

# 四川省干旱半干旱地区造林类型区划 及植被恢复技术

刘 凯,曹昌楷,王守强,朱子政,王 博

(四川省林业勘察设计研究院,四川 成都 610081)

**摘 要:**对国内干旱半干旱地区的成因及植被恢复技术进行了分析。在充分研究四川干旱半干旱区现状的基础上,将全省划分为横断山区干热河谷区、横断山区干暖河谷区、横断山区干温河谷区和横断山区得荣乡城半干旱区等4个造林类型区。指出要将水分和土壤作为植被恢复技术的重要因子,并针对4个造林类型区提出了不同的植被恢复技术措施。

**关键词:**干旱;半干旱;造林类型;植被恢复

中图分类号: S728.2

文献标识码: A

文章编号: 1003-5508(2015)04-0059-06

## The Afforestation Type Division and Vegetation Restoration Technique in Arid and Semi-arid Areas of Sichuan Province

LIU Kai CAO Chang-kai WANG Shou-qiang ZHU Zi-zheng WANG Bo

(Sichuan Forest Inventory and Plan Institute, Chengdu 610081, China)

**Abstract:** In this paper, analysis was made of the cause of arid and semi-arid areas and vegetation restoration technology in China. On the basis of the research on arid and semiarid regions of Sichuan, Sichuan Province was divided into afforestation type areas, namely, Hengduan Mountains dry-heat valley area, Hengduan mountain dry-warm valley area, Hengduan Mountain dry-temperate valley area and Hengduan Mountains Derong-Xiangcheng semi-arid area. It was pointed out that the moisture and the soil were important factors in vegetation restoration technology. Besides, different vegetation recovery techniques were proposed for the 4 afforestation type areas.

**Key words:** Arid area, Semi-arid area, Afforestation type, Vegetation restoration

干旱半干旱地区指的是年降水量在400 mm以下,干燥度在1.5以上的区域,这些地区自然条件恶劣,生态状况脆弱,迫切需要增加林草资源总量。如何改善干旱和半干旱区域生态环境、增加林草植被等,一直是近年来学术界研究的热点之一。国家相关部门对干旱半干旱地区的造林绿化也日益重视,如2014年3月,全国绿化委员会、国家林业局联合下文要求加快推进干旱半干旱地区造林绿化<sup>[1]</sup>;全国绿化委员会第32次全体会议上,国家林业局赵树

丛局长指出,必须把造林绿化重点逐步转到干旱半干旱地区等。

四川省干旱半干旱区域主要分布在横断山区的金沙江、雅砻江、安宁河、大渡河、岷江的河谷地带和甘孜州的得荣县、乡城县、巴塘县,表现为干旱河谷和高原半干旱两种形态,介于东经98°~104°、北纬26°~35°之间,呈不连续分布,面积约133.35×10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>,占全省区域面积的2.8%。行政区域上涉及甘孜州、阿坝州、凉山州、攀枝花市及雅安市的

收稿日期:2015-03-04

基金项目:四川省干旱半干旱地区造林技术指南项目(2014)资助。

作者简介:刘 凯(1984-),男,硕士,工程师,从事林业资源调查、勘察设计的工作和研究,E-mail:kaikai124@126.com。

汉源县、石棉县等地区,是受“焚风”和地质构造等影响而形成<sup>[2,3]</sup>。该区域不仅自然条件恶劣,生态环境脆弱,而且滥采、过牧、采挖等人为干扰,致使区域植被退化、水土流失、土地退化等现象严重。对区域生态环境安全,乃至经济发展和人民生活生产造成严重影响。因此,研究并区划全省干旱半干旱地区造林类型并提出植被恢复技术建议十分必要。

## 1 研究现状

干旱半干旱地区的成因目前认为有自然成因、人为成因、自然和人为综合成因3种情况<sup>[4]</sup>。在不同的区域和时间中,3种成因的贡献率大小各有不同。四川干旱半干旱地区形成原因的普遍看法是,自然原因是其根本原因,人为的干扰等因素加速了土地的退化和植被的逆向演替。夏红霞<sup>[5]</sup>对四川岷江上游的理县熊耳山山地森林—干旱河谷交错带研究认为,干旱河谷生态环境的退化是板块运动活跃、地貌陡峭、地表结构脆弱、水热分配不均、土壤贫瘠等自然因素和毁林开荒、超载放牧、陡坡耕作等人为干扰因素共同作用形成。

研究干旱半干旱地区成因的目的在于寻找合适的植被恢复技术。根据生态学原理,植被恢复的方向有两种:一种是恢复原有植被;另一种是进行适度人工改造,使其朝向更有利于人类生存和生活的方向发展。这也是目前干旱半干旱地区植被恢复的指导方向,相应提出的措施主要为封山育林和人工造林。而合适的补植或造林树种,是成功实施封育或造林的重要因素之一。

研究发现,树种通过调整气孔导度、蒸腾速率、日净光合速率和水分利用等,实现有效的吸水能力和完善的保水机制是干热河谷生境中能生长的树种主要的适应机制<sup>[6,7]</sup>,也是适宜树种筛选的主要依据。目前,树种筛选集中在筛选乡土树种和引进适宜物种两方面,并通过实验研究成功筛选了可应用于不同地理区域的多个树种。需要注意的是:①虽然引进树种有成功应用的实例,但要特别注意引进树种可能带来的物种入侵等问题,一定要谨慎引入;②乡土物种并不一定就是植被恢复的适宜树种,如对岷江干旱河谷应用乡土树种岷江柏造林的研究发

现,造林保存率从造林后7a的65%,下降到造林16a后的38%,同时土壤的水分和物理性质甚至也呈现下降趋势<sup>[8,9]</sup>。

干旱半干旱地区植被恢复中,水分和土壤是两大限制因子。如何提高土壤水分特别是旱季土壤中有效水的数量是植被恢复的核心<sup>[10]</sup>,也是造林及各种保障技术应用的关键点。如何改良土壤或根据土壤特性采取不同的恢复措施是植被恢复的另一个关键点。恢复技术的研究目前形成的主流思想就是根据不同的水分条件、土壤或岩土性质等分类治理,也有根据土地或植被退化程度进行分类治理。如纪中华等<sup>[11]</sup>根据水分来源,划分出雨养生态系统、集水灌溉系统、适水灌溉系统3种类型,并提出相应恢复措施;熊东红等<sup>[12]</sup>根据岩土性质,划分出早更新统泥质沉积物坡地、元古界变质岩片岩坡地、上新统砂沟组砂砾岩坡地、阶地砾石层坡地4种类型,并针对性提出措施。此外,张俊佩等根据植被退化程度划分出极强度退化类型、强度退化类型、重度退化类型、中度退化类型、轻度退化类型并针对性提出治理措施<sup>[13]</sup>。

植被恢复中保障技术,也是围绕以保水为核心而实施。除比较常用的保水剂<sup>[14]</sup>、预整地和容器育苗<sup>[15]</sup>、鱼鳞坑造林和竹节沟造林等<sup>[16]</sup>集水造林技术外,研究者也在不断探索可应用于不同区域植被恢复的新技术,并取得了一定的成绩,如流塘—草网络技术<sup>[17]</sup>、地下地膜隔水墙<sup>[18]</sup>等的研究和成功应用。

目前干旱半干旱地区植被恢复效益的研究,表现在两个方面,一个是对造林效果和生态效益的研究,如朱林海对四川岷江干旱河谷造林长期效果进行了评价<sup>[8,9]</sup>,纪中华等对云南元谋干热河谷植被恢复生态效益的评价<sup>[19]</sup>;另一个是对植被恢复后生态系统的养分循环、生物量分配、空间结构等研究,如高成杰等对云南元谋干热河谷植被恢复中的10a生混交林养分循环的研究<sup>[20]</sup>,李彬等对云南元谋干热河谷植被恢复中20a混交林生物量分配和空间结构的研究<sup>[21]</sup>等。需要注意的是,即便是植被恢复后造林树种生长较好,但并不意味着生态功能的改善。李东胜等对岷江干旱河谷杂古脑河流岷江柏造林研究发现,虽然造林树种生长较好,但林地植被和土壤并未改善,甚至群落物种数量下降<sup>[22]</sup>。关于这

方面的原因还需要进一步的探索和研究。

可见,目前对干旱半干旱地区的研究集中在成因、适宜树草种生理特性和筛选、土壤和水分等因子研究、植被恢复技术措施、恢复效益评价及恢复后生态系统的研究等。干旱半干旱地区由于其自然地理特征的复杂性和气候的恶劣性,增加了植被恢复的困难性。在实现植被恢复的同时,如何提高保存率和恢复后植被生态效益,这可能是目前及今后一段时间内需要重点关注和研究的内容之一。

## 2 造林类型区划

区划造林类型有助于针对性采取造林措施,提高造林的成功性。在充分研究四川省干旱半干旱区自然地貌、土壤性质、植被特征、气象因子等基础上,将全省区划出 4 个类型区。

### 2.1 区划原则

①自然条件的相对一致性。以区域气候差异性为基础,结合区域降水量级别、水资源条件、地貌地表条件、土壤因子特征、土壤侵蚀程度、热量条件等因子分析,将自然条件相对一致的类型区划为一个类型区。②植被特征的相对一致性。根据研究区域主要分布植被的植被类型、植被种类、植物群落、优势物种等特征,将植被类型相同或相似的区域,区划为一个类型区。③造林技术的相对一致性。根据不同研究区域适宜的绿化造林方向、造林立地条件、适宜主要树种,以及造林整地技术的相同和相近性,将造林措施相同或相近的区域区划为一个类型区。④行政区划界限的相对完整性。在按照自然条件、植被特征、造林措施相对一致性区划的基础上,保持每个类型区涉及的不同行政区域的行政界线的相对完整和地理位置相对清楚。

### 2.2 区划因子

①地貌因子:按海拔高度区划不同地貌单元,包括海拔 1 500 m 以下、1 500 m ~ 2 800 m、2 800 m ~ 3 800 m、3 800 m 以上 4 个高度等级。②降水量因子:按年降水量进行区划,包括降水量在 300 mm ~ 400 mm、400 mm ~ 500 mm、> 500 mm 共 3 个不同的降水量等级。③水资源因子:按照造林可利用水资源情况进行区划,包括可利用地表水、可利用地下水、可利用雨水、水资源匮乏等不同情况。④气温因

子:按最冷月平均气温、最暖月平均气温、日均温  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  天数区划。最冷月平均气温包括  $< 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $5\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $> 12\text{ }^{\circ}\text{C}$  共 3 个等级;最暖月平均气温包括  $16\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 24\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $24\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 28\text{ }^{\circ}\text{C}$  共 3 个等级;日均温  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  天数包括 151 d ~ 250 d、251 d ~ 350 d、 $> 350\text{ d}$  共 3 个等级区划。⑤植被因子:按照主要植被类型群落、代表性群系、优势物种等区划,包括稀树灌木草丛群落、扭曲散生的松林和硬叶常绿阔叶林类型、干旱小叶灌丛、干旱小叶灌丛和冷杉林类型 4 种不同植被类型。⑥土壤因子:按土壤类型和质地区划,包括粘土、粉粘土、基岩粗粒土不同土壤质地,和山地燥红土、山地褐土、山地棕壤、山地灰化土、草地森林土等不同类型。

### 2.3 区划结果

四川干旱半干旱区域主要分布在青藏高原横断山脉及得荣县、乡城县区域,根据区划原则和区划因子区划出 4 个类型。类型区以地貌特征和热量特征、区域名称命名。

①横断山区干热河谷区。包括西昌市以南的金沙江支流、雅砻江河谷和安宁河谷,以及金沙江河谷,涉及凉山州的布拖县、德昌县、会东县、会理县、金阳县、雷波县、美姑县、宁南县、普格县、西昌市、喜德县、昭觉县;攀枝花市的米易县、东区、西区、盐边县、仁和区等。海拔在 1 500 m 以下,年均气温  $15\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 1 月均温  $10\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 7 月均温  $24\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 28\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 蒸发量是降水量的 3 倍 ~ 4 倍,土壤为燥红土。主要植被类型为稀树灌木草丛、肉质刺灌丛群落,代表性群系有余甘子、毛叶柿群落和余甘子、虾子花群落,其它伴生群有霸王鞭群落、仙人掌群落、锥连栎群落、铁橡栎和苏铁群落<sup>[2]</sup>。

②横断山区干暖河谷区。包括干热河谷向北至北纬  $30^{\circ}$  左右的河谷地带,包括雅砻江、岷江、大渡河、白龙江的河谷。涉及甘孜州的巴塘县、丹巴县、得荣县、九龙县、康定县、泸定县、乡城县、雅江县;雅安市汉源县、石棉县;阿坝州九寨沟县、理县、汶川县、小金县;凉山州的冕宁县、木里县、盐源县、西昌市。海拔在 150 m ~ 2 800 m,年均气温  $10\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 1 月均温  $4\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 7 月均温  $22\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 24\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 蒸发量是降水量的 3 倍 ~ 4 倍,土壤为山地红褐土。主要植被类型为扭曲散生的松林和硬叶常绿阔叶林类型,代表性群落为扭曲云南松林、铁橡栎和尖叶大

犀榄林,其它伴生群落有铁橡栎和云南松林、滇青冈和栎树林、仙人掌灌丛、霸王鞭灌丛<sup>[2]</sup>。

③横断山区干温河谷区。包括干暖河谷再向北的河谷地带,金沙江上游、雅砻江上游、岷江和大渡河流域,涉及甘孜州白玉县、德格县、阿坝州金川县、马尔康县、茂县、松潘县等。海拔在3 000 m~3 800 m,年均气温5℃~10℃,1月均温-3℃~2℃,7月均温16℃~22℃,蒸发量是降水量的3倍~5倍,土壤为山地褐土、山地棕壤。主要植被类型为干旱小叶落叶灌丛,代表性群系有马鞍叶灌丛、川甘亚菊群落,其它伴生群落有仙人掌灌丛、金合欢和青香木灌丛、小叶帚菊和栒子灌丛、锦鸡儿和苦刺花灌丛<sup>[2]</sup>。

④横断山区得荣乡城半干旱区。涉及金沙江流域,甘孜州的得荣县、乡城县、巴塘县。高山高原区,海拔在3 000 m以上,年均温10℃~16℃,年降水量400 mm~500 mm,蒸发量是降水量的2倍~6倍。土壤为山地草原土、山地灰化土。主要植被类型:干旱小叶灌丛、冷杉林。代表性物种:川西云杉、鳞皮冷杉、川滇冷杉等,以及香木、小叶荆、滇荆、白刺花、小鞍叶羊蹄甲、草沉香、仙人掌、豆科、禾本科、菊科等。

### 3 植被恢复技术措施

#### 3.1 技术思路

根据研究现状,建议以有效遏制人为干扰和破坏,恢复或适度改造原有植被,改善生态环境为恢复目标,宜乔则乔、宜灌则灌、宜草则草、宜荒则荒,不强求造林成材。

目前恢复技术的主流思想是根据水分、土壤或岩土性质等分类治理。因此要将水分、土壤作为植被恢复技术的重要参考因子。根据区划的4个类型区,分类治理、定向培育,使原有植被的人为干扰和破坏得到有效遏制,立地条件相对较差区域林草植被逐渐恢复,立地条件相对较好区域林草植被覆盖率明显提高。同时在适宜区域要适度发展经济林、用材林等,以带动建设区域经济和社会发展。

考虑到区划的4个类型区自然地理、小气候环境等复杂性,为提高造林技术措施的针对性。根据“分类治理、定向培育”的原则,参照纪中华等采用

的土地退化评价体系<sup>[19]</sup>将每个类型区根据地貌、土壤厚度、植被盖度、土壤侵蚀模数等区划为两大类型(类型A和B),提出宏观性技术建议。造林中可在此基础上进一步区划具体立地类型。

类型A:为立地条件相对较差区域,土地退化程度在中度以上。地貌切割密度 $>4 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$ ,坡度 $>20^\circ$ ,土壤厚度 $<15 \text{ cm}$ ,土壤有机质 $<15 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,土壤侵蚀模数 $>6 000 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ,植被盖度 $<30\%$ 。类型B:为立地条件相对较好区域,土地退化程度在中度及以下。地貌切割密度 $<4 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$ ,坡度 $<25^\circ$ ,土壤厚度 $>15 \text{ cm}$ ,土壤有机质 $>15 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,土壤侵蚀模数 $<6 000 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ,植被盖度 $>30\%$ 。

#### 3.2 技术措施

##### (1) 横断山区干热河谷区

适宜本区的植被恢复树种乔木类有:酸角、新银合欢、钝叶黄檀、思茅黄檀、大叶相思、印度楝、绢毛相思、珍珠相思、念珠相思、厚荚相思、肯氏相思、台湾相思、苏门答腊金合欢、直杆兰桉、赤桉、巨尾桉、窿缘桉、柠檬桉、尾叶桉、细叶桉、木麻黄、山黄麻、山麻柳、刺槐、冲天柏、加纳比松、攀枝花、油桐、桑树、澳洲坚果、龙眼、番石榴、毛叶枣、余甘子。藤灌类有:苦刺、小桐子、坡柳、剑麻、膏桐、大叶千斤拔、西蒙得木、山毛豆、木豆、车桑子、金合欢、仙人掌、马桑、戟叶酸模、花椒、喜马拉雅葛藤、地瓜藤、木薯。

该区类型A区域:应以封山育林为主,人工造林为辅,优先培育发展防护林。封育类型应以灌木型、灌草型为主,建议采取全封方式,封育年限根据封育类型和时间情况确定,可相应采用抗旱、补植/补播等人工促进辅助措施;造林密度不宜过大,以 $666 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2} \sim 1 666 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 为宜;整地技术要坚持局部整地、集雨整地、保护原有植被的原则,随造林随整地,或在雨季整地;可采用水平带、撩壕、水平沟、短册状等利于集水的带状整地和鱼鳞坑整地方法;造林方法推荐以植苗、容器苗等,树种配置推荐采用灌、灌+草等。

该区类型B区域:造林方式可兼顾封山育林和人工造林,适度培育发展经济林和用材林;封育类型以乔木型、乔灌型为主,也可培育灌木型;采用全封和半封相结合的封育方式,封育年限根据封育类型和时间情况确定,可根据需要采取人工促进更新、平

茬复壮、灌溉施肥、除草抗旱等人工促进措施;造林密度以乔木  $833 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2} \sim 2\,500 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 灌木  $1\,250 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2} \sim 3\,333 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$  为宜;整地技术除类型 A 方式外,也可穴状整地,可春季、雨季造林;造林方法除植苗、容器苗外,也可用插干、直播等方法,树种配置推荐乔、灌、乔+灌、乔+灌+草等。

### (2) 横断山区干暖河谷区

适宜树种乔木类有:阿根廷柳、火炬树、岷江柏、四季杨、四倍体刺槐、臭椿、巴旦杏、三倍体毛白杨、辐射松、香椿、榆树、黄连木、梨椿等。灌木类有:马鞍羊蹄甲、白刺花、刺旋花、铁杆蒿、蓍状亚菊、小角柱花、马桑、岷江木兰、金花蚤草、甘川紫苑、虎棒子、黄栌、扁桃、沙棘、柠条等。

该类型区造林难点在于春季苗木萌动早,进入生长期的 4 月仍是旱季高峰期,更新苗木难以成活<sup>[3]</sup>。因此对该区类型 A 区域:优先进行封山育林,培育发展生态林。封育类型、方式、年限和人工促进措施可参照干热河谷类型区中的类型 A;造林密度以  $1\,250 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2} \sim 1\,666 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$  为宜;整地原则、整地技术、造林方法、树种配置、造林季节等可参照干热河谷类型区中的类型 A 实施。

该区类型 B 区域:造林方式以人工造林为主,封山育林为辅,兼顾培育发展防护林、经济林和用材林。封育类型以乔木型、乔灌型为主,也可发展其他类型;封育方式以半封和轮封为主,也可全封;封育年限根据封育类型和时间情况确定,可采取补植/补播、人工促进更新、平茬复壮、灌溉施肥、除草抗旱等人工促进措施;造林密度以乔木  $1\,250 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2} \sim 2\,500 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 灌木  $1\,250 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2} \sim 5\,000 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$  为宜;整地技术优先采用利于集水的水平带状、水平沟状、短册状等带状整地和穴状、鱼鳞坑整地,可春季造林、雨季造林;造林方法除植苗、容器苗外,也可用插干、直播等方法,树种配置推荐乔、灌、乔+灌、乔+灌+草等。

### (3) 横断山区干温河谷区

适宜树种乔木类:娃打索(海棠)、火炬树、阿根廷柳、西南光果杨、青杨等。灌木类有:西藏沙棘、俄罗斯大果沙棘、高山栎、马桑等。

该区类型 A 区域:优先封山育林、培育防护林,封育类型、方式、年限及人工促进辅助措施可参照干热河谷类型区中的类型 A;造林密度以  $1\,250 \text{ 株} \cdot$

$\text{hm}^{-2} \sim 1\,666 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$  为宜;整地原则、整地技术、造林方法、造林季节等参照干热河谷类型区中的类型 A 实施。

该区类型 B 区域:采用人工造林和封山育林相结合的造林方式,优先培育防护林,适度培育经济林、薪炭林等;封育类型以乔木型、乔灌型为主,方式以半封为主,封育年限  $4 \text{ a} \sim 8 \text{ a}$ ,可采取补植/补播、人工促进更新、平茬复壮、灌溉施肥、除草抗旱等人工促进措施;造林密度以乔木  $1\,250 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2} \sim 2\,500 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 灌木  $1\,250 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2} \sim 5\,000 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$  为宜;整地技术、造林方法、造林季节和树种配置等参照干热河谷类型区中的类型 B 实施。

### (4) 横断山区得荣乡城半干旱区

适宜树种乔木类:叶杨、青杨、新疆杨、沙枣等。灌木类:乌柳、甘蒙锦鸡儿、枸杞、西藏沙棘、怪柳、梭梭、柠条、白刺、抄拐枣等。

该区类型 A 区域:优先封山育林为主,培育防护林;封育类型、方式、年限和人工促进措施可参照干热河谷类型区中的类型 A;造林密度以  $833 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2} \sim 1\,250 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$  为宜;整地技术要坚持局部整地、集雨整地、保护原有植被的整地原则,随造林随整地,或在雨季整地,以穴状、鱼鳞坑整地为主,也可采用其他利于集水的整地方式;可采用植苗、容器苗等造林方法,树种配置推荐灌、灌+草等。

该区类型 B 区域:可根据土壤性质进一步区分粘土和粉粘土、基岩粗粒土两种类型。①以粘土和粉粘土为主的土壤,优先封山育林,培育防护林,少量发展经济林;封育类型以浅根系灌木型、灌草型为主,封育方式以全封为主,也可半封或轮封,封育年限  $2 \text{ a} \sim 5 \text{ a}$ ;可采取补植/补播、人工促进更新、灌溉施肥、抗旱等辅助措施;造林密度建议  $1\,250 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2} \sim 1\,666 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ ;该类土壤降水主要贮存在浅层土体,整地不宜过深,以穴状、鱼鳞坑整地为主,也可采用水平带、撩壕、水平沟、短册状等带状整地方法;可采用植苗、插干、直播等造林方法,树种配置采用浅根系灌、灌+草等;造林季节在春季、雨季均可。②以基岩粗粒土为主的土壤,优先培育防护林,适度培育经济林,封育类型以深根系乔木型、乔灌型为主,封育方式以半封为主,也可全封,封育年限  $4 \text{ a} \sim 8 \text{ a}$ ,可采取补植/补播、人工促进更新、抗旱等辅助措施;造林密度乔木建议  $1\,250 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2} \sim 2\,500$

株·hm<sup>-2</sup>,灌木建议1 250株·hm<sup>-2</sup>~5 000株·hm<sup>-2</sup>;该类土壤降水主要贮存在深层土体,整地宜适度深挖,可采用水平带状、水平沟状、短册状等带状整地方法和穴状整地方法;可采用植苗、容器苗等造林方法 树种配置采用深根系乔、灌、乔+灌等配置 造林季节在春季、雨季均可。

#### 参考文献:

- [1] 全国绿化委员会、国家林业局联合通知要求作为首要政治任务 组织开展系列活动认真学习贯彻习近平总书记重要批示精神[EB/OL]. (2014-03-05) [2015-01-05] <http://www.forestry.gov.cn/ZhuantiAction.do?dispatch=content&id=661641&name=stwm>.
- [2] 蔡凡隆,张军,胡开波.四川干旱河谷的分布与面积调查[J].四川林业科技,2009,30(4):82~85.
- [3] 王金锡.四川西部干旱河谷的生态环境与退耕还林[J].四川林业科技,2001,22(1):27~31.
- [4] 李强.金沙江干热河谷生态环境特征与植被恢复关键技术研究[D].西安:西安理工大学,2008.
- [5] 夏红霞.山地森林/干旱河谷交错带植被退化特征[D].雅安:四川农业大学,2011.
- [6] 高洁,曹坤芳,王焕校.干热河谷9种造林树种在旱季的水分关系和气孔导度[J].植物生态学报,2004,28(2):186~190.
- [7] 秦纪洪.干热河谷几种常见植物光合生理生态及其环境的适应性研究[D].成都:四川大学,2006.
- [8] 朱林海.岷江干旱河谷整地造林植被恢复的长期效果评价[D].重庆:西南大学,2009.
- [9] 朱林海,包维楷,何丙辉.岷江干旱河谷典型地段整地造林效果评估[J].应用与环境生物学报,2009,15(6):774~780.
- [10] 蒋俊明,费世民,何亚平,等.金沙江干热河谷植被恢复探讨[J].西南林学院学报,2007,27(6):11~15.
- [11] 纪中华,刘光华,段日汤,等.金沙江干热河谷脆弱生态系统植被恢复及可持续生态农业模式[J].水土保持学报,2003,17(5):19~22.
- [12] 熊东红,周红艺,杨忠,等.金沙江干热河谷植被恢复研究[J].西南农业学报,2005,18(3):337~342.
- [13] 张俊佩,郭浩,李国武,等.干热干旱河谷植被恢复技术探讨[J].世界林业研究,2006,19(3):77~80.
- [14] 王春明,孙辉,陈建中,等.保水剂在干旱河谷造林中的应用研究[J].应用与环境生物学报,2001,7(3):197~200.
- [15] 傅美芬,高洁.影响元谋植被恢复与造林成败的主要气象条件及其对策[J].西南林学院学报,1997,17(2):36~42.
- [16] 王道杰,崔鹏,朱波,等.金沙江干热河谷植被恢复技术及生态效应—以云南小江流域为例[J].水土保持学报,2004,18(5):95~98.
- [17] 张映翠,朱红业,龙会英,等.金沙江干热河谷退化山地径流塘—草网络技术研究初报[J].2002,16(4):30~33.
- [18] 张建平,张信宝,杨忠,等.云南元谋干热河谷生态环境退化及恢复重建试验研究[J].西南师范大学学报(自然科学版),2001,26(6):733~738.
- [19] 纪中华,方海东,杨艳鲜,等.金沙江干热河谷退化生态系统植被恢复生态功能评价—以元谋小流域典型模式为例[J].生态环境学报,2009,18(4):1383~1389.
- [20] 高成杰,李昆,唐国勇,等.云南干热河谷印楝和大叶相思人工纯林与混交林养分循环特征[J].应用生态学报,2014,25(7):1889~1897.
- [21] 李彬,唐国勇,李昆,等.元谋干热河谷20年生人工恢复植被生物量分配与空间结构特征[J].应用生态学报,2013,24(6):1479~1486.
- [22] 李东胜,罗达,史作民,等.四川理县杂谷脑干旱河谷岷江柏造林恢复效果评价[J].生态学报,2014,34(9):2338~2346.