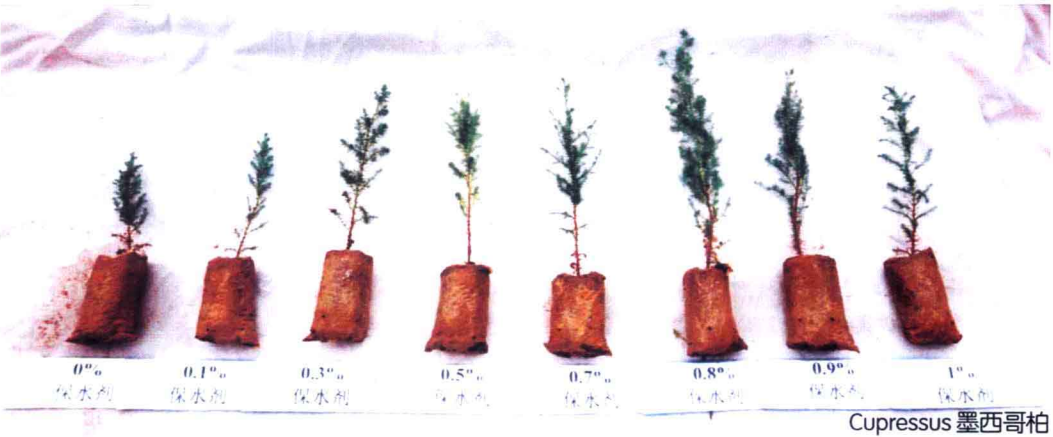


照片3 在攀枝花市应用保水剂进行枇杷种植

Photo 3. Plantation of *Eriobotrya japonica* in Panzhihua with STOCKOSORB 400K



照片 4 在鲁地林场应用保水剂进行竹子栽培
Photo 4. Plantation of Bamboo in Ludi forest farm with STOCKOSORB 400K



照片 5 应用保水剂进行育苗实验
Photo 5. Seedling raising with STOCKOSORB 400K



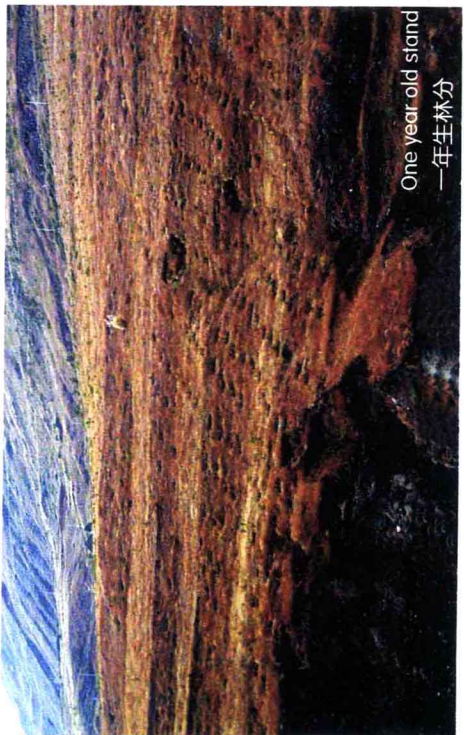
Planted seedling
初植苗



One year old tree
一年生印楝



Site condition
立地条件



One year old stand
一年生林分

照片 6 在东川干热河谷应用保水剂营造印楝人工林

Photo 6 The plantation of *Azadirachta indica* in Dongchuan with STOCKOSORB 400K

照片 7 干热河谷的自然状况
Photo 7. The physical condition of Dry-Hot Valley



鸣 谢

本书的出版和研究内容均得到德国 Degussa 公司、昆明市科技局科技计划项目(昆科(农)字 200201007)、云南省“省院省校教育合作咨询共建省级重点学科(森林培育)”项目的资助。

研究项目由西南林学院生态工程研究所和四川省攀枝花市林业局、云南省昆明市东川区林业局、武定县林业局、江边林业局、元谋县林业局、易门县林业局共同实施。

作者首先要感谢北京林业大学的王沙生教授和德国哥廷根大学的惠特曼教授,是他们的努力使项目得以确定和顺利实施;其次,要感谢陈益群和罗志斌在两年的研究中的辛勤劳动和坚韧毅力,书中的苗圃试验和野外观察基本上由他们完成;同时,我们还要感谢对项目作出贡献的同事们:段安安、张英、王伟、李增平、何正川、刘文礼、甘云浩、张志斌、马双喜、丁丕华、起加聪、张朋友、袁坤和李春文。此外,林文杰、黎明和吕梅参与本书的翻译和校对工作。

本研究所采用的保水剂为德国 Degussa 的产品 STOCKOSORB™。

目 录

绪论	(1)
0.1 干热河谷的形成机理	(1)
0.2 天然植被	(2)
0.3 生态脆弱性和造林的困难性	(2)
0.4 生态恢复工程和植被恢复研究	(5)
0.5 适于干热河谷造林的树种及其造林方法	(6)
0.6 防护林工程建设的层域布局	(7)
0.7 保水剂在干热河谷造林中的重要性	(8)
第一章 STOCKOSORB——土壤持水能力添加剂	(10)
引言	(10)
1.1 DEGUSSA—STOCKOSORB 生产公司	(10)
1.2 STOCKOSORB 的化学物理特性	(11)
1.3 保水剂与环境兼容性	(14)
1.4 STOCKOSORB 土壤调理剂对保水保肥的世界商业应用	(15)
第二章 温室试验	(18)
2.1 保水剂的吸水特性	(18)
2.2 保水剂的保水能力	(21)
2.3 保水剂在造林育苗中的应用研究	(24)
2.4 盆栽条件下保水剂对土壤水分及苗木生长的影响	(39)
2.5 保水剂对盆栽苗木在水分胁迫下生化反应的影响研究	(56)
2.6 保水剂对土壤理化性状的影响研究	(60)
第三章 保水剂在荒山造林中的应用	(65)
3.1 保水剂在攀枝花市造林中的试验研究	(65)
3.2 保水剂在元谋县造林中的试验研究	(79)
3.3 保水剂在武定县造林中的试验研究	(84)
3.4 保水剂在东川区造林中的试验研究	(91)
3.5 保水剂在江边林业局造林中的试验研究	(97)
第四章 造林成本核算	(100)
第五章 结论	(105)

绪 论

干旱河谷的概念最早来源于云南当地所称的“干坝子”。它们主要分布于横断山脉的怒江、澜沧江、金沙江其支流雅砻江和大渡河、岷江、元江、白水河的深切河谷地区。分布区域北自北纬 33°白龙江上游白水河谷地,南至北纬 22°33'红河上游元江谷地,东起金沙江下游及大渡河谷地,西至藏东的昌都、八宿一线。

而干热河谷的明确定论是由中国科学院青藏高原综合考察队横断山山区河谷综合考察组在 1981~1984 年的 4 年考察后提出的。在综合了不同气候特点的基础上将干旱河谷分为 3 种类型:干热、干暖和干温三种亚类型。其中干热河谷地区最冷月的平均气温大于 12℃,最暖月的平均气温为 24~28℃,日均温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的天数大于 350 天。其余两种类型的温度条件依次递减。

横断山区干旱河谷的总长度为 4 105km,总面积为 11 230km²。以干旱河谷的面积及其重要性而论,长江上游的几条支流如金沙江、雅砻江、大渡河、岷江和白龙江干旱河谷的发育更受人注目,尤其金沙江及其支流雅砻江和大渡河干旱河谷的面积占整个干旱河谷面积的一半以上,干旱河谷的总长度为 2 929km,总面积为 8 410km²,分别为横断山脉干旱河谷总长度和总面积的 71.35%和 74.89%。

按照横断山区河谷综合考察组的划分标准,横断山脉地区的干热河谷的总长度为 1 123km,总面积为 4 840km²,且主要分布于金沙江流域。金沙江干热河谷的研究和开发对于长江流域生态恢复具有重要的意义,这也是本研究的重点区域选在金沙江流域的缘故。

0.1 干热河谷的形成机理

由于干热河谷的面积不大,对这一特殊气候的专门研究很少,很少有对这一气候的长期实际观测。目前对干热河谷的成因的分析大多数停留在假设的水平上。导致干热河谷形成的主要因素为:大气环流和地理位置、山脉对季风进路的阻挡和焚风效应、山谷风等局地环流效应和人为因素。

大气环流对干热河谷的影响是由于来自大西洋和印度洋的气流,在越过青藏高原以后下沉至河谷时必然产生增温作用。此外,由于青藏高原的动力和热力作用,大气环流在这一地区形成自成体的高原季风。

横断山区山脉对湿润气流的阻挡对干旱河谷的形成也有明显的影响。在气流来向与河谷走向交角不大时,河谷就比较湿润,当河段与西南暖湿气流垂直相交,则以干热著称。至于金沙江、澜沧江和怒江上游的峡谷段则因地处腹地,四周崇山围绕,地形闭塞,湿润气流难以进入,因而发育成典型的干旱河谷。当然,干热河谷地区 1 500m 以上相对高差的深切河

谷,背风坡的雨影焚风效应在本区干旱河谷形成中起重要作用。

山谷风等局地环流效应也是造成干热河谷形成的重要因素。白天,山坡上的空气受热大于河谷底层的大气,产生上升气流,谷底空气沿坡地上升形成了谷风;夜间,山坡上部的冷空气下沉至谷地便为山风。白天,局地强烈向上的谷地气流与部分向深陷谷地下降的气流相汇合,在两侧山地的一定高度处形成云雾带,使下沉气流增温减湿,则加强了谷底的干旱程度。

人为因素对干热河谷地区植被破坏的影响也不容低估。无论是稀树灌木草丛还是旱生落叶灌丛,均是明显的次生植被,均为森林严重破坏后形成的。在生态环境脆弱的河谷地区,一旦人类活动破坏了原始植被,便极难恢复,并进而导致河谷干旱的发展。

0.2 天然植被

关于干热河谷的植被描述最早见于明代旅行家徐霞客的《滇游日记》中,徐霞客于崇祯十一年(公元 1638 年)十二月初六到达元谋坝子,他对元谋土林的描述为:“其处木棉其有高一丈有余,云两三年不凋。有枯涧自西来,其中皆流沙没足,两旁俱回崖巨壁,夹峙而来,底无滴水,而沙间白质皤皤,如严霜结沫,非盐而从地出……”从徐霞客 361 年前的描述可以看出,当时的植被景观与现在的稀树灌丛景观相差无几。

19 世纪以来,西方的一些科学家对金沙江地区的植物进行过多次的考察和标本采集。20 世纪 30 年代以后,我国的一些科学家开始对该地区的植物进行考察,主要的成就集中反映在《中国植被》、《云南植被》、《四川植被》和《横断山区干旱河谷》等一系列著作中。尽管在具体的划分类型上有一定的分歧,但对在金沙江干热河谷地区海拔 1400m 以下地区的植被大致可统称为“干热河谷植被”,主要的植被类型为稀树灌木草丛和肉质多刺灌丛。主要的树种有木棉(*Bambax malabaricum*)、千张纸(*Oroxylon indicum*)、锥连栎(*Quercus franchetii*)和白枪杆(*Franxinus malacophylla*)等;主要的灌木有余甘子(*Phyllanthus emblica*)、坡柳(*Dodonaea viscosa*)、山合欢(*Albizia kalkora*)和金合欢(*Acacia farnesiana*)等;草丛主要为黄茅(*Heteropogon contortus*)和芸香草(*Cymbopogon distans*)等。

从现有的植被群落分析,目前情况下的“干热河谷植被”是一种受人为经常干扰的次生植被。它的前身可能是一些落叶阔叶和常绿阔叶树种组成的混交林。因此,通过一定的人工促进,在干热河谷地区恢复森林还是大有希望的。

0.3 生态脆弱性和造林的困难性

干热河谷生态脆弱性表现在自然环境恶化、土地荒漠化严重、植被破坏加剧、生物多样性降低和水土流失严重等方面。造成生态脆弱的原因,除了降雨稀少、土壤浅薄等自然的因素以外,人口剧增造成对土地的过度开发起着重要的作用。

表 0-1 干热地区气象要素统计表

测站		仁和	米易	盐边	元谋	宾川	巧家	东川
项目								
海拔(m)		1 108	1 099	1 162.6	1 118.4	1 438.4	840	1 254.1
平均温(℃)		20.3	19.7	19.2	21.9	17.8	21.1	20.1
≥10℃积温(℃)		7 359.1	6 933	6 678.1	8 000	5 920	7 390	6 700
年降雨量(mm)		761.6	1 074.1	1 076.4	613.9	573.6	796.4	688.1
年蒸发量(mm)		2 438.6	2 364.6	2 054.3	3 847.8	2 479.4	2 603.5	3 604
为降水量倍数		3.2	2.2	1.9	6.27	4.32	3.27	5.24
年日照时数(小时)		2 709.2	2 412.9	2 361.5	2 666.5	2 718.7	2 716.4	2 292.2
年日照率(%)		55	61	53	60	62	50	52
季节日照	春(2~5月)(%)	29.4	31.4	31.7	29.5	27.7	31.2	30.4
	夏(6~8月)(%)	21.9	21.2	21.7	20.8	20.3	21.6	21
	秋(9~11月)(%)	21	20.3	19.8	21.9	23.4	20	21
	冬(12~翌年2月)(%)	27.7	27.1	26.8	27.8	28.6	27.2	27.6
年均相对湿度(%)		61	65	68	53	63	57	55
年均总云量成		5.2	5.6	5.7	5.4	5.0	6	5.7
日较差		14.2	13.1	14.4	12.1	15.4	10.7	12.7
3~5月水热风状况	月均温(℃)	23.4	22.8	22.2	23.4	19.4	21.2	22.8
	降水量(mm)	57.4	91.3	75.7	56.7	41.8	110.8	1015
	蒸发量(mm)	817.9	1 030.3	865.5	1 542.5	90.4	1 110.2	1 456.3
	为降水的倍数	14.24	11.28	11.43	27.2	21.63	10.02	14.35
	月均风速(m/秒)	1.9	2.8	1.8	3.4	2.4	3.2	4.3
干燥度		1.64	1.16	1.07	1.08	1.67	1.44	1.56
绝对最高气温(℃)		40.7	38.9	41.2	42	38	42.7	40.9
绝对最低气温(℃)		-2.4	-1.8	-1.8	-0.1	-1.2	-0.4	-6.2
地面绝对最高温(℃)		74	73	72.5	76.9	74.1	78.7	73.7
地面绝对最低温(℃)		-6.9	-7	-7.5	-5.04	-10.7	3.6	-15.8
资料年代		1980年前	1980年前	1980年前	1980年前	1980年前	1980年前	1980年前

高蒸发和低降雨是干热河谷的主要特点,以元谋干热河谷为例,其年日照时数达到2670.4小时,年平均气温为21.9℃,≥10℃的积温为7796.1℃。如此充沛的热量条件加剧了水分的蒸发,当地气象部门用小型蒸发皿测定的元谋干热河谷的蒸发量高达3847.8mm,而

降雨量年平均值为 634mm,且变化于 287.4~906.7mm 之间。其全年的降水日仅为 91 天,90%以上的降雨均集中于 6~10 月。在以后长达半年以上的旱季中,其蒸发量为降水量的数·10 倍,空气相对湿度为 0。在如此恶劣的气候条件下,植物的生长受到抑制。许多植物难以存活。尤其对于人工栽植的幼树的威胁最大,元谋县在承担长江防护林体系建设第一期工程期间,就是因为其造林的成活率没有达到国家标准而被取消承担工程的资格。

干热地区干湿季明显,降水量 80%~90%集中于雨季,降水高度集中,成为高温高湿季节,干季降水量为年降水的 10%~20%,降水稀少,高温干旱季节(3~5 月)处于植物可以旺盛生长季节,但降水少蒸发量大,一般 10 倍于降水量,元谋最大达 27.2 倍于降水量(见表 0-1)。旱季土壤水分含量仅为 0.53%~0.6%,植物水分严重失调,加之月平均风速多数大于 3m/s,超过植物承受极限,致使多数植物在干旱季节枯死。高温高湿的 6~9 月,月均温在 21~28℃之间,湿度大,土壤有机质在短期内可分解殆尽,且无补充,含量极低。干旱季节,在低湿和高温综合作用下,加之风速大,昼夜温差大,蒸发量大,使土壤强烈破碎膨胀、松散,在地表形成一厚度为 10~20cm 的松散层。雨季来临之际,产生严重冲刷,日降水为 20~30mm,即可造成土壤冲刷,年复一年表土全被冲走,而剩下心土,人们赖以生存的土壤被侵蚀,局部地区岩石裸露,致使造林难度大。

高温、低温致使植物受害,干热地区气温绝对高值在 40℃以上,地面绝对最高温度达 78.7℃,气温绝对最低值均在 0℃以下,有的达 -6.2℃(东川、宾川),地面绝对低温亦在 0℃以下,不少地区抵达 -6.9℃(攀枝花)、-10.7℃(宾川)、-15.8℃(东川)。低温极值低,频率较大,一些喜温植物将受寒害和冻害,增加了引种、造林的难度。

在金沙江干热河谷地区的土壤大多数是在紫色砂岩或砂页岩上发育而成的燥红土,其成土过程始终保持在幼年阶段,土层薄,保水性差。再加上人口压力和不合理的农耕系统,使得本身就很瘠薄的土地又遭受严重的侵蚀,从而加剧了土壤荒漠化的进程。土壤荒漠化的加剧是土地的承载力降低,而人口的压力使得对土地的开垦更加不合理,使土地肥力向恶性循环方向发展。

土壤干燥,有机质含量低,综合形成土壤对植物的承载力低。因而,干热地区试种乔木、灌木很难度过成林关,乔木、灌木一般在幼龄期存活生长较好,到了成林期由于争夺水分、养分而相继死亡,直到植株减少到土壤承受力所需之水平,乔木、灌木才稳定下来成为稀树植被。如攀枝花市近郊山坡上 8 年生的山毛豆林在土层瘠薄处开始死亡,自然稀疏;元谋谱登松类造林,自第 6 年起开始稀疏到第 13 年保留 30~40 株/亩,到了第 18 年时还在死亡,最终呈“稀树草原景观”。

干热地区植被以旱生禾草扭黄茅为主,具有生活繁殖力强,季相明显的特点,但牲畜食口性差,易燃烧,是干热地区山林火灾的潜在危险,且是造林树种主要的竞争对手,因而造林管护工作量将增加。

在如此脆弱的生态系统中,一旦植被破坏,要想恢复是极其困难的。由于历史的原因,干热河谷地区的森林曾遭受毁灭性的破坏。目前的现状是森林覆盖率下降,荒山增多,林缘线上升,物种成分数量减少,有害野草侵入。攀枝花市 20 世纪 50 年代森林覆盖率在 65%以上,现已减少到 37.1%。林缘线由 1500m 升到 1800m。1975~1985 年期间荒山面积增加了 80 万亩,许多疏林地、灌木林地变为草坡,曾一度视为主要开发利用的种类,现已失去开发价

值,对农业和畜牧业有害的野草如紫茎泽兰大量侵入。据统计金沙江流域的森林覆盖率在10%以下,局部县的森林覆盖率在6%以下,在真正的河谷地森林覆盖率几乎为0。

在良好的植被覆盖条件下,植物的根系能将土壤颗粒连结起来,从而避免受到地表径流的冲刷和侵蚀,地上部分的树冠能截留雨水,植物的凋落物也能增加土壤中的有机质含量,从而增加雨水的下渗和增强土壤的抗侵蚀能力。干热河谷地区植被破坏以后使得土壤直接受到雨点打击和径流的冲刷,再加上该地区土层浅薄、有机质含量低和陡坡开垦种植等特点,使水土流失十分严重。1985年卫星遥感数据显示,长江上游的水土流失面积达到35万 km^2 ,每年约有16亿t土壤被侵蚀。境内典型地段土壤侵蚀模数1400~1500 $\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{年})$,最大达12000 $(\text{km}^2\cdot\text{年})$,因长期淋溶侵蚀作用形成了干热地区举世瞩目的“土林”景观,面积最大达5万亩,非常壮观。大面积土壤冲刷其厚度多在30cm以下。据测,金沙江主要支流龙川江、牛栏江年均含沙量分别从20世纪60年代的4.47 kg/m^3 和2.77 kg/m^3 ,分别增加到现在的6.86 kg/m^3 和3.48 kg/m^3 ,各增加了2.39 kg/m^3 和0.71 kg/m^3 。据宜昌水文站记载有45%的泥沙来自金沙江,1/3的洪水也来自金沙江。

灾害性天气发生频率增大,滑坡、泥石流、崩塌频繁发生。据云南1300~1500年统计资料,洪涝灾害5年1次,其中大灾14年1次,旱灾3年1次,大旱9年1次,而1951~1985年大洪灾2~3年1次,大旱3年1次,发生频率增加了1~2倍。攀枝花1985年7月发生暴雨,出现滑坡、泥石流400余处,城区近年来发生滑坡50次,仅攀钢氧气厂7个滑坡处理工程耗资400余万元,1984年东川泥石流泛滥,直接经济损失1100万元。

由于原始植被的严重破坏,使原有的生态环境发生变化,造成物种减少、生物多样性降低。尤其对珍稀濒危物种更为严重,因为其栖息地被人为地分割,种群之间被隔离,形成近亲繁殖。在河谷地区,大量人工纯林的出现使得森林病虫害的防治工作也十分困难。四川省攀枝花市的市树——凤凰木就是因为环境恶化导致病虫害难以控制,目前将面临毁灭的危险。

0.4 生态恢复工程和植被恢复研究

鉴于长江流域日益恶化的生态环境,中国政府在20世纪80年代末启动了“长江中上游防护林体系建设工程”和“长江中上游水土保持工程”,数10亿元的投资专项用于该地区的植被恢复和水土保持工作。此后,德国政府也在金沙江流域连续两次共投入2400万马克,用于金沙江流域的造林工程,中国政府也以1:1的比例投入配套资金。在1998的长江特大洪水暴发以后,政府对该地区的生态恢复工作更加重视,先后拨巨资启动“天然林保护工程”、“长江中上游的生态恢复工程”和“退耕还林还草工程”。通过十多年的积极努力,金沙江流域的山头变绿了,整个流域的植被覆盖率明显提高,水土流失显著降低。但由于干热河谷地区环境恶劣,植被恢复技术还不够完善,以上许多工程的实施在干热河谷地区均遇到很大的困难。

为了在干热河谷地区恢复森林,云南省林业厅从20世纪70年代开始就在元谋干热河谷地区进行造林试验。原林业部在“八五”和“九五”期间,连续资助国家重点攻关课题“金沙

江干热河谷植被恢复技术”,目的是对该地区的造林技术进行综合的研究和示范。云南省在“八五”期间资助省重点攻关项目“云南中部高原干热河谷薪炭林树种选择、营造技术及经营模式研究”。通过攻关组成员的共同努力,一些国外的树种如桉树(*Eucalyptus* spp.)和相思类树种(*Acacia* spp.)被成功种植在干热河谷地区,也筛选出几个优秀的造林树种。一系列符合当地实际的先进造林技术如集水造林模式被广泛应用。

在理论研究方面,笔者对干热河谷的水分动态和人工林的稳定性预测研究也正在进行,通过苗圃试验和野外的实地观测,对不同树种、不同立地条件和不同造林密度的人工林的长期稳定性进行前期预测,目前也正在开展利用保水剂促进干热河谷植被恢复的理论和应用研究,为长江防护林体系建设在干热河谷的大规模开展提供理论依据,可避免盲目性和不必要的损失。

在进行植被恢复研究的同时,对干热河谷的开发和治理的研究也在同步进行。云南省政府在1990年资助“金沙江干热河谷资源开发与治理研究”项目,对该地区的资源开发和治理问题进行了为期1年的专题研究,先后考察了该区域内的20多个县市,完成了40多万字的研究报告。1981~1984年的4年间,中国科学院青藏高原综合考察队对横断山区的干旱河谷的环境条件和农业开发问题进行了系统的研究,研究成果在1992年由科学出版社出版的《横断山区干旱河谷》。此外,1982年6月,四川省民族地区农业现代化研究会、四川省林学会和阿坝州林学会联合举办“干旱河谷综合治理学术研讨会”,并出版会议论文集。

0.5 适于干热河谷造林的树种及其造林方法

主要的防护林和多用途树种有:车桑子(*Dodonaea viscosa*)、木豆(*Cajanus cajan*)、山毛豆(*Tephrosia candida*)、大叶千金拔(*Flemingia macrophylla*)、大叶相思(*Acacia auriculiformis*)、银荆(*Acacia dealbata*)、黄荆(*Vitex negundo*)、滇刺枣(*Zizyphus mauritiana*)、余甘子(*Phytanthus emblica*)、黑荆树(*Acacia mearnsii*)、印楝(*Azadirachta indica*)、银合欢(*Leucaena glauca*)、山合欢(*Albizia macrophylla*)、刺云实(*Caesalpinia spinosa*)和台湾相思(*Acacia richii*)等。常用的薪炭林和用材林树种有:香须树(*Albizia odoratissima*)、铁刀木(*Cassia siamea*)、赤桉(*Eucalyptus camaldulensis*)、柠檬桉(*Eucalyptus citriodora*)、窿缘桉(*Eucalyptus erserta*)、钝叶黄檀(*Dalbergia obtusifolia*)、攀枝花(*Bombax malabaricum*)、川楝(*Melia toosendon*)和红椿(*Toona ciliata*)。在有灌溉条件的情况下,适宜于干热河谷的经济林树种很多,主要有:龙眼(*Dimocarpus longan*)、杧果(*Mangifera indica*)、荔枝(*Litchi chinesis*)、葡萄(*Vitis vinifera*)、石榴(*Prunica granatum*)、番木瓜(*Carica papaya*)、咖啡(*Coffea* spp.)、柑橘(*Citrus* spp.)、酸角(*Tamarindus indica*)、泡火绳(*Eriolaena malvacea*)、腰果(*Anacardium occidentale*)、桑(*Morus alba*)。各地常用的一些树种的特性和造林方法列为表0-2。

表 0-2 干热地区稀树灌丛草坡适生的造林树种

树种	速生覆盖性	抗旱性	耐寒性	改土性能	经济价值	造林方法
山毛豆	速生,造林第二年郁闭成林,3年生高3~4m,径4cm,生物量32t/ha	枝、叶被绒毛,有根瘤菌,根系发达,耐旱性强	在-2.5℃的低温下未见寒害,德云县在海拔2400m处造林能正常生长	3年生枯枝落叶层达10~25cm,土壤结构疏松,有机质提高	叶粗蛋白质含量21.4%,含有18种氨基酸,可作饲料、书刊纸、箱板纸、瓦楞纸	直播造林
大翼豆	豆科多年生藤蔓植物,以1m×1m株行距直播,当年可覆盖林地,厚度30~30cm	叶被绒毛,叶片可自动调节方向,使之以直射光呈最小夹角,以减少蒸腾。抗旱性强	能在短期0℃以下低温生长,-2℃可受寒害,但开春后可萌发生长	4年生林地腐殖质为2~3cm,土壤染色层达40cm	茎叶含粗蛋白22.5%,是优良的牧草植物	直播造林
车桑子	造林3~4年可郁闭成林	耐旱性极强	较强		木材可造纸	直播造林
新银合欢	速生,覆盖效果好	较耐干旱	较强	改土性能好,具根瘤菌	叶作饲料,木材可造纸	直播或直苗造林

0.6 防护林工程建设的层域布局

干热地区因河流走向,切割深浅不一,自上而下已形成不同的层域,致使各层域防护林工程建设难以达到目标要求,林种、树种及造林方式亦随之不同。因此,应根据立地环境因素,把干热地区防护林工程划分成不同层域,坚持因地制宜、适地适树和分类指导的原则,以便避免千篇一律,从而达到事半功倍的目的。

(1)海拔 1600m 以上:在西南地区该层域为稀树灌丛向云南松林区过渡的狭窄地带,土壤水湿条件相对而言要好一些,且有经验可资借鉴。为达到控制水土流失,涵养水源,减少地表径流,保护工农业设施,调节气候,改善环境之目的,应将该层域内一切宜林地全面实施防护林工程,其工程面积应达到 80% 以上。林种以水源涵养林为主,实行乔、灌、草结合,形成上、中、下 3 层,进行多层多种经营,以增强防护林系统的稳定性和抵御自然灾害的能力。树种可以选用蓝桉、桉木、黑荆和松类等。造林方法以容器苗直苗造林为主,要开展工程造林,努力提高造林质量,提高造林成效。

(2)海拔 1200 ~ 1600m 之间:该层域面积大,范围广,生态脆弱,环境质量差,水土流失严重,土层瘠薄,对植物的承载力低,是防护林工程建设难度最大的“硬骨头”。因此,该层域建设应以保土、减少地表径流为主要目的,使之对工农业生产和长江中下游的安全起保障作用。绿化面积应达到 80%,林种为水土保持林,树种以灌木为主。要引进经济价值高的多年生豆科藤蔓植物,改造低效能的天然“稀树草原”景观,营建高效能的“人工稀树草原”生态

植物群落。实行乔、灌、草水平布局相结合。宜乔则乔,宜灌则灌,宜草则草。造林方式以水平带状整地或小块状整地直播造林为主,每亩 110~330 穴,土层薄的地方应稀植。树种选择应具备速生、覆盖性好,需水量低,抗旱、寒,高温性强,常绿、多年生,改土性能好,经济价值高,造林方法简单易行等条件。经多年试验实践证明,山毛豆、三叶豆、大翼豆、车桑子、黑荆树、山合欢、多花白头树、新银合欢和香须树等树种符合上述条件。

(3)海拔 1200m 以下:该层域为农区,是干热地区粮食和经济作物产区。农地间成片荒山、沟谷、坡坎等约占 10%左右,具有得天独厚的光、热、水资源,是发展亚热带经济果木的理想之地。要把该层域建成我国西南热带亚热带经济果木发展中心,要同立体农业相结合,充分利用空间、时间。大力发展芒果、芭蕉、香蕉、葡萄、石榴、酸角、毛叶枣、番木瓜、柑橘、荔枝、桂圆、西瓜、甘蔗等。要选用良种壮苗,提高栽植、管理质量。农田间土坎、穴地要栽好防风树,建立农田防风林体系,促进农业稳产、高产。其树种可选用赤桉、柠檬桉、红椿、酸角、苦楝、印度楝、顶果木、大叶相思、云南石梓、山合欢、绵竹,局部地区可以种植龙竹(*Dendrocalamus giganteus*)等。要重视该层域庭院经济的发展,实行合理的时空布局,建立早、中、晚结合的果类组合,美化环境,增加经济收入。该层域在实施防护林体系工程建设中,要把生物措施、工程措施有机结合起来,进行山、水、林、田、路统一规划、综合治理。

在防护林建设还应注意如下原则:①干热河谷的植被恢复将是一项长期的系统工程,因此,应贯彻统一规划、突出重点、先易后难、合理布局 and 分步实施的原则。②植被恢复工作与当地农民的利益密切相关,应注重当地社区和农民的参与性和积极性。应将防护效益与经济利益有机结合,将热区开发与生态建设紧密结合。应引种和开发多用途树种并开展混农林业和社会林业工作。③应采取集中、连片小流域综合治理的方式,注重农、林、水等各部门的配合,注重治理的综合效益,增加项目的稳定性和可持续性。

0.7 保水剂在干热河谷造林中的重要性

河谷是当地社会农业生产和生活最重要的地区。然而,由于原先的造林工作未取得积极成果,国家尚未将大型造林项目投入到干热河谷地区。假如干热河谷不被植被所覆盖,长江防护林体系建设是不完备的,因为水土流失所冲刷的泥土和石块将直接威胁河流水体和下游的安全,因此河谷地区的植被覆盖情况对流域安全的影响是非常直接的。

由于干热河谷雨量主要集中于 5~9 月份,而后长达半年的干旱对造林的成活造成极大的威胁。目前,除了在树种选择方面做了一些研究以外,尚未在利用高科技产品提高土壤保水能力和保持水土方面作过相应的研究。因此,有必要利用高科技产品——保水剂和采取相应的植被恢复技术,为长江流域的植被恢复工作提供一种新的方法。

保水剂是一种高吸水性树脂,这类物质含有大量结构特异的强吸水基团,在树脂内部可产生高渗透缔结作用并通过其网孔结构吸水,且分子网络中所吸收的水分不能用简单的物理方式挤出,它吸收自身重量的数百倍至上千倍的纯水,所以保水剂具有强吸水性和保水性,由于树木根系的吸水力大于保水剂的吸力,一般情况下不会出现根系水分的倒流,而林木根系却能直接吸收贮存在保水剂中的水分,因而它一诞生,便引起了各方面的注意,并且