

长江上游高山高原林区 迹地生态与营林更新技术

王金锡 许金铎 等著

ECOLOGY AND REGENERATION OF CUTTED
BLANK IN ALPINE AND PLATEAU REGION
OF THE UPPER REACH OF YANGTZE RIVER

WANG JINXI XU JINDUO

中国林业出版社

长江上游高山高原林区 迹地生态与营林更新技术

王金锡 许金铎
侯广维 刘建邦 著
蒲家泰 史立新
廖光瑶

中国林业出版社
北京

(京)新登字 033 号

内 容 简 介

本书是作者以长期研究成果作为素材撰写而成。全书分别阐述了高山高原林区自然地理环境、迹地水热动态、苗木抗旱生理,以及针对这一特殊生态环境提出的营林更新配套技术等,是我国比较系统地研究高山高原森林生态脆弱带的迹地生态与营林更新技术的专著。并结合生产实践,将成果写进了四川高山林区更新造林、质量检验与育苗等 4 个技术规程文件。

本书可供从事农、林、生态的科技、教学、生产管理和技术人员阅读和参考。

长江上游高山高原林区
迹地生态与营林更新技术

王金锡 许金铎等 著

中国林业出版社出版

(100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

四川林业印刷厂印刷

1995 年 1 月第 1 版 1995 年 1 月第 1 次印刷

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:12.75

字数:308 千字 印数:1—2000 册

定价:15.00 元

ISBN 7-5038-1368-7/S·0764

前 言

四川西部高山高原林区,地处长江上游,对保持水土、涵养水源,维护长江上游地区的生态平衡起着十分重要的作用。但地势高亢、气候恶劣、草原与森林镶嵌,林牧矛盾突出,是一个森林生态极为脆弱的地带。清代和民国时期,森林火灾严重,留下许多残林迹地,50年代建立森工采伐企业后,又曾集中过伐,使生态环境进一步恶化,林线下降、植被退化、高原湖泊面积缩小,采伐迹地水土流失严重,并向草甸化衰退,有的已沦为牧场。

为了恢复森林,培育后续资源,维护生态平衡,国家投入了大量人力、物力,成立专业营林队伍,开展营林更新工作。由于这样一个特殊地带,森林更新无历史经验借鉴,所以在较长时间内更新成活率不高,保存率亦低,更新技术问题未能解决,成为高山高原林区的老大难问题。

1984~1988年,由甘孜州林业局牵头,组织四川省林业科学研究院、四川省林业学校、四川省林业干部学校、甘孜州林业科学研究所,以及炉霍、道孚、翁达三个林业企业,组成高山高原林区更新课题协作攻关组,对高山高原林区进行深入系统的考察。在总结30多年来经验教训的基础上,在道孚、炉霍、色达三县林区,海拔3600~3900米地段,建立5个试验地和气象观测站,进行高山高原云、冷杉更新技术(简称高更技术)综合定位研究,进行多因素、多水平的正交设计试验。经历5年时间,取得各种定量数据40多万个,撰写论文30余篇,筛选出适合高海拔林区不同生境、不同树种的最佳更新技术组合方案和配套技术,揭示了高山高原森林更新成效不高、苗木致死的生态环境因素。

1. 本区季节热量分配不合理。与我国东北长白山林区相比,年均温为 $-2.0\sim 4.18^{\circ}\text{C}$,比长白山 $-2.3\sim 0.9^{\circ}\text{C}$ 高得多,但 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温仅 $500\sim 1300^{\circ}\text{C}$,比长白山的 $1100\sim 1700^{\circ}\text{C}$ 的积温低得多。由于热量不足,限制了苗木的生长期,干物质积累少,难以防止水分的过度蒸腾,夏季低温霜害反复出现,危害苗木,导致枯萎死亡。

2. 迹地水分亏缺严重。我们在炉霍红日(海拔3600米)测定,年水分亏缺达 $200\sim 300\text{mm}$,为同期降水量的2~3倍,导致苗木脱水死亡。

3. 春季水分温度变化不协调。在苗木萌动初期,气温逐渐上升,4月中旬达到 2.5°C ,苗木地上部分开始萌动,而土壤仍结冻,加之空气干燥,苗木难以从土层吸收到充足的水分,一部分苗木因蒸腾脱水而死亡,这种状况一直延续到土壤解冻、雨季到来时才得以缓解。

“高更技术”是针对高山高原特色的森林更新配套技术,即:窄带清林、小穴整地、微生境植苗和更新技术5要素(即树种、更新季节、荫蔽方式、苗木等级、栽植方式)的最佳组合方式。据3个林业局10个林场大面积推广结果,更新保存率比传统技术提高 $5\%\sim 21\%$,每年为国家节约资金近100万元。专家组鉴定:这一研究从土壤、气象、树木生理、森林生态和森林学等不同角度,对云、冷杉的更新规律、作用机制及成败原因进行了深入、系统的研究和理论探讨,为制定高山高原更新技术措施提供了理论依据,丰富了森林学内容,并使这一地带的森林更新技术的研究进入一个新的历史阶段。

该书的资料来源,一是30多年来这个地区森林更新的经验总结,包含着许多老一辈

林业科技工作者的心血和他们的研究成果,也包含着本书诸位作者亲身实践和实地考察所积累的丰富资料;二是高海拔地区云、冷杉更新技术课题的研究成果及大面积推广后取得的各项定性资料;三是所附录的技术操作规程,是在生产实践中经过检验的行之有效的各项技术规程的总和。所以这是一本理论与实践相结合,生产、科研、教学相结合,具有较高的适用性和参考价值的更新技术专著。

该书的出版,曾得到四川省林业厅更新处、四川省甘孜州科委、甘孜州林业局、四川省林业科学研究院生态研究所、四川省林业干部学校、四川省林业学校、甘孜州林业科学研究所、甘孜州林业企业管理局、道孚林业局、炉霍林业局、翁达经营林场等单位领导和科技人员的资助和支援;并得到四川省内林业专家蔡霖生、杨玉坡、管仲天、何汉勤、陈昌永、陈瑁、彭基泰、陈明富等的指教,均在此一一致谢!

由于我们水平有限,掌握的资料有限,不足之处一定不少,诚恳地希望读者批评指正!

作者

1994年10月于成都

目 次

第一章 自然地理环境与森林天然更新	1
第一节 自然地理环境.....	1
第二节 森林天然更新	11
第三节 营林更新的沿革与现状	20
第二章 迹地生态环境	26
第一节 迹地植被演变	26
第二节 迹地水分热量动态	28
第三节 迹地土壤养分动态及综合评价	37
第四节 迹地土壤中营养元素动态的数学模型	50
第三章 更新苗木的生长	54
第一节 更新苗木的季节周期性	55
第二节 更新苗木的高生长规律	62
第三节 更新苗木的生物生产力	71
第四章 更新苗木抗旱性生理	79
第一节 更新苗木与水分的关系	80
第二节 更新苗木对水分胁迫的反应	85
第五章 营林更新技术综合试验研究	92
第一节 冷、云杉人工更新的质量评价.....	92
第二节 综合试验的主要内容与方法	95
第三节 最佳更新组合技术方案的筛选	98
第四节 秋季更新技术的研究与实践.....	104
第五节 迹地苗木秋季假植、雨季更新技术	110
第六节 微生境更新技术.....	113
参考文献	121
英文摘要	125
附录 1 四川省国有林业企业更新造林技术操作规程(试行)	148
附录 2 四川省林业企业更新造林质量检查验收实施细则(修订试行)	162
附录 3 四川省高山林区森林苗圃育苗技术规程	175
附录 4 四川省高山林区塑料大棚育苗技术操作规程	191

Content

Chapter 1	Natural Environment and Forest Natural Regeneration	1
Section 1	Physical Environment	1
Section 2	Forest Natural Regeneration	11
Section 3	Present Situation and History of Forest Management and Regeneration	20
Chapter 2	Ecological Environment of Cutted Blank	26
Section 1	Succession of Vegetation in Cutted Blank	26
Section 2	Dynamics of Water and Heat in Cutted Blank	28
Section 3	Soil Nutrient Dynamics in Cutted Blank and Comprehensive Evaluation	37
Section 4	Mathematic Models of Soil Nutrient Dynamics in Cutted Blank	50
Chapter 3	Growth of Regenerated Seedlings	54
Section 1	Growth Rhythm of Regenerated Seedlings	55
Section 2	Height Growth Rules of Regenerated Seedlings	62
Section 3	The Biological Productivity of Regenerated Seedlings	71
Chapter 4	Physiology of Drought Resistance of Regenerated Seedlings	79
Section 1	Regenerated Seedlings and Water	80
Section 2	Response to Water Stress of Regenerated Seedlings	85
Chapter 5	Comprehensive Experiment on Regeneration Techniques	92
Section 1	Evaluation on the Regeneration Quality of Spruce and Abies Forests	92
Section 2	The Contents and Methods of Comprehensive Experiment	95
Section 3	Selection of Best Regeneration Technique Combinations	98
Section 4	Research and Practice of Regeneration Techniques in Autumn	104
Section 5	Techniques of Heeling in Autumn and Regeneration in Rain Seasons	110
Section 6	Microhabitat Regeneration Techniques	113
Reference		121
Abstract in English		125
 Appendix 1	 Sichuan Provincial Forestry Interprise Reforestation Techniques	 148
Appendix 2	Sichuan Provincial Forestry Interprise Reforestation Quality Check	162
Appendix 3	Detailed Rules and Regulations of Tree Nursery Operating Instruction for Sichuan Alpine Region	175
Appendix 4	Operating Instruction for Plastic Covered Greenhouse Tree Nursery in Sichuan Alpine Region	191

(*P. wilsonii*)。Ⅱ. 甘孜山原川西云杉鳞皮冷杉林区。包括翁达、炉霍、甘孜等县,为典型高原地貌,森林和草原镶嵌,分布在雅砻江的支流及源头部分。主要森林树种有川西云杉(*P. balfouriana*)、鳞皮冷杉(*A. squamata*)、波氏落叶松(*Larix potaninii*)。Ⅲ. 理塘高山高原川西云杉鳞皮云杉林区。包括理塘、雅江、德格、白玉、新龙等县全部或大部,为雅砻江上游的丘原和山原组成,森林多分布在丘原和山原的沟谷及低凹部,呈斑块状分布。主要树种有川西云杉、鳞皮冷杉、长苞冷杉(*Abies georgei*)。Ⅳ. 石渠高原草原区。为石渠、色达草原,典型高原地貌,无森林分布。一般来说,偏南的甘孜林区主要森林树种为川西云杉和鳞皮冷杉,偏北的阿坝林区主要森林树种则为紫果云杉和岷江冷杉。

二、地史演变及地质地貌

本区在大地构造上处于南亚大陆与欧亚大陆镶嵌交接带的东翼,是我国东部环太平洋带与西部古地中海带间的过渡带。

研究表明^{[1][2][3][4]},组成青藏高原的各地壳块体,是古生代后期以来多次板块拼成的,或者说它们是从冈瓦纳古板块分离而漂移来的。高原地壳的变厚与隆起,则与印度板块在新生代的侧向挤压直接相关^{[1][3][5]}。新生代初印度板块与藏南地块碰撞的结果,在高原地区完成了成陆过程^{[5][6][7]},但地壳还没有足够的厚度。到了第三纪以后,由于挤压和抬升,使青藏断块地壳增厚^{[5][6][7][8]}。大幅度构造运动,形成了目前高亢辽阔、气势雄伟的大高原。高原面海拔 3000~4000m 以上,并有不少山岭超过海拔 6000m。根据地面切割程度,高原又可分为平坦高原、丘状高原和高原丘陵三种类型。

平坦高原约占全部高原面积的 9.5%,以川西北的红原、若尔盖和石渠、色达一带的草地为代表。海拔 3700m 左右,出露三叠系的砂板岩、千枚岩,表层为 200m 厚的粘土,在地质上一直较稳定,只有一级统一的剥夷面,在上升过程中很少受到断裂作用的影响,成为保存完整的波状剥蚀高原。高原河谷多呈牛轭状河谷及河漫滩,河谷宽广,延至数公里至数十公里,长江源头河道迂回其间,排水不畅,形成大面积的湖沼和沼泽草甸,土壤为沼泽泥炭土。谷缘山地与低缓的丘陵,相对高度一般不超过 100m,呈波状,平均坡度小于 20°。坡面上覆盖着深厚的残积坡积物,组成连续和缓的坡面。丘状高原主要分布在沙鲁里山脉以西广大区域。约占高原面积的 43%,地势高亢,海拔约 4000m。地面切割微弱,丘状起伏,多由浅凹形的谷地与丘陵交错分布,丘顶浑圆,丘坡平缓、谷地宽阔,丘谷相对高差数十米至数百米,但不超过 500m。

高原丘陵主要分布在大雪山脉以西,沙鲁里山脉以东及以阿坝州北部、西北部广大地区,约占高原面积 47.5%。这是高原外围向高山峡谷地区的过渡地带。在构造上属于中生代的印支褶皱带,岩性以轻度变质的砂页岩、炭质片岩、板岩为主,个别地区有花岗岩侵入体,构成隆起的山岭。构造线的方向,系由西北至东南转向正南北,两级剥夷面高度和横断山区是一致的,保存完好,宽达数十公里,山势起伏较缓,分水岭十分宽平,具有高原外貌。但河流切割深度较大,且有雪峰高耸,又有别于高原地,呈独特的山原地貌。山原常与高山地貌交错分布。这些山峰海拔都在 4500m 以上,多为古代和现代冰川发育的中心,如雀儿山、工卡拉山等。

三、林 区 气 候

(一)影响林区气候的主要因素

森林生态系统水热因子的时空分布与大气环流、自然地理特征密切相关。本区在新构造运动中,随着青藏高原隆起而大幅度抬升,形成海拔高于 3500m 的高山高原地貌,致使气候的纬度地带性为垂直地带性所取代,形成高原型气候。影响本区气候的主要大气环流有西风环流南支急流和印度洋西南季风。夏半年(5~10 月)为湿季,主要受印度洋西南季风的影响,空气湿度较大,云量多,降水集中(6~9 月),占全年总降水量的 70%~80%。西南季风具有气层深厚,稳定,水汽充沛的特点,在横断山西南缘降水剧增,迎风坡降水量可达 1300~2000mm,随着向内陆延伸到达本区已成强弩之末,年降水量仅 600~700mm。从 9 月份开始,西风南支急流侵入,西南季风迅速撤退,衰退方向自北南移,降水减少,温度显著降低,逐渐进入冬季。冬半年(11 月~翌年 4 月)为干季,受到西风环流南支急流控制,低层与源于伊朗、南亚次大陆北部低湿、高温的副热带大陆气团结合,形成空气干燥,天气晴朗,日照强烈,降水(多以降雪形式降落)少的气候特点。

综上所述,本区气候日照时间长、热量偏低、长冬无夏、春秋相连、温度年变幅小、日变幅大、降水量偏低、月降水量分布不均、干湿季分明,系大陆性气候。

(二)热量特性

以高山高原区 5 个迹地气象站 1986 年度气象资料分析,全年温度呈单峰型变化,年均温在 2.0~4.2℃,1 月平均气温为 -7.61~-3.12℃,7 月平均气温为 10.12~11.55℃(表 1-1)。

表 1-1 高山高原区热量分布状况*

	道孚喇嘛沟		炉霍红日		翁达河西	东北长白山
海 拔 (m)	3700	3900	3620	3770	3800	1100~1700
1 月均温(℃)	-3.12	-4.22	-5.37	-6.09	-7.61	-18.6~-20.5
4 月均温(℃)	4.08	2.98	3.89	4.32	2.69	
7 月均温(℃)	11.05	10.12	11.55	10.97	10.75	14.1~17.4
10 月均温(℃)	3.20	1.97	3.22	2.57	1.49	
年均温(℃)	4.18	3.11	3.84	3.05	2.00	-2.3~0.9
≥10℃积温(℃)	1118	730	1325	902	537	1113~1759

*气象资料为 1986 年观测值,东北长白山为暗针叶林气象资料^[9]。

如果按平均气温小于 10℃为冬季,高于 22℃为夏季,10~22℃为春、秋季划分,那末高山高原区河谷地段冬半年从 10 月~翌年 4 月为冬季,长达 7 个月,5~9 月为春秋季节。而林区冬季更漫长,从 9 月~翌年 5 月,长达 9 个月,春秋为 6~8 月,仅 3 个月。充分体现了长冬无夏,春秋相连的气候特色。

本区另一气候特征是热量季节分布不合理(按通常一年四季划分),同东北长白山暗针叶林区相比,本区冬季气温偏高,夏季气温偏低,年均温偏高(表 1-1)。尽管本区年均

温为 2.0~4.2℃,比长白山林区(年均温不足 1℃)高得多,但是,7 月均温比长白山低 3~7℃,而冬季 1 月均温比长白山高出 3~5 倍,导致本区有效积温比长白山低得多,是森林生长的一大不利因素。

(三)年辐射与日照

本区全年降水不多,空气干燥期较长,水汽和尘埃含量少,大气透明度高,日照充足,太阳辐射强(表 1-2)。本区为 120~150kcal/cm²,比四川盆地东部高出 30~50kcal/cm²和我国热带海南岛的年辐射(140kcal/cm²)相似。光合作用的有效辐射量 60~80kcal/cm²,能充分满足苗木生长发育的需要。年辐射量按季节分配是夏半年多于冬半年。本区全年日照数为 2200~2600 小时,日照率为 50%~70%,是全省日照时数及日照率最高的地区。

表 1-2 日照时数与月总辐射量分布

月 份	日照时数(h)	日照率(%)	总辐射量(kcal/cm ²)
1	223.5	70	10.3
2	195.4	63	10.3
3	234.7	63	13.6
4	234.1	60	14.4
5	235.3	55	15.0
6	195.8	46	12.4
7	212.7	49	12.6
8	212.4	52	11.6
9	194.6	53	11.5
10	214.8	61	10.9
11	227.5	72	9.9
12	232.6	74	10.0
合 计	2613.4	59	142.5

辐射量充足,日照时间长是本区极为宝贵的自然资源。太阳辐射量不仅是热量的主要源泉,亦是植被及苗木进行光合作用产生有机质的重要因素,而且日照时间长短则是直接影响地面热量收入和支出的主要因子。因此,本区强烈的辐射量及长日照在一定程度上补偿了热量的不足,致使本区的树种不仅能生存,而且发育得很好,在恶劣的气候条件下创造了罕见的森林生产力,扩大了森林的分布范围。在东北长白山森林多分布在海拔 2000m 以下,在四川盆地西缘山地森林分布在海拔 3800m 以下,而本区范围内森林分布竟至海拔 4200m,蓄积量可达 1000m³/ha,实为罕见。但森林采伐后,以高大乔木为主体的稳定森林生态系统解体了,代之以裸露的迹地,生态环境发生急剧变化,水热条件重新组合,构成对苗木生存极为不利的恶劣迹地小气候。

(四)降水特征

降水量分布是通过对降水的季节分配,降水的峰期及降水特征等深入研究,评价一个

地区的水分资源。在高山林区,气候垂直带谱明显。通常,由于林区气候资料缺乏,多引用设立在河谷的县城气象站资料来分析林区气候,这显然难以确切地掌握林区的气候变化特征。为此,选择在高原丘陵典型地段的炉霍林业局红日林场气象站,连续观测 10 年(1977~1986 年)资料进行分析。

该站 10 年平均降水量为 698.7mm,降水量最多年份在 1985 年,为 900.2mm,较年平均降水量多 29%,最少降水年份在 1983 年,为 517.9mm,较平均年降水量少 26%。旱季降水量为 69.7mm(11 月~翌年 4 月),占年降水量的 10%,湿季降水量为 629.0mm,占年降水量的 90%。若按一年四季分配降水:春季(3~5 月)降水量为 126.6mm,夏季(6~8 月)为 398.1mm,秋季(9~11 月)为 163.5mm,冬季(12~2 月)为 10.5mm。由此可见冬季气候相当干燥,而夏季雨量充沛,是冬季的 38 倍。本区降水量月变化呈双峰型,每年 8 月有一次降水低谷,往往造成伏旱。

四、森林土壤

(一)高山高原区土壤形成的基本特征

本区在老第三纪至渐新世构成跨流域分布的和缓起伏的高原面。新第三纪以来,随着构造抬升,高原原始准平面开始解体,河流逐渐下切,出现一系列断陷盆地,以后又经第四纪的强烈褶皱和剥蚀夷平,最终形成今日的高原丘陵、河谷和盆地交错分布的地貌格局。现代地貌的形成,使原有地表物质的侵蚀、搬运和堆积等过程发生了根本性的变化。由于不同地段地表物质在迁移方向、速度、强度等方面存在着千差万别,故分布着多种多样的成土母质,导致土壤的发育过程和主要理化属性的差异。

构成高山高原区土壤成土母质包括残积物、堆积物、洪积物和冲积物等几大类。残积物成土母质多见于原始高原面及平缓丘原的顶部。发育在残积物母质上的土壤分布面积较大,多连片或呈带状分布。土壤组成具粗骨性,土层一般不厚,土壤成土过程缓慢,由于海拔高,气温较低,寒冻风化和融冻作用占优势,化学风化过程较弱,生物作用不甚活跃。堆积物上发育的土壤在该区分布广泛,土层一般较薄,颗粒较粗。森林采伐后,坡积物上发育的土壤不同程度地受侵蚀的影响,呈现原始剖面部分层次缺失的现象;洪积物见于河谷,冲积物则沿河流呈带状展开,土壤中含有一定厚度的砂质或粉砂质等细粒物质。

本区风化壳包括有氧化系列和还原系列两大类。氧化系列类型主要是碎屑状风化壳,成土过程以寒冻风化作用为主导。土表多为岩屑、砾石层,土层浅薄,质地较粗,石砾含量常超过 60%,风化物的矿物组成以黑云母和角闪石为主,土壤元素迁移微弱;碳酸盐风化壳分布于半干旱的河谷,风化物中易溶盐遭淋失,而以溶性碳酸钙残存于土体。碳酸钙的季节性迁移,形成淀积层。土壤发育过程以淋溶、淀积作用下的粘化过程和钙化过程占优势。还原系列类型主要见于山间洼地及受地下水和地表水影响的溪边、沼泽、湖泊周围地区,土壤发育过程是以泥炭化过程和潜育过程为主。

(二)土壤地域分异规律

本区地势高亢,由东南向西北呈阶梯状抬升,是一个具有立体结构的巨大倾斜面。在这种独特的地貌条件下,水热因子重新组合,从而深刻地影响着这一地区的土壤形成与分

布,致使反映水平地带性的黄壤和红壤被山地褐土和山地棕壤所取代,呈现了具有一定水平意义的高原地带性土壤带谱。其垂直带谱为:亚高山褐土—亚高山棕壤—亚高山暗棕壤—亚高山草甸土^{[10][11]}。

亚高山褐土分布于雅砻江及支流两岸两级剥蚀阶地上的阳坡、半阳坡高山栎、圆柏林下,海拔 3200~3500m;雅砻江各支流河谷中段,海拔 3500~3700m,红桦与云杉、冷杉混交林下为薄层腐殖质棕壤;海拔 3700~4000m 的冷杉和云杉林下为暗棕壤,局部有表潜和漂灰化等特征;海拔 4000m 以上,基本上无大面积森林分布,为亚高山草甸土,见图 1—2。

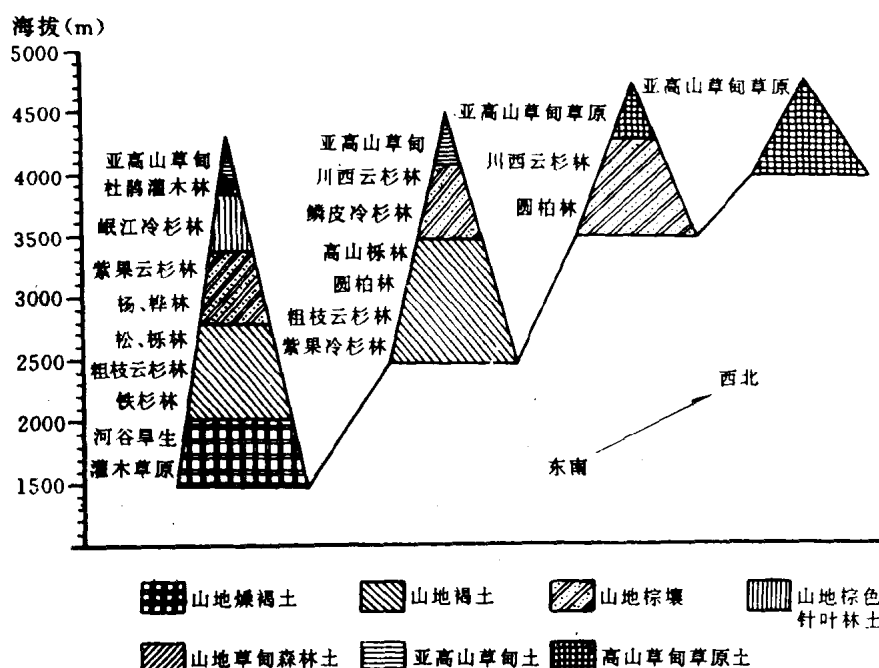


图 1—2 川西北高山高原森林土壤地区地貌、植被和土壤分布相关示意图
(图引自“四川森林土壤”^[12])

(三)森林土壤类型分述

1. 亚高山褐土 发育在干暖河谷的阳坡阶地上,植被是以半干旱灌丛草甸、高山栎林、圆柏林(*Sabina tibetica*)、粗枝云杉(*Picea asperatae*)林和黄果冷杉(*Abies ernestii*)为主。此类土壤常因水分亏缺,而成为森林更新限制因素,原始森林植被破坏后极难恢复。山地褐土具有完整的森林土壤剖面(表 1—3),A 层有淋溶现象,B 层有粘化作用,剖面下部有碳酸钙聚积,底部为风化母质层。

剖面采于炉霍县乾木达沟、海拔 3310m、母岩为灰色板岩、千枚岩,植被为草类圆柏粗枝云杉林。

5~35cm 暗褐色、中壤土,团粒状结构,多须根,疏松,地表有少量苔藓,润。

35~68cm 紫棕色、重壤土,块状结构,面上有胶膜和条纹,草根多,稍疏松,润。

68~91cm 棕褐色、重壤土,块状结构,面上有少量网状碳酸钙沉积,紧实,根少,稍润。

91~112cm 褐色、重壤土,块状结构,面上有大量网状碳酸钙沉积,根极少,紧实,稍润。

112~150cm 灰褐色、板岩坡积物,紧实,稍润。

表 1-3 亚高山褐土的化学分析与机械组成*

发生层	采样深度 (cm)	腐殖质 (%)	pH (H ₂ O)	代换性盐基 (mg/100g 土)				CO ₂ (%)	CaCO ₃ (%)	颗粒含量 (%)		质地名称
				总量	Ca	Mg	K+Na			<0.001 (mm)	<0.01 (mm)	
A ₁	5~35	6.49	6.0	13.43	12.83	0.30	0.30	0.00	0.00	21.19	43.30	粗粉质中壤土
A _B	35~68	5.06	6.5	8.67	8.11	0.26	0.30	0.00	0.00	25.20	51.22	粗粉质重壤土
B	68~91	3.66	6.8	6.71	6.01	0.35	0.35	0.27	0.61	30.95	55.34	粘质重壤土
B _a	91~112	2.59	8.0	6.61	6.00	0.35	0.26	8.60	19.56	24.36	51.35	粗粉质重壤土
C	112~150	—	8.0	6.28	5.80	0.20	0.28	7.76	17.65	23.52	50.68	粗粉质重壤土

*引自李德融《土壤学讲义》(油印本)

2. 亚高山暗棕壤 此类土壤为高山高原区主要土壤类型,广泛分布于云杉和冷杉林下。不同森林地段土壤理化性质差异较大(表 1-4),反映出森林生产力及森林类型的差异。以色达县、翁达、河西采集的典型森林土壤剖面为例,见下表。

表 1-4 高山高原区暗棕壤理化性质

地点	采样深度 (cm)	发生层	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	有机质 (%)	水解	代换	阳离子	烧失	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	硝态氮	颗粒(mm) 含量(%)	
						酸性	性H ⁺	代换量	量								<0.01	<0.001
						me/100g 土												
翁达	0~7	A ₁	4.9	4.1	33.60	32.2	0.50	83.4	38.85	49.50	10.80	3.85	1.46	0.98	0.12	7.83		
河西	7~17	A ₂	5.6	4.9		7.92	0.08	44.7	15.90	62.02	14.72	5.81	1.45	1.43	0.72	4.95	25.04	19.59
3800m	17~30	B	6.6	5.6		1.62	0.02	39.5	13.60	64.86	14.53	5.48	1.53	1.47	0.09	4.30	30.15	15.36
炉霍	0~14	A ₁	5.6	5.1	15.78	8.83	0.01	54.0	23.81	65.14	14.87	4.61	1.29	0.90	0.10	42.14	31.39	7.97
红日	14~21	A ₁ B	6.3	5.1		5.05	0.05	29.2	11.60	70.46	12.96	4.75	0.70	0.96	0.08	6.42	30.80	12.93
3770m	21~35	B	6.4	5.0		3.62	0.02	17.5	6.58	74.58	14.82	5.24	0.62	0.97	0.04	1.80	29.94	7.82
道孚	0~7	A ₁	5.0	4.0	23.60	22.57	1.42	69.7	30.24	54.05	11.55	5.75	1.89	1.72	0.07	4.70		
喇嘛沟	7~27	A ₁ B	5.1	3.8		23.21	5.26	47.1	17.17	65.34	14.02	7.53	1.92	2.54	0.07	3.56	23.43	4.82
3900m	27~55	B	5.6	4.3		12.00	1.09	38.6	15.25	57.96	15.54	8.89	2.86	3.27	0.09	3.76	7.36	1.90

森林类型: 藓类川西云杉林

剖面号, 翁达-05, 四川省色达县、翁达、河西。海拔 3910m, 山体上部, 北坡, 坡度 33°。苔藓川西云杉林, 郁闭度 0.7, 林下苔草覆盖度 60%, 灌木盖度 30%。林木平均胸径 30~40cm, 森林蓄积量 250m³/ha。林下枯枝落叶层厚 2cm, 苔藓层厚 2cm, 黑褐色的腐殖质层厚 4cm, 粒块状, 潮湿松散, 根多, 有菌丝体。灰化层, 厚 2~4cm, 呈灰白粉末状粒状干土。淋溶层, 厚 13cm, 粒状, 干粉壤土, 较紧, 根多, 乔木根系 30% 以上; pH 4.9, 层次过渡明显。淀积层, 粘壤土, pH 3.6, 土层厚度 34cm。淀积层下为灰色砂页岩, 碎屑状母质层。分析表明, 林下腐殖质聚积作用正在进行, 有机质含量高达 34%, 盐基饱和度高(98%)。淋溶作用在亚表层表现为酸度大(pH、KCl 4.1), 水解酸含量达 32me/100g 土, 土壤中物理粉粒及粘粒(<0.01mm, <0.001mm)含量在全剖面中较高, 分布较均匀, 土壤中进行着

弱度淋溶作用。

3. 亚高山表潜化暗棕壤和漂灰土 表潜化暗棕壤只分布在藓类鳞皮冷杉林下,母质为酸性砂岩风化物。这类土壤多分布在山体上部的冷湿生境。在林内苔藓凋落物层下,有机质分解程度低,有厚约 10cm 的棕褐色半分解泥炭化有机质层,根系多,有大量的菌根和菌丝体,通气、透水性强,营养成分含量高,速效磷为 18~34mg/100g 土,速效性钾为 30~80mg/100g 土。其下为灰化层,显灰白色,一般 10~15cm,酸度大,pH3.4~4.0,代换性铝为 1~2mg/100g 土。残落物灰分组成中盐基含量较为贫乏,仅 0.6~1.0mg/100g 土,而硅较丰富,残落物分解形成的有机酸使土壤溶液呈酸性。灰化层下有厚约 6~13cm 的暗褐色腐殖质铁铝淀积层,pH4.0~4.4,有机质含量 8%~10%,代换性铝有 8~9mg/100g 土,水解酸可高达 40~60mg/100g 土。成土过程主要是铁的还原淋溶,其次是有机酸的络合淋溶和淀积。

4. 亚高山草甸土 亚高山草甸土是暗针叶林向高山草甸过渡地带的土壤类型。由于地处森林线附近,气温陡降,有机质分解缓慢,多以粗腐殖质形态聚积,在土壤的亚表层,有腐殖化程度较高的腐殖质聚积,生草层腐殖质含量一般为 10%~15%,形成高原丘陵特有的草毡泥炭层。这种泥炭堆积反映出植物根系与土壤矿质部分能量交换状况。

五、森林植被

长江上游高山高原区幅员面积广,特殊的自然地理环境孕育了独特的亚高山森林和高山植物群落。可以这样说,高山高原区是我国暗针叶林带分布最高、高山植被分布最广最集中的区域之一^{[14][15][16][17]},构成了长江上游水源涵养林的主体之一。

长江上游高山高原区处于自东南向西北缓斜抬升的过渡高原面,由于不同区域受季风系统影响的差异很大,决定了森林植被的基本分布格局沿着东南—西北方向植被呈有规律的变化:成片暗针叶林带(新龙、道孚)—块状森林与草甸镶嵌(炉霍、甘孜)—灌丛草甸(色达、白玉)。这种变化与东南季风和西南季风向高原内部的伸入路径是一致的。

在高山高原区的南段,包括雅江、道孚、新龙等林区,地形切割深,岩层破碎,受高山峡谷气候影响大,森林植被发育良好,分布着冷杉、云杉为优势的暗针叶林,在暗针叶林带的下部,气候干燥程度加深,高山松获得良好的适生条件而渐占主导地位。随着海拔的进一步降低,河谷干热程度加深,高山松被高山栎以至耐旱的灌丛草甸所取代,遍及雅砻江两岸的河谷地带。

在高山高原区北段如甘孜、炉霍、松潘、翁达等地,高原面较完整、植被为草原森林镶嵌地带,以川西云杉、紫果云杉、岷江冷杉、鳞皮冷杉占优势的森林呈块状分布于各支流沟谷,局部水热条件好的河谷的阳坡,生长着高山松柏疏林。

本区森林线一般在海拔 4200m 以下,高山灌丛草甸带上限在海拔 4600m,北部可达海拔 4900m。现将高山高原区主要林区森林植被类型分述如下:

(一)雅江林区

本区气候干燥温凉,植被垂直带自下而上分为:干旱河谷灌丛带;高山松为主的明亮针叶林带;云冷杉为主的暗针叶林带;亚高山灌丛草甸带。高山松针叶林带多发育在雅砻

江各支沟的剥蚀侵蚀地貌为主的峡谷地区,而暗针叶林带和高山灌木草甸带多发育在高原丘陵或平岭宽谷地区。

(1) 暖温带干旱河谷灌丛带

自海拔 2700m 以下的雅砻江河谷地带。植被呈灌丛草原景观、气候干燥温暖。土壤为山地碳酸盐褐色土。植被为多种抗旱抗碱喜暖热植物群落。以狄氏栒子(*Cotoneaster dielsiana*)、兰雪(*Ceratosigma willmolianum*)、羊蹄甲、亨氏金丝桃(*Pypericula patulum* var. *henryi*)、狼牙刺(*Sophora vicifolia*)和铁线莲(*Clematis delavayi*)等耐旱灌木植物在群落中占有很大比重。草本植物覆盖度 50%~70%,主要组成成分有旱茅(*Eriopogon delavayi*)、扭黄茅(*Heteropogon contortus*)、芸香草(*Cymbopogon distans*)等常见的干旱河谷的禾草种类。

(2) 温带高山松针叶林带

本带主要分布于海拔 2700~3500m。在雅砻江两岸及支沟宽阔的沟谷两侧常形成广袤的高山松林带。植被除高山松外,高山栎(*Quercus semicarpifolia* var. *longispica*)林亦占较大比重。在半阳坡常形成高山松与高山栎混交成林。在半阴坡和阴坡中仅分布着高山松。下木为杜鹃(*Rhododendron polifolia*)、木蓝(*Indigofera gerardiana*)、蔷薇(*Rosa sweginzawii*)、南烛(*Ilex villosa*)、刺毛忍冬(*Lonicera hispida*)等灌木。森林破坏后,常见川白桦、山杨侵入,高山松更新容易,飞籽成林,其分布似有扩大的趋势。

(3) 寒温带暗针叶林带

本带森林下限起于海拔 3500m,上限海拔 4200m。气候夏季温凉湿润,冬季干燥寒冷。植被为鳞皮冷杉和川西云杉为主体的暗针叶林。在阴坡和半阴坡分布着鳞皮冷杉纯林或川西云杉纯林。在各支沟的阳坡半阳坡常见高山栎与鳞皮冷杉混交林。灌木以金露梅、高山绣线菊为主。草本植物由剪股颖(*Agrostis soyaensis*)、长花野青茅(*Deyuxia longifolia*)、报春花、蓼(*Polygonum* spp.)、飞燕草(*Delphinium grandiflorum*)。

(4) 寒带高山灌木草甸带

本带出现于海拔 4000~4500m 的山体上部。由于地势高亢,气候寒冷多风,从 9 月~翌年 4 月均为冰雪覆盖。植物生长期短,植被呈现低矮灌丛和草甸景观。

灌木以陇蜀杜鹃灌丛面积最大,一般高仅 50cm,枝干丛生茂密,呈片状分布。在湿度较大的生境常形成高山柳+金露梅+高山绣线菊(*S. alpina*)群落。

(二) 道孚林区

道孚林区为典型的高山高原林区,森林的垂直带谱较明显(图 1-3)。在海拔 3500m 以下,植被多为耐旱的灌丛草甸,在较陡的阴坡,鳞皮冷杉常呈片状分布,森林遭破坏后,为川白桦、悬钩子等次生植被所取代。在海拔 3500m 以上,阴坡半阴坡则是以川西云杉为主的暗针叶林为主。由于生境不同,出现不同的森林类型,在狭窄沟谷,日照短,湿度大,地被由苔藓植物所覆盖,为苔藓云杉林。在宽谷地段或半阴坡,林下灌木生长良好,构成灌木云杉林,常见灌木种有绣线菊、峨眉蔷薇、忍冬、茶藨子、杜鹃、栒子、花楸等。在较向阳的坡面或林缘则是鳞皮云杉分布。森林遭破坏后,悬钩子等灌木侵入,形成次生灌丛。在本带阳坡以禾草、莎草为主的草甸分布最广,部分地段为成片高山栎或方香松柏所占据。在海拔 4000~4200m 为云杉林分布上限。常有波氏落叶松呈不连续的片状分布。

在海拔 4300~4500m 地带为寒冷的高山灌丛草甸带。

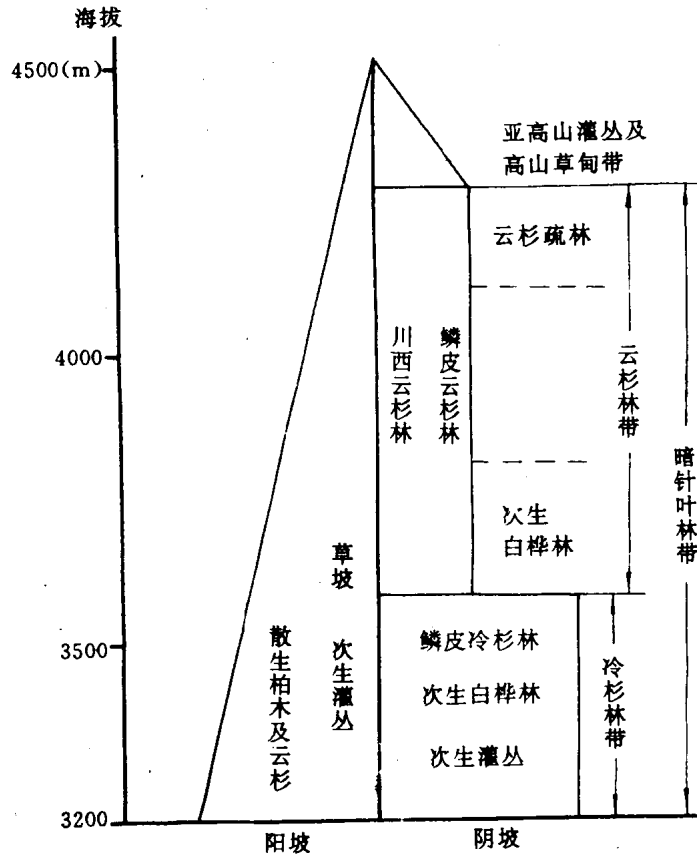


图 1-3 道孚林区森林垂直分布图

(三) 翁达林区

在翁达以下地段(翁达—两河口),海拔 3300~3900m,各支沟为鳞皮冷杉林分布。根据立地条件的差异,可分为两种林型:(1)草类鳞皮冷杉林;(2)杜鹃鳞皮冷杉林。草类冷杉林分布海拔为 3300~3800m,林下草本主要以莎草科和禾本科种类占优势。杜鹃—冷杉林分布海拔为 3750~3900m,林内较阴湿,主要下木以陇蜀杜鹃为主,一般高达 4m 左右、苔藓层发育好,盖度 60%~90%,主要以锦丝藓、塔藓(*Hylocomium. sp.*)为主。

翁达以上地段(翁达—色达),海拔 3500m 以上,为森林草原过渡地带,由于生境条件改变,森林呈块状分布、随着向草原地段延伸,面积渐小,最后森林消失。各支沟下部分布藓类川西云杉林,上部为草类川西云杉林。

森林破坏后,已形成大面积草坡,主要是以禾本科和莎草等种类组成。部分海拔较低的支沟,森林破坏后,形成以小檗、锦鸡儿、栒子、蔷薇等为主的灌丛草甸。