

岷江上游中山区低效林改造对土壤物理性质的影响

庞学勇, 包维楷, 张咏梅

(中国科学院 成都生物研究所, 四川 成都 610041)

摘要: 岷江上游中山区存在大面积低效林, 其萌蘖枝多而密, 无明显主干, 林地阴闭, 光照少, 土壤干燥, 生态服务功能极为低下。经萌蘖更新调控技术 2 a 的改造后, 土壤生态功能大大改善, 改造林地土壤容重较对照林地低 9.6%~32.6%, 土壤孔隙状况明显改善, 表层总孔隙和毛管孔隙较对照林地提高 30.9% 和 31.5%, 非毛管孔隙随改造时间先增加后减少, 土壤孔隙配比更为合理。由于土壤孔隙得到改善, 土壤持水性能也明显地提高, 表层最大持水量、毛管持水量及自然含水量较对照林地分别提高 87.5%, 94.6% 和 64.0%, 非毛管持水量在改造 2 a 后, 表层土壤也较对照林地高 72.3%。萌蘖更新调控技术通过调控植物结构和功能, 加快林地物质循环, 促进植物生长和根系活动能力, 来改善土壤生态功能。萌蘖更新技术在岷江上游中山区试验效果明显, 土壤蓄水保水能力强, 为该技术推广应用提供了一定的理论基础。

关键词: 岷江上游; 中山区; 低效林改造; 土壤物理性质; 生态效益

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2005)05-0012-05

中图分类号: S714.2

Effect of Low-quality and Benefit Forest Improvement on Soil Physical Properties in Middle-mountain of Upper Reaches of Minjiang River

PANG Xue-yong, BAO Wei-kai, ZHANG Yong-mei

(Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, Sichuan Province, China)

Abstract: There is a large area of low-quality and benefit forest in middle-mountain of the upper reaches of Minjiang river. High density root-sprouts which are not obvious stem formed shaded condition where there are low light and dry soil of forests. These low-benefit and quality forests are improved by root-sprout regeneration technique for 2 years. Soil ecological functions are ameliorated significantly. Soil bulk density of improved woodland decreased 9.6%~32.6% than that of control. Soil total porosity of improved woodland was also significantly ameliorated. Soil total porosity and capillary porosity of topsoil in improved woodland increased 30.9% and 31.5% than that of control, respectively. Ratio of capillary porosity and non-capillary porosity became even more rational. As a result of melioration of soil porosity condition, the capacity of water-holding was also ameliorated. The maximal, capillary capacity of water-holding and natural moisture content in improved woodland increased 87.5%, 94.6% and 64.0% than that of control, respectively. The non-capillary capacity of water-holding also increased 72.3% after 2 years. Root-sprout regeneration technique accelerated material circulation, root activity and plant growth and ameliorated soil ecological function through the control of plant structure and function. Root-sprout regeneration technique that increased the capacity of water-holding is a good technique, and it should be popularized in middle-mountain of the upper reaches of Minjiang river.

Keywords: the upper reaches of Minjiang river; middle mountain; improvement of low-benefit and quality; soil physical properties; ecological benefit

森林土壤是森林生态系统的重要组成部分, 是林木赖以生存的物质基础。长期地维持和提高森林土壤肥力已成为森林生态系统稳定和林业持续发展的关键。森林土壤肥力主要表现在土壤具有良好的理化性质和较高的森林生产力。森林对土壤的影响主要

是通过枯枝落叶腐质化和矿质化过程及根系与土壤的生理生化作用来实现的^[1]。森林土壤的物理性质主要反映在土壤的固相、液相和气相 3 方面, 三者之间相互协调、比例适当时, 土壤才表现出林木生长所需的最好物理性质^[2]。良好的土壤结构, 增加了土

收稿日期: 2005-04-20

资助项目: 中国科学院知识创新工程项目(KZCX3-SW-339, KSCX1-07-02); 西部之光项目

作者简介: 庞学勇(1974-), 男(汉族), 四川巴中人, 硕士, 主要从事土壤生态、土地利用与土地覆被变化和退化生态系统恢复与重建工作。

电话(028) 85219230, E-mail: pangxy@cib.ac.cn.

壤涵养水分的能力。土壤最大、最小持水量代表土壤对水分的存贮能力,它决定于土壤的毛管孔隙度及非毛管孔隙度(即总孔隙度)的大小^[2-3]。一般土壤有机质含量越高,团粒结构越多,土壤单粒排列疏松,孔隙度越大,通气性能越好,土壤容重越低^[2]。土壤物理性质的这些变化,有利于土壤微生物活动,促进腐殖质的分解及土壤肥力作用的发挥和林木根系的穿插生长^[4]。不良的土壤物理性质阻碍了林木根系的生长和土壤肥力的正常发挥。Rojas 等^[5]研究证明,良好的土壤物理性质,尤其是水分条件和通气性,对土壤微生物活动,养分的转化有着重要的作用。庞学勇等对云杉人工林土壤性质研究发现,地上植被生长所营造的微生物境,通过改变林地光照、水分等条件对土壤性质起着重要的作用^[2-3,6]。

川西地区是我国西南林区的主体,然而,由于过去50 a来的过量采伐,森林资源破坏相当严重,80%~90%的森林已经消失,代之形成大面积的退化落叶灌木和草本植物组成的灌丛。这些灌丛地水土流失严重,生态服务功能衰退,经济价值极低,是典型的低效林地。加上其它原因如薪材砍伐等形成的低效灌丛林地,目前低效灌丛林地已经占整个川西地区面积的50%~60%。由于恶劣的自然条件制约和树种的繁殖障碍,这些低效林地中只有很少部分能够自然恢复成次生杨桦林^[7],大部分长期维持在低效状态,导致川西地区——长江重要的源头区生态环境整体不断恶化!自20世纪60年代以来,林业部门一直积极努力通过人工造林在低效林地上去恢复重建森林,目

前已经形成近 $8.0 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 人工林,但这些人工林几乎都是针叶同龄林,树种组成单一,林分密度极大,层次结构单一,物种多样性低,土壤肥力退化,水源涵养能力不强^[3-4,6];另外,由于对生态系统退化后的演替规律认识不清,所采取的森林恢复重建技术方法如造林密度、技术方法、树种选择、管理不当等诸多问题依然存在^[8]。如何提高低效林的生态服务功能是全球性的生态问题,开展川西低效林地与低效林改造,是提高川西地区的生态服务功能的关键,也是四川建设“长江上游生态屏障”的重要组成部分。

本文选择岷江上游中山区低效林,应用萌蘖更新技术对其改造,通过定位研究,比较低效林改造后对土壤容重、孔隙状况及持水性能等方面的影响,为衡量低质低效林改造的效益评价作一些初步的探讨。

1 研究区概况

研究区位于茂县境内的几鹿坪,海拔2100~2450 m,属于岷江上游高山峡谷区中山地段。次生灌丛低效林以青冈灌木为主,高在2~3 m之间,林地内坡度大,土壤中灌草的根系发达,有些地方土壤中石砾含量高达80%,灌丛总盖度达40%左右;林下草本禾本科较多,林内阴暗,长势较差。土壤母质以千枚岩、板岩等变质岩的残坡积为主,在部分地段出现有黄土状母质,研究区土壤从山脚至山顶依次为:褐土—棕壤—暗棕壤—棕色针叶林土—亚高山草甸土—高山草甸土。研究样地内土壤为淋溶淀积褐土,颜色在浅褐色与暗褐色之间(表1)。

表1 岷江上游中山区低效林试验样地基本情况

处理	林型	土壤类型	坡度	坡位	坡向	海拔/m	土壤母质	侵蚀状况
改造林地	次生灌丛	褐土	39°	中部	NE65°	2 080	片麻岩、千枚岩残坡积物	中等
对照	次生灌丛	褐土	42.5°	中部	NE40°	2 130	片麻岩、千枚岩残坡积物	中等

2 研究方法

2.1 低效林改造技术

岷江上游低效林改造就是要通过自然和人工技术措施促进低效林合理结构的乔、灌、地被层(草、苔藓、凋落物等以及腐殖质层)的形成,提高森林覆盖率,改善生态系统的生态效益。变疏林为适宜密度林分,纯林变为混交林,同龄单纯林为异龄复层林。坚持因林因地制宜,适地适树法的改造原则。具体改造方法可根据低效林现状和培育方向而定。

归纳起来,有如下途径和方法:(1)控制人为干扰,创造低效林自然恢复条件;(2)调控低效林结构;(3)改变低效林物种组成。

具体操作技术有:(1)阔叶树萌蘖更新调控技术;(2)乡土阔叶树种苗带状补植技术;(3)乡土阔叶树种直接补植技术;(4)封育措施;(5)乔木修枝与间伐技术等。

岷江上游中山区气候类型属山地温带气候类型,大量的阔叶树种具有很强的萌生能力,采伐破坏后往往能在伐桩或根部萌发大量无性系分株,这不仅是树种自身抵抗干扰的适应,也为恢复原来的森林提供了可用的繁殖体。但由于环境、干扰等因素制约,这些萌蘖往往数量很大,相互制约,成灌木状,自然发展成森林的历程非常漫长,往往在很长时间内成低效灌木林。针对广泛存在的这类灌木林,开展了阔叶树萌蘖更新调控技术试验。

本文通过定位研究,采用阔叶树萌蘖更新技术对茂县几虎坪低效林进行改造。我们于 2001 年对低效林试验地进行了改造,同时对低效林地的植被生长状况、土壤侵蚀状况和土壤水分特性等方面进行了本底研究,通过定位监测,2002 年和 2003 年对土壤容重、孔隙度、持水性能、养分特征、凋落物贮量及水文学特性进行了研究。植被生长状况测定了灌木、草本的物种组成、郁闭度、高、冠幅、密度及各萌蘖枝的基径。结果显示,辽东栎 (*Quercus liaotungensis*) 是中山区顶级乔木树种,破坏后从根桩附近一般有萌生株 6~13 株,平均高度不到 130 cm; 疆子栎 (*Quercus baronii*) 一般萌生 6~11 株,平均高度不到 160 cm; 对两种乡土阔叶树的萌蘖择伐试验表明,在保留 2~3 支/株的条件下,1 a 后高度分别增加了 102 cm 和 67 cm,使目的萌生枝迅速高于附近灌木层高度 20%~30%,形成高于灌木层的乔木建群层片,并有利于其在今后的竞争中不断占据优势,加快森林的恢复速度。

2.2 土壤取样及测定方法

在 2002 年 7 月和 2003 年 7 月,在低效林处理样地和对照样地内,选择有代表性的地段,分别挖取土壤剖面 3 个,每个剖面分 3 个层次,即 0—20 cm, 20—40 cm, 40—60 cm, 每层次重复 3 次取样(环刀法),以测定土壤容重、孔隙度及持水特性,同时每个层次用布袋取土样 1 kg 左右,用于化学性质测定。

3 结果与分析

3.1 低效林改造对土壤容重的影响

从图 1 可以看出,岷江上游中山区低效林改造当年,改造林地土层 0—20 cm, 20—40 cm 和 40—60 cm

分别较对照低效林降低 7.8%, 8.3% 和 7.9%, 容重没有明显地改善 ($p > 0.05$); 但 2 a 后, 0—20 cm 土层容重改造林地明显低于对照林地 ($p < 0.05$), 降低了 32.6%, 表现出随改造时间的增加而效果越明显, 20—40 cm 和 40—60 cm 土层容重分别降低 10.4% 和 9.7%, 但仍未达到显著差异。

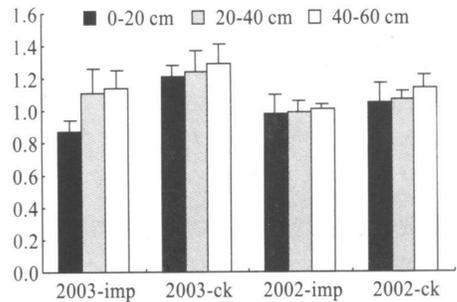


图 1 低效林改造后土壤容重

3.2 低效林改造对土壤孔隙度的影响

低效林改造措施实施以后,改造林地各土层孔隙度均有不同程度的改变(表 2)。总孔隙随着改造年度的增加,其改善程度也相应地增加。在改造当年,林地土层 0—20 cm 和 20—40 cm 总孔隙度分别较对照林地增加 4.5% 和 5.2%, 改造 2 a 后, 0—20 cm, 20—40 cm 和 40—60 cm 总孔隙度分别较对照林地增加 30.9%, 9.2% 和 4.8%。改造林地毛管孔隙也发生了相应地变化, 2 a 后, 0—20 cm, 20—40 cm 和 40—60 cm 的毛管孔隙分别较对照林地增加 31.5%, 19.1% 和 23.8%。非毛管孔隙随改造时间无明显变化规律, 改造后当年毛管孔隙各层均减少, 但第 2 a, 表层毛管孔隙增加, 底层毛管孔隙减少。

表 2 低效林改造对林地土壤孔隙状况的影响

观测年份	土层/cm	总孔隙/%		毛管孔隙/%		非毛管孔隙/%		毛管与非毛管 孔隙比/%	水占孔隙 比例/%
		平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差		
2003 年 改造林地	0—20	67.20	2.49	44.15	6.66	23.05	6.50	2.15	34.00
	20—40	57.98	5.77	40.15	8.13	17.82	5.90	2.56	26.64
	40—60	56.86	4.15	44.02	6.11	12.84	3.03	3.67	29.60
2003 年 对照林地	0—20	51.35	4.43	33.57	2.47	17.78	3.90	1.96	27.27
	20—40	53.10	4.90	33.70	2.75	19.40	4.92	1.84	23.26
	40—60	54.25	2.82	35.57	3.74	18.68	2.75	1.96	25.32
2002 年 改造林地	0—20	63.05	4.40	39.14	7.80	23.91	11.11	2.04	17.47
	20—40	62.65	2.55	47.21	3.50	15.44	4.86	3.31	16.06
	40—60	61.98	1.22	49.76	1.27	12.22	1.68	4.13	16.02
2002 年 对照林地	0—20	60.32	4.48	29.35	5.42	30.96	7.55	1.04	15.80
	20—40	59.55	1.70	36.79	3.52	22.76	5.23	1.68	10.55

毛管孔隙与非毛管孔隙之比能反映土壤孔隙度的搭配情况,是反映土壤孔隙状况的一项重要指标^[1,9]。从表2可以看出,岷江上游中山区低效林经改造后,各土层孔隙度均有明显地提高,在改造2a后,0—20 cm, 20—40 cm和40—60 cm毛管孔隙与非毛管孔隙之比分别较对照林地增加9.4%, 38.9%和87.0%。土壤水占孔隙反映在自然条件下,土壤水分占有的孔隙情况。从表2可以看出,低效林经改造后,各土层孔隙度均有明显地提高,在改造2a后,0—20 cm, 20—40 cm和40—60 cm土层较对照林地分别增加24.7%, 14.5%和16.9%。

3.3 低效林改造对土壤持水性能的影响

通过对岷江上游中山区低效林的改造,由于林地土壤孔隙度大大地改善(表2),所以土壤持水性能也

明显地提高(表3)。土壤最大持水量在改造当年几乎没有变化,但在经过两年后,土壤最大持水量大大地提高,改造林地0—20 cm, 20—40 cm和40—60 cm土层较对照分别增加87.5%, 16.4%和9.4%。

毛管持水量在改造的当年和第2a均有较大的变化,表现出改造时间越长,其效果越明显。在改造的当年,改造林地0—20 cm和20—40 cm分别较对照增加41.7%和39.5%,改造2a后,改造林地0—20 cm, 20—40 cm和40—60 cm土层较对照分别增加94.6%, 35.6%和32.5%。土壤非毛管持水量变化较为复杂。

改造当年,土壤各层非毛管持水量较对照林地减少,但在经过2a后,改造林地表层土壤较对照增加72.3%,底层土壤仍然较对照林地低。

表3 低效林改造对林地土壤持水性能的影响

观测年份	土层/cm	最大持水量		毛管持水量		非毛管水含量		自然含水量	
		%	mm	%	mm	%	mm	%	mm
2003年 改造林地	0—20	72.37	125.79	51.16	88.93	21.21	36.86	22.80	39.63
	20—40	47.88	106.63	37.18	82.80	10.70	23.83	15.72	35.01
	40—60	48.64	111.21	39.14	89.49	9.50	21.73	16.96	38.77
2003年 对照林地	0—20	38.60	99.53	26.29	67.79	12.31	31.74	13.90	35.85
	20—40	41.14	102.24	27.41	68.14	13.72	34.10	12.35	30.70
	40—60	44.48	107.85	29.54	71.63	14.94	36.23	13.70	33.22
2002年 改造林地	0—20	49.48	96.89	39.91	78.15	9.30	18.20	10.87	21.28
	20—40	57.58	113.96	47.81	94.64	9.59	18.97	10.04	19.86
	40—60	56.62	114.09	49.42	99.59	7.23	14.57	9.93	20.02
2002年 对照林地	0—20	50.57	106.35	28.17	59.24	22.82	47.99	9.63	20.25
	20—40	52.99	113.61	34.28	73.49	19.92	42.71	6.27	13.44

土壤自然含水量即湿度能较好地反映在自然状况下土壤水分和林内湿润状况,并影响到凋落物与土壤表层的物质和能量交换及土壤盐基养分的淋溶,它似与各林地生物多样性和郁闭度有关^[1]。从表3可见,低效林经改造后,土壤自然含水量较对照林地大幅度地提高,在改造的当年,0—20 cm和20—40 cm分别较对照增加12.9%和60.1%,改造2a后,改造林地0—20 cm, 20—40 cm和40—60 cm土层较对照分别增加64.0%, 27.3%和23.7%。

4 结论

萌蘖更新调控技术针对岷江上游中山区低效林,经人为采伐破坏后,萌蘖枝多而密,无明显主干,林地阴闭,光照少,土壤干燥,而特别设计的一套低效林改造技术。其目的是借助于生态学自然恢复原理,尽量少地破坏原有植被格局,遵循自然演替规律,就地取材调控其结构和功能的一种快速恢复技术。

岷江上游中山区低效林经萌蘖更新调控技术改造后,土壤生态功能得到极大地改善,改造林地土壤容重较对照林地低,土壤孔隙状况明显改善,总孔隙和毛管孔隙较对照林地大幅度地提高,非毛管孔隙随改造时间先增加后减少,土壤孔隙配比更为合理。由于土壤孔隙得到改善,土壤持水性能也明显地提高,最大持水量、毛管持水量及自然含水量较对照林地大幅度地提高,非毛管持水量在改造2a后,表层土壤也较对照林地高。

土壤生态功能的改善是通过调控低效林结构和功能的综合措施的结果,林地的微生态条件恶化(林地光照、水分等)是造成土壤生态功能低下的主要原因^[1,3,6]。对低质低效林的改造,使其从单一结构转化成乔木、灌木、草本层次错落、具有复层结构的森林植被,因而无论地上部分对降水的截留量,还是减少地表的径流量、泥沙量都比以前单一结构的林分要提高许多,从而提高林分的水土保持效益。再者低效林

结构改善后,林地微生态条件得到明显地改善,为林木生长和林下凋落物分解创造了条件,增加了林地土壤有机质。由于土壤有机质与土壤容重呈明显地负相关^[3],改造后加快了凋落物的分解,增加了土壤有机质,是低效林改造后土壤容重降低的主要原因。同时,土壤有机质和腐殖质是土壤微团聚体形成的重要胶结剂^[2],在一定程度上也是土壤孔隙度增加的原因。土壤微团聚体数量增加和结构的改善,提高了土壤毛管孔隙数量和毛管持水能力^[1-2]。国内外学者的大量研究表明,林地土壤是森林最大的贮水库和水分调节器,森林植物对其根系活动层土壤的蓄水、透水和持水性能有较大的影响。

低效林的改造就是通过调控植物结构和功能,加快林地物质循环,促进植物生长和根系活动能力,来改善土壤生态功能。通过在岷江上游中山区应用萌蘖更新调控技术对低效林的改造,其效果明显,土壤蓄水保水能力增强,为该技术推广应用提供了一定的理论基础。

[参 考 文 献]

[1] 胡泓,刘世全,陈庆恒,等. 川西亚高山针叶林人工恢复过程的土壤性质变化[J]. 应用与环境生物学报,2001,7(4):308-314.

[2] 庞学勇,刘世全,刘庆,等. 川西亚高山针叶林人工重建过程中植物群落演替对土壤性质的影响[J]. 水土保持学报,2003,17(4):42-45,50.

[3] 庞学勇,刘庆,刘世全,等. 川西亚高山云杉人工林土壤质量性状演变[J]. 生态学报,2004,24(2):261-267.

[4] 庞学勇,刘庆,刘世全,等. 川西亚高山针叶林植物群落演替对生物学特性的影响[J]. 水土保持学报,2004,18(3):45-48.

[5] Rojas N S, Perry D A, Li C Y, Ganio L M. Interactions among soil biology, nutrition, and performance of actinorhizal plant species in the H. J. Andrews experimental forest of Oregon [J]. Applied Soil Ecology, 2002, 19(1): 13-26.

[6] 庞学勇,刘世全,刘庆,等. 川西亚高山云杉人工林有机物和养分库的退化与调控[J]. 土壤学报,2004,41(1):126-133.

[7] 杨玉坡. 长江上游(川江)防护林研究[M]. 北京: 科学出版社,1993.

[8] 包维楷,张镡铨,王乾,等. 青藏高原东部采伐迹地早期人工重建序列梯度上植物多样性的变化[J]. 植物生态学报,2002,26(3):330-338.

[9] 庞学勇,刘庆,刘世全,等. 人为干扰对川西亚高山针叶林土壤物理性质的影响[J]. 应用与环境生物学报,2002,8(6):583-587.

(上接第4页)

在黄土高原半干旱退化山区,对荒山造林和坡耕地退耕,实施坡地改造工程整地后种草种树能改善土壤的理化性质,增强土壤透气性和腐殖化作用,促进土壤有机质的形成、发育,显著提高土壤中林木根系活动层有机质含量水平,增加速效养分的数量,改善土壤肥力状况。

经过“88542”隔坡反坡整地,40-60 cm 土壤有机质增量高于其它整地方式,在黄土高原半干旱退化山区的植被恢复中,选择适宜的造林整地方式,可以充分利用有效的天然降水,起到就地拦蓄的集水效益。由于该地区气候条件基本能够满足一般旱生植物的需要,且生长较为旺盛,生物量较大,对于草本和低矮灌木每年都有大量枯枝落叶归还土壤,经过腐殖化作用形成土壤有机质,矿化分解释放速效养分。而多年生乔木,在中幼林阶段,主要吸收土壤中的大量养分来维持自身生长发育,构成活的生命有机体,归还给土壤的枯枝落叶和营养物质较少,根系的死亡腐解更少,致使有机质和营养元素有所降低,特别是中下层的减少更为明显,对土壤性质的改良和肥力质量提高表现出负效应。

所以,在半干旱山区的生态建设中,应先种植一些耐旱灌木和草本植物,逐步改善土壤的理化性质,增加土壤肥力质量,草本和低矮灌木植物应该作为黄土高原水土保持与生态建设的先锋树种,待其发展到一定阶段,土壤质量得到明显改善时,再进行植树造林,用乔木林代替灌草丛,使人工植被建设符合自然植被演替规律,提高其生态效益。

[参 考 文 献]

[1] 张俊华,常庆瑞,贾科利,等. 黄土高原植被恢复对土壤肥力质量的影响研究[J]. 水土保持学报,2003,17(4):38-41.

[2] 刘方,等. 黄壤旱坡地退耕还林还草对减少土壤磷素流失的作用[J]. 水土保持学报,2002,16(3):20-23.

[3] 刘方,何腾兵,等. 不同利用方式下黄壤旱坡地磷素状况及环境影响分析[J]. 土壤与环境,2002,11(3):232-236.

[4] 何圆球,等. 红壤丘岗区人工林土壤水分、养分流失动态研究[J]. 水土保持学报,2002,16(4):91-93.

[5] 何腾兵. 贵州山区土壤物理性质对土壤侵蚀影响的研究[J]. 水土保持学报,1995(1):85-95.