

◎中国博士丛书◎

云南科技出版社

干热河谷造林

新技术

马焕成 编著

SHIVICULTURE IN
DRY-HOT VALLEY



◎中国博士丛书◎

云南科技出版社

干热河谷造林

新造林

马焕成 编著

江苏工业学院图书馆
藏书章

S728.5
M061

图书在版编目 (CIP) 数据

干热河谷造林新技术/马焕成著. —昆明: 云南科技出版社, 2001.2

(中国博士丛书)

ISBN 7-5416-1499-8

I. 干 ... II. ①马 ... III. 河谷地貌-干旱地区造林-技术 IV. S728.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 87444 号

书 名:干热河谷造林新技术

Ganre Hegu Zaolin Xin Jishu

丛 书 名:中国博士丛书

作 者:马焕成

出 版 者:云南科技出版社

(昆明市环城西路 609 号云南新闻出版大楼, 邮编: 650034)

责任编辑:刘 康

封面设计:周 文

责任印制:翟 苑

印 刷 者:云南教育印刷厂

发 行 者:云南科技出版社

开 本:850mm × 1168mm 1/32

印 张:9.875

字 数:30 万

版 次:2001 年 4 月第 1 版

印 次:2001 年 4 月第 1 次印刷

印 数:0001 ~ 1000 册

书 号:ISBN 7-5416-1499-8/S·228

定 价:16.00 元

若发现印装错误请与承印厂联系

序

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。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3种亚类型。

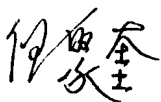
干热河谷是“长江中上游防护林体系建设工程”、“长江中上游水土保持工程”、“天然林保护工程”、“长江中上游的生态恢复工程”、“退耕还林工程”和“西部大开发”的重点治理和最困难的地区。因为河谷是与河流的水体直接相关的，河谷植被恢复工作的好坏将决定整个流域生态治理的成败。而目前，整个长江中上游生态恢复工程均未在干热河谷开展大规模的植被恢复工作，这说明工程的最艰巨的任务还没有完成。为此，有些先导性的工作还有待进一步开展和完善。在过去的几十年中，为了在干热河谷地区恢复植被，曾有一系列的国家和云南省重点攻关课题在元谋、东川和攀枝花市等地开展，通过试验，筛选出一批适生的造林树种和一系列符合当地实际的先进造林技术。这些树种首先是能生长发育好，同时又能保持水土和产生经济效益，所以所筛选的多数树种均能被当地群众所接受。

本书作者——马焕成博士曾先后就读于南京农业大学土

壤学专业、亚洲理工学院资源管理专业、北京林业大学造林学专业和惠灵顿维多利亚大学地理学专业，具有较深厚的知识积累。研究方面他曾承担了多项针对干热河谷的国际、国家和云南省科研项目，在干热河谷植物抗旱性，干热河谷人工林的造林密度和林分稳定性，保水剂在干热河谷造林中的应用等方面有长期的研究。因此，该书的内容既有理论高度，又有许多的实践总结。

干热河谷造林不同于南方湿润地区或北方干旱区的造林，在树种选择、整地方式、造林季节和发育管理等方面均有其独特性。新世纪来临之际，国家西部大开发的步伐不断加快，西部的环境建设将进一步加强。本书的出版不仅在理论上对于干热河谷造林有重要的指导意义，而且在实践上也符合西部大开发的战略部署，对该地区的植被恢复和环境建设将起到重要的促进作用。

云南省林学会副理事长
西南林学院原副院长、教授



2001年2月8日

目 录

第一章 干热河谷概况	1
第一节 干热河谷的特殊自然条件	1
一、绪论	1
二、干旱河谷的分布	2
三、干热河谷的气候特点	2
四、干热河谷的生物多样性	3
五、干热河谷的土地利用方向	7
第二节 干热河谷的形成机理	7
第三节 干热河谷的造林特殊性	8
一、气候干旱,温度高	8
二、高、低温致使植物受害	9
三、土壤贫瘠	10
四、生态容量低	10
五、社会经济状况差	11
第四节 干热河谷的生态脆弱性	11
第五节 生态恢复工程和植被恢复研究	14
第六节 干热河谷目前面临的困难和机遇	16
第二章 干热河谷适宜的造林树种	18
第一节 防护林和多用途树种	18
一、车桑子 <i>Dodonaea viscosa</i> (L.) Jacq	18
二、木豆 <i>Cajanus cajan</i> (L.) Huth	19
三、山毛豆 <i>Tephrosia candida</i> DC.	21
四、大叶千金拔 <i>Flemingia macrophylla</i> (Willd) Merr.	23
五、大叶相思 <i>Acacia auriculiformis</i> A. Cunn. ex Benth.	24
六、银荆 <i>Acacia dealbata</i> Link.	25

七、元宝枫 <i>Acer truncatum</i> Bge.	26
八、黄荆 <i>Vitex negundo</i> L.	30
九、滇刺枣 <i>Zizyphus mauritiana</i> Lam.	31
十、余甘子 <i>Phytanthus emblica</i>	33
十一、黑荆树 <i>Acacia mearnsii</i> De Wild	35
十二、印楝 <i>Azadirachta indica</i>	37
十三、银合欢 <i>Leucaena glauca</i> (L.) Benth.	39
十四、山合欢 <i>Albizia macrophylla</i> Huang	42
十五、刺云实 <i>Caesalpinia spinosa</i> kuntze	43
十六、台湾相思 <i>Acacia richii</i> A. Gray	45
第二节 薪炭和用材林树种	47
一、香须树 <i>Albizia odoratissima</i> (L. f.) Benth	47
二、铁刀木 <i>Cassia siamea</i> Lam.	49
三、赤桉 <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	53
四、柠檬桉 <i>Eucalyptus citriodora</i> Hook F.	55
五、窿椴桉 <i>Eucalyptus erserta</i> F. Muell.	59
六、钝叶黄檀 <i>Dalbergia obtusifolia</i> Prin	61
七、攀枝花 <i>Bombax malabaricum</i> DC.	63
八、川楝 <i>Melia toosendon</i> Sieb. et Zucc.	66
九、红椿 <i>Toona ciliata</i> Roem	67
第三节 经济林树种	71
一、龙眼 <i>Dimocarpus longan</i> Lour.	71
二、杜果 <i>Mangifera indica</i> L.	76
三、荔枝 <i>Litchi chinesis</i> Sonn.	80
四、葡萄 <i>Vitis vinifera</i> L.	83
五、石榴 <i>Prunica granatum</i> L.	86
六、番木瓜 <i>Carica papaya</i> L.	90
七、咖啡 <i>Coffea</i> spp.	98
八、柑桔 <i>Citrus</i> spp.	101
九、酸角 <i>Tamarindus indica</i> L.	116

十、泡火绳 <i>Eriolaena malvacea</i> (Levl) Hand - Mzt	117
十一、腰果 <i>Anacardium occidentale</i> L.	119
十二、桑 <i>Morus alba</i> L.	122
第三章 干热河谷的造林技术	126
第一节 基本概念	126
一、人工林的基本概念	126
二、人工林的产量构成	128
三、人工林的速生丰产性能	129
第二节 造林树种选择	130
一、用材林树种的选择	131
二、经济林树种的选择	131
三、防护林树种的选择	131
第三节 造林密度和种植点的配置	132
一、造林密度	132
二、种植点的配置	134
三、适地适树	135
第四节 混交林营造	136
一、树种的种间关系	136
二、种间关系的作用方式	136
三、混交林中树种的分类	137
四、混交方式	137
五、混交树种的选择	138
六、混交比例	138
七、混交方法	138
第五节 造林地的整地	139
一、造林地的清理方式	139
二、整地方式	140
三、整地季节	140
第六节 造林方法	140

第四章 干热河谷的造林模式	143
第一节 基本概念	143
第二节 干热河谷的立地条件及立地类型	146
一、立地条件状况	146
二、立地分异特点及划分的依据	146
三、干热河谷的主要立地类型	147
第三节 干热河谷的造林典型模式	148
第五章 植物的抗旱性原理	155
第一节 基本概念	155
一、物理应力和胁变	155
二、生物学应力和胁变	156
三、生物与非生物对应力的响应	156
四、胁迫伤害	157
五、胁迫抗性	158
六、抗性的种类	158
七、胁迫忍耐的类型	160
第二节 植物的抗旱性	161
一、渗透胁迫的定义	161
二、平衡与稳定胁变	162
三、蒸腾脱水的生存极限	162
四、脱水与细胞膨压	163
第三节 植物对于干旱胁迫的响应	163
一、生长受抑制	163
二、气孔关闭	165
三、代谢的变化	170
第四节 干旱伤害	174
一、干旱伤害	174
二、对于干旱伤害的观察	176
第五节 干旱的避拒	178

一、植物对水分胁迫适应性	178
二、干旱的避拒	180
第六节 干旱忍耐	182
第七节 干旱胁迫信号	184
一、干旱胁迫产生的信号	184
二、干旱胁迫信号的种类	185
三、对干旱信号的感知	197
第六章 干热河谷树种的抗旱性研究	199
第一节 引言	199
第二节 研究方法	201
一、试验地点	201
二、试验地的自然条件	201
三、供试树种	202
四、测定方法	202
第三节 结果与讨论	203
一、光合作用	203
二、蒸腾作用	211
三、水分利用效率	220
四、根系分布	222
五、叶片解剖结构	222
六、人工林稳定性预测	224
七、几点结论	226
第七章 新技术在干热河谷造林中的应用	228
第一节 新技术浪潮下的林业产业	228
一、20 世纪的新技术革命	228
二、农业新技术革命的发展	229
三、新技术革命带动绿色产业	229
四、林业的保障作用	230

五、西南林业的资源优势	231
六、机遇和困难同在	232
第二节 保水剂在干热河谷造林中的应用	233
一、保水剂的基本概念	234
二、保水剂的应用领域	237
第三节 生根粉在干热河谷造林中的应用	245
一、ABT 生根粉性能及概况	245
二、ABT 生根粉的种类	246
三、ABT 生根粉的施用方法	247
第四节 菌根菌在干热河谷造林中的应用	248
一、菌根的基本特性	248
二、菌根菌与植物的关系	249
三、菌根菌的种类和使用方法	251
四、菌根菌造林的方法	251
第五节 工厂化容器育苗基质	253
一、工厂化容器育苗	253
二、工厂化容器育苗基质	254
三、泥炭成为容器育苗基质	257
四、我国的泥炭资源	262
五、容器育苗基质的配方	263
第八章 干热河谷的植被恢复与社区发展	265
第一节 可持续发展的概念	265
一、发展的概念	265
二、可持续性	265
三、可持续发展	266
第二节 发展与保护的关系	267
一、干热河谷地区的保护和发展	268
二、干热河谷植被的合理利用	269
三、传统的森林资源管理	270

四、林权管理	272
五、自然保护区管理	275
六、自然保护与社区发展	278
第三节 干热河谷的植树造林与参与性	280
一、参与性农村评估	281
二、参与性农村评估的方法	283
参考文献	293

第一章 干热河谷概况

第一节 干热河谷的特殊自然条件

一、绪 论

干旱河谷的概念最早来源于云南当地所称的“干坝子”。当然,当地农民的概念比较广,他们将凡是农事缺水的盆地(云南称坝子)叫干坝子。所谓农事缺水即是指耕种时水分供应不足。由于农事缺水受社会经济条件,灌溉条件,当地降雨和温度,土壤条件和作物种类等多种因素的影响,因此,人们对干坝子的理解也因生活的区域不同而有很大的差异。在广大的横断山脉地区如怒江、澜沧江、金沙江及其支流雅砻江和大渡河、岷江、元江、白水河等河谷地区均有被称为干坝子的地区。主要的分布区域在四川和贵州的西北部、西藏的西南部和云南的部分地区。

中国科学院青藏高原综合考察队的科学家经过4年考察后,按照降雨量和温度的不同将干旱河谷分为3种亚类型:干热河谷、干暖河谷和干温河谷。干热河谷地区最冷月的平均气温大于 12°C ,最暖月的平均气温为 $28\sim 24^{\circ}\text{C}$,日均温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的天数大于350天,主要的土壤类型为燥红壤,当地的农业种植为双季稻加甘蔗;干暖河谷地区的热量条件比干热河谷的要稍低,最冷月的平均气温为 $12\sim 5^{\circ}\text{C}$,最暖月的平均气温为 $24\sim 20^{\circ}\text{C}$,日均温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的天数为350~251天,主要的土壤类型为褐红壤,当地的农业种植为水稻、小麦加甘蔗。干温河谷地区的热量条件比干暖河谷的要更低,最冷月的平均气温为 $5\sim 0^{\circ}\text{C}$,最暖月的平均气温为 $22\sim 16^{\circ}\text{C}$,日均温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的天数为250~151天,主要的土壤类型为褐土,当地的农业种植为水稻、玉米和小麦。

二、干旱河谷的分布

横断山区干旱河谷的总长度为 4105 千米,总的面积为 11230 平方千米。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 2929 千米,总面积为 8410 平方千米,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 1123 千米,总面积为 4840 平方千米,且主要分布于金沙江流域。对于金沙江干热河谷的研究和开发对长江流域生态恢复具有重要的意义。因此,前期的许多研究主要针对金沙江干热河谷的植被恢复而开展。

三、干热河谷的气候特点

干热河谷的气候特点与该地区所处的地理位置、山体的高度和走向以及大气环流的情况密切相关。在这一特殊的环境下所形成的气候特点可以用两个字来概况:“干”和“热”。主要表现在如下的几个方面。

1. 干湿季分明

干热河谷大部分地区夏半年受西南季风控制,湿度显著增加,气温日变化小,雨日多雨量大,称为雨季或湿季;冬半年受热带大陆气团控制,湿度显著减少,气温日变化大,雨日少雨量小,称为干季。一般来说,每年的 6~10 月为雨季,11~5 月为旱季。

2. 气温年较差小

干热河谷所处的横断山脉地区,与孟加拉湾的直线距离较短,夏半年盛行西南季风,冬半年盛行西南气流,使年内各月太阳辐射能量收入相差不大,造成气温的年较差很小。

3. 全年热量充足

干热河谷的温度强度均比较大,以元江、怒江、元谋、攀枝花市、巧家等坝子为例,其年均温分别为 23.7℃、21.5℃、21.8℃、

20.3℃和21.1℃，其大于10℃的有效积温均在7000~8000℃以上，其热量水平相当于热带和南亚热带，这对于该区域的资源利用是一个十分有利的条件。

4. 降雨量远高于蒸发量，干旱严重

尽管大多数的干热河谷地区的年降雨量在600毫米以上，但旱季长达6个月左右，蒸发量远大于降水量，植物仍受到严重的干旱胁迫。据报道，元谋干热河谷的蒸发量是降水量的6倍以上，旱季的干旱土层达1米以上，致使全县的森林覆盖率仅为6.3%。

5. 气候的垂直变化明显

据有关的气象部门的观测，深切于横断山脉的河谷地区，自谷底至高原面上，降雨量呈增加的趋势明显，但其随海拔高度变化的幅度很小。气候变化的另一个特点是降雨最低的不是海拔最低的谷底，而在盆地的中央，尽管二者的差异不大，但足以反映出干热坝子的盆地效应。

除降雨的垂直变化外，干热河谷的温度垂直变化也是十分明显的。以金沙江的龙街一元谋段为例，垂直高度每增加100米，年均温降低0.87℃。需要指出的是，不同地段年均温随高度降低的幅度是不同的，如金沙江河谷奔子栏到白茫雪山东坡的书松段，垂直高度每增加100米，年均温降低0.73℃。

并不是任何河谷、任何部位、任何季节的气温都随着高度升高而递减，相反，在冬季，一些河谷盆地因强烈的辐射冷却和山上冷空气下沉，往往出现逆温现象。在12月至次年3月间，攀枝花市早上7时左右会在近地面出现一个300~400米厚的逆温层。

四、干热河谷的生物多样性

物种多样性是生态系统的基础，物种之间，物种与环境之间存在着物质流、能量流、信息流，相互依赖，相互制约，若丧失某个物种，可能使生态系统失调甚至崩溃。由于干热河谷的植被破坏严重，残存的森林也呈岛状分布，许多大型的野生动物如奇蹄目、偶蹄目在该地区已基本灭绝，现存的主要哺乳动物有狼、貉、豺、猪獾、狗

獾、南蝠、长翅南蝠、扁颅蝠、云南兔、华南兔、西南兔、大耳姬鼠、中华绒鼠、西南绒鼠、洮州绒鼠、黑腹绒鼠、大绒鼠、昭通绒鼠、玉龙绒鼠、高原鼯鼠、灰腹鼠等。主要的鸟类有红翅绿鸠、山斑鸠、珠颈斑鸠、山鹧鸪、竹鸡、环颈雉、铜鸡、金鸡、血雉、白尾梢虹雉、雉鹑、鹌鹑、山雀、朱雀、雀鹞、画眉、噪鹛、薮鹛、雀莺、百灵、鹌雀、鸦雀、噪鸦、地鸦、莺、金雕、红隼。本区爬行类主要有粗疣壁虎、四川龙蜥、云南两头蛇、横纹两头蛇、云南颈斑蛇、乡城烙铁头等。

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，两旁俱回崖亘壁，夹峙而来，底无滴水，而沙间白质皑皑，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 1400 米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。为了便于比较干热河谷与相邻地区植被类型的差异，我们列出横断山脉地区一些主要的旱生植被群系如下。

(1) 云南松林：分布区在北到藏东，川西高原，西界中缅甸国境线，以滇中高原为中心，东至贵州，广西西部，南达云南西南部。常混有高山栲、黄毛青冈、锥连栎、大叶栎、栓皮栎、滇石栎、旱冬瓜、滇油杉、华山松。灌木层有珍珠花、杜鹃、乌饭、棠梨刺、火棘、鸡爪刺、铁仔、矮杨梅、滇含笑、水红木、野把子、马桑、芒种花。草本层有白健杆、四脉金茅、旱茅刺野古草、穗序野古草、假俭草。

(2) 细叶云南松林:分布区在红水河上游,南盘江两岸河谷山地,东界为南丹,风山,百色一线。混有栓皮栎、云南榿树、麻栎、白栎、盐肤木、山合欢、木棉、楸树、青冈。灌层有中华锦水树、余甘子、栗叶算盘子、米饭花、羊耳菊、山芝麻、粗毛木兰。

(3) 小果蔷薇、火棘灌丛:分布区在海拔 1200 米以下的石灰岩山地。其他有云实、川鄂年蹄甲、龙须藤、老虎刺、菝葜、雀梅藤、金樱子、竹叶椒、铁包金、圆叶乌桕、山莓、亨氏蔷薇、三叶五加、黄荆、清香藤、山木通、鸡矢藤、铁线莲、粗糠柴、算盘子、细刺鼠李。草本有荩草、野青草、狗尾草、黄背草、荻、白茅、细柄草、臭根子草、蜈蚣草、狗脊、西藏苔草、友水龙骨、贯众、瓦韦。

(4) 余甘子灌丛:分布区在云南、四川、广西、贵州等省干热河谷地区。零星杂有西南杭子梢、清香木、坡柳、黄荆、红花柴、毛果扁担干、中华水锦树、银柴、山芝麻、粗毛木兰、毛叶黄杞、光叶山黄麻、华西小石积。草本有扭黄茅、龙须草、旱茅、云香草、双花草、狼毒、飞扬草、美花兔尾草。

(5) 清香木、黄杞灌层:分布区在云南省东南部海拔 1000 ~ 1500 米。含盐肤木、马桑、莢蒾,矮乔木有黄连木,草本有白茅、火绒草、毛蕨菜。

(6) 刺芒野古草灌草丛:分布区在云南高原山地荒坡原有的云南松林被反复砍伐后形成,或与白健杆组合,伴生旱茅、细柄草、四脉金茅、棕茅、双花草、马陆草、香青、滇黄芩、鸡脚参、珍珠花、芒种草、滇杨梅。

(7) 龙须草、扭黄茅灌草丛:分布区在云贵高原干热河谷地带。伴生有黄背草、华须芒草、细柄草、硬杆子草、纤毛鸭嘴草、刺芒野古草、石芒草、水蔗草、芸香草、小菅草、滇须芒草,散生乔灌木有黄荆、红背山麻杆、番石榴、余甘子、毛叶黄杞、木棉。

(8) 扭黄茅、虾子花、木棉稀树草原:分布区在金沙江、元江和红河干热河谷区。伴生有双花草、小菅草,灌层有虾子花、牛角瓜、疏序黄荆、红花柴、元江羊蹄甲、朴叶扁担干,稀疏乔木有木棉、厚皮树、毛叶黄杞、火绳树、余甘子、九层皮、白头树、木紫珠、三叶漆、牛肋巴。