

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2017.02.026

## 四川林业碳汇造林发展潜力分析

郎平<sup>1</sup>, 张文<sup>1</sup>, 赖长鸿<sup>1</sup>, 唐才富<sup>2</sup>, 汪晖<sup>3</sup>, 代丽梅<sup>3</sup>, 谭欣悦<sup>3</sup>

(1. 四川省林业生态环境监测中心, 四川成都 610081; 2. 渠县农林局, 四川渠县 635200;

3. 四川山水绿碳科技有限公司, 四川成都 610051)

**摘要:**本研究依据碳汇造林标准的要求, 选择合格地块, 在对林木碳储量预测、生态重要性、经济社会情况、潜在风险等方面分析的基础上建立评价体系, 对四川林业碳汇造林潜力及区域进行分析, 划分了优先区、次优先区和潜力区, 供开展林业碳汇造林的地块面积分别为41.88万hm<sup>2</sup>、34.35万hm<sup>2</sup>和29.04万hm<sup>2</sup>, 占四川可供造林地块面积的36.0%、29.6%和25.0%。四川碳汇造林优先发展区域主要分布在川西北秦巴山区和川西南大小凉山地区。

**关键词:**碳汇造林; 评价指标; 优先区域; 四川

中图分类号: S721

文献标识码: A

文章编号: 1003-5508(2017)03-0111-04

## Analysis of the Potentials of Carbon Sequestration Afforestation Projects in Sichuan

LANG Ping<sup>1</sup> ZHANG Wen<sup>1</sup> LAI Chang-hong<sup>1</sup> TANG Cai-fu<sup>2</sup>

WANG Hui<sup>3</sup> DAI Li-mei<sup>3</sup> TAN Xin-yue<sup>3</sup>

(1. Sichuan Forest Ecological Environment Monitoring Center, Chengdu 610081, Sichuan, China;

2. Quxian Agriculture and Forestry Bureau, Quxian 635200, Sichuan, China;

3. Sichuan ShanShui Green Carbon Technologies Co., Ltd., Chengdu 610051, Sichuan, China)

**Abstract:** According to the requirements of afforestation for carbon sink, an evaluation system was established that was based on an analysis of forest carbon sink estimation, ecological importance, economic and social situation, and potential risks for the selected plots. And analysis was made of afforestation selected plots for launching forest carbon sink projects in Sichuan. The selected plots were divided into the priority area, the sub-priority area and the potential area. Each area was 418 800 hm<sup>2</sup>, 343 500 hm<sup>2</sup> and 290 400 hm<sup>2</sup>, accounting for 36.0%, 29.6% and 25.0% respectively of the area for afforestation in Sichuan. In this study, the major priority areas for forest carbon sink projects in Sichuan were mainly distributed in the Qinba Mountain area in the northwest of Sichuan and the Liangshan area in the southwest of Sichuan.

**Key words:** Afforestation for carbon sink, Evaluation system, Priority area, Sichuan

### 前言

气候变化是人类面临的重要生态环境问题, 大量排放二氧化碳等温室气体形成的温室效应则是气

候变化的根源。而增加温室气体吸收, 主要是通过森林等植物的光合作用吸收固定大气中的CO<sub>2</sub>到植物体和土壤中<sup>[1]</sup>。四川森林资源丰富和生物多样性富集, 是长江重要的水源涵养地。四川森林作为西南林区的主体, 地处青藏高原东缘, 是全球气候

收稿日期: 2016-11-21

基金项目: 北京山水项目“四川林业碳汇造林优先发展区域评价”。

作者简介: 郎平(1969-), 女, 辽宁沈阳人, 高级工程师, 主要从事森林监测、森林碳汇工作。E-mail: 1468591381@qq.com。

变化的敏感区响应区<sup>[2]</sup>,也是我国陆地生态系统的重要碳库。积极实施林业碳汇项目,不但可以增加森林覆盖率和提高森林经营水平,而且对适应与减缓气候变化和促进可持续发展起着极其重要的作用<sup>[3]</sup>。巴黎气候大会上,各国代表一致同意继续将森林作为2020年后减缓气候变暖的重要手段,并将森林及相关内容作为单独条款纳入了《巴黎协定》,要求2020年后各国应采取行动,保护和增强森林碳库和碳汇,强调在行动时应当关注保护生物多样性等非碳效益。作为生态区位重要和生态脆弱区域的四川,发展林业碳汇具有非常重要的意义:(1)满足国家碳排放权交易建设的需要。合格的林业碳汇项目是中国核证自愿减排(CCER)项目的重要组成部分,国内碳排放交易市场需要大量的林业碳汇项目支撑,开发和储备林业碳汇项目是国内碳交易体系建设的基础。(2)建立和健全碳汇交易市场的需求。森林生态功能属于无形产品,而林业碳汇功能有利于促进森林生态功能从无形变为有形,改变森林生态功能只能由政府无偿买单的情形。林业碳汇交易将林业碳汇形成的碳排放权从一种无形产品进入有形市场不断循环发展,使森林生态效益与经济效益得到更好结合。(3)林业可持续发展的需要。森林碳汇是现代林业形势下的一种新型林产品,发展林业碳汇,不仅是实现国家节能减排,促进产业转型升级的重要途径,而且也是现代林业新型产业发展的内在要求。

目前,开展林业碳汇造林项目尚需明确是在什么地方和碳汇的潜力。因此,需要建立林业碳汇造林项目评价体系,完善林业碳汇造林基础信息和明确碳汇造林区域布局。本研究依据碳汇造林项目的相关要求,使用地理信息系统(GIS)和遥感(RS)等技术,充分利用森林资源监测与调查成果资料,对可供发展林业碳汇造林项目的地块进行筛选,按照林木碳储量、生态重要性、社会经济和风险威胁等建立评价指标体系,分析四川省林业碳汇造林地域分布和优先发展区域。

## 1 研究方法

### 1.1 评价指标

本研究以2012年四川省森林资源调查数据为基础,从林地资源数据中筛选出可用于造林的地块,在去除干热干旱河谷和乔木林线以上的地块后建立林地资源基础数据库;在遵循碳汇造林项目相关规则的前提下,全面考虑促进社区经济和可持续发展,

从保护生态环境、符合国家和省级林业发展战略规划出发,以代表性、系统性和简洁、可操作原则,筛选出四个发展潜力评价指标:碳汇潜力、生态重要性、社会经济和风险威胁指标<sup>[4]</sup>。

**1.1.1 碳汇潜力** 根据一定年限理论碳储量预测碳汇潜力。首先分地块建议树种,建立全省森林分布空间数据库,使用固定阈值范围内距离最近的有林地的优势树种作为适宜造林地块的树种。再对选出的乔木树种考虑单株碳储量、初植密度、造林保存率、含碳率等因素,采取单株生物量模型法。在不考虑造林进度安排,以及森林经营过程中抚育间伐对碳汇量的影响,计算造林后20 a、40 a和60 a的理论碳储量,并将储量值标准化处理。

**1.1.2 生态重要性** 生物多样性丰富的区域内拥有不可替代的生物多样性资源,或价值巨大的生态系统服务功能,保护重要程度高。本次研究从生态区位和生物多样性两个方面考虑,最后,将两个因子的分数按各50%的权重加和,得到生态重要性指标。

生态区位因子处理采用空间图形叠加方法,获取生态区位。生态区位等级根据《国家级公益林区划界定办法》对生态区位等级划分,其等级顺序由高到低为:江河源头、江河两岸、森林和陆生野生动物类型的自然保护区,以及列入世界自然遗产名录的地区、湿地、水库和荒漠化、水土流失严重地区和其他,等级越高分数越高,并将等级转换为百分制结果。

生物多样性因子则根据国家颁布的动植物保护名录中的级别和国际通用的物种红色名录,设定物种保护目标时使用了两个名录的并集,汇总物种分布图,叠加得到四川生物多样性重要区域的分布格局图,生成基于县-栖息地-海拔模型(CHEM)叠加的结果。将CHEM模型结果按照等级按百分制给分,得到生物多样性因子指标。

**1.1.3 社会经济** 实施碳汇造林项目将对项目区的社区经济发展具有促进作用。本次社会经济选择因子是各县农村人口年均收入<sup>[5]</sup>和是否为贫困县。收入数据进行标准化处理后成为百分制结果,贫困县数据按照是和否给予100和50分,社会经济指标结果中收入越高分数越低,较贫困的县城将增加优先性。对两个因子按照各50%权重进行加和,社会经济指标的结果表述为值越大经济条件越差,越优先开展碳汇项目。

**1.1.4 风险威胁** 根据实际情况,兼顾代表性和数据的可获得性等因素,本研究主要考虑3个因素:(1)森林病虫害风险;(2)森林火灾风险;(3)放牧风

险。

通过查阅近 5 年间四川林业统计年鉴资料得到各类病虫害分布地区(县)的年均病虫害发生率,求平均值后将其化为百分制结果使用。火灾风险则采用全省各县森林火险等级数据(防火等级越高,风险越低),按照数据情况分为 3 级,等级越高风险越小并给予分数。通过研究放牧方式对地表植被的影响,得到放牧半径数据<sup>[6,7]</sup>和地表植被影响关系,建立牧草地缓冲范围,并在此基础上划分放牧威胁等级,其结果处理为百分制分值。最后对各潜在风险进行评价并逆向处理,得到潜在风险指标的新分值。

## 1.2 评价方法

根据实施林业碳汇造林项目的要求及原则,优先区域应该是那些林木生长速度快、生物多样性保护潜在价值大,人均年收入低和各类风险威胁低的地区。在这些地区开展造林再造林碳汇项目,既能较好地满足项目对基线和额外性的要求,又能促进社区经济发展。为此,将 4 个评价指标的 8 个影响因子组成评价体系,其中包括了反映碳汇潜力预测情况的指标,也包括了其他可参考的规范性指标,通过专家综合评分的方法给予各项指标权重(表 1)。

表 1 评价指标及权重

评价指标	评价因子	权重(%)
碳汇潜力	森林碳储量(20 a)	50.00
生态重要性	生态区位	15.00
	生物多样性	15.00
社会经济	2013 年人均收入	7.50
	是否为国家级贫困县	7.50
风险威胁	病虫害威胁	1.67
	火灾威胁	1.67
	放牧威胁	1.67

将各指标评分分值标准化,经过对碳汇潜力、生态重要性、社会经济和风险威胁 4 项评价指标赋予权重加和后,采用自然间断点法将结果分为 5 级,评价级别越高优先性越高。

## 2 结果分析

### 2.1 可造林地类及规模

研究表明,四川可供造林地块总面积 116.18 万  $\text{hm}^2$ 。其中:疏林地占 13.1%,无立木林地占 11.6%,宜林地占 32.2%, $\geq 25^\circ$ 坡耕地占 43.1%(图 1)。主要分布在川东北秦巴山区和川西南大小凉山地区,两者可造林地面积之和达全省总面积 70% 以上;其次为四川盆周山地区,也分布有一定数量的可造林地块;而在川西高山高原、四川盆地地区可造林地块较少。

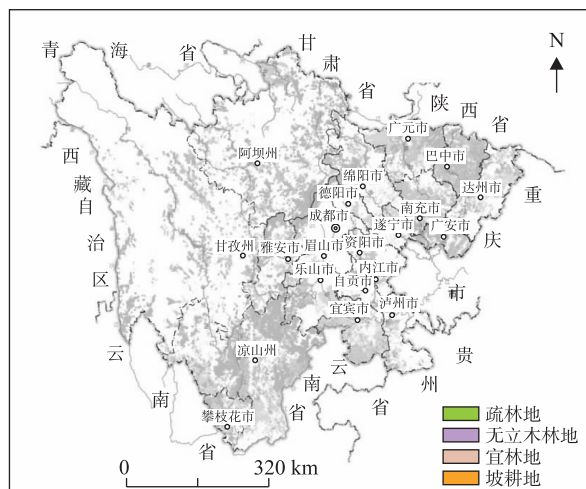


图 1 四川可造林地块分布图

### 2.2 碳汇潜力等级评价

根据评价指标碳汇潜力评价分级结果为:在可供造林的 116.18 万  $\text{hm}^2$  的土地中,1 级 22.91 万  $\text{hm}^2$ ,占 19.7%;2 级 37.71 万  $\text{hm}^2$ ,占 32.5%;3 级 26.05 万  $\text{hm}^2$ ,占 22.4%;4 级 12.75 万  $\text{hm}^2$ ,占 11.0%;5 级 16.76 万  $\text{hm}^2$ ,占 14.4%(图 2)。碳汇潜力较大的地块主要分布在川西南的凉山州和川东北的巴中、达州等市。

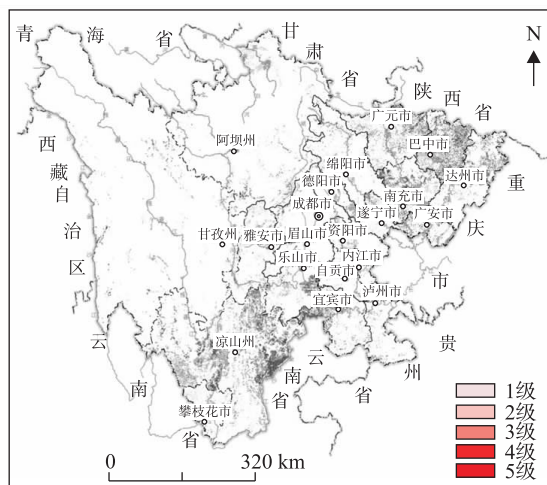


图 2 四川可供林业碳汇造林地潜力评价等级

### 2.3 优先发展区域选择

根据优先区域评价原则与方法,结合四川林业碳汇造林的实际情况,对四川林业碳汇造林划分为 3 个发展区域(图 3):优先区(I 区)、次优先区(II 区)、潜力区(III 区)。

2.3.1 优先区(I 区) 四川林业碳汇造林优先区(I 区)在空间上并不连接,包括川东北秦巴山脉和川南凉山州等 6 个市州的 30 个县(区)。可供林业碳汇造林的地块 41.88 万  $\text{hm}^2$ ,占四川可供林业碳汇造林的 36.0%。其中评价等级 $\geq 4$ 级面积 18.54

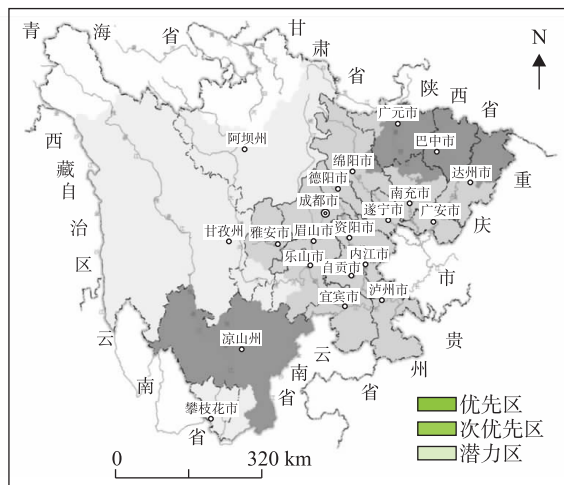


图3 四川林业碳汇造林发展潜力分区

万  $\text{hm}^2$ , 占全省评价等级  $\geq 4$  级面积的 62.8%。该区域地块生产力级数大, 同时这些地方基本是革命老区、少数民族聚居地区, 当地社会经济落后, 区域内拥有大面积的宜林地资源和丰富的坡耕地资源, 林业碳汇项目的地块储备充足, 是林业碳汇项目优先发展区。

**2.3.2 次优先区(Ⅱ区)** 四川林业碳汇造林次优先区(Ⅱ区)面积较大, 空间连接成片, 包括四川盆周山地、四川盆地、川东平行岭谷、川东南宜宾市、泸州市等 16 个市的 109 个县(区)。可供林业碳汇造林的地块 34.35 万  $\text{hm}^2$ , 占四川可供林业碳汇造林的 29.6%。其中评价等级  $\geq 4$  的面积 7.11 万  $\text{hm}^2$ , 占全省评价等级  $\geq 4$  级面积的 24.1%。该区林业发展目前积极推进非木材林业资源和森林生态旅游的发展, 区域内水、热条件良好, 适宜原生乡土树种的种植和发展, 也具有发展珍稀名贵木材的巨大潜力, 具有次优先发展的潜力。

**2.3.3 潜力区(Ⅲ区)** 四川林业碳汇造林潜力区(Ⅲ区)在四川幅员面积较大, 空间上并不相连, 包括川西北的阿坝州、甘孜州大部分县、大渡河中游干旱河谷, 以及四川南部攀枝花市和凉山州少数县, 共计 6 个市州 38 个县(区)。可供林业碳汇造林的地块 29.04 万  $\text{hm}^2$ , 占四川可供林业碳汇造林地块面积的 25.0%。其中评价等级  $\geq 4$  的面积 3.71 万  $\text{hm}^2$ , 占全省评价等级  $\geq 4$  级面积的 12.6%。该区域绝大部分区域处于川西高山峡谷地区, 平均海拔较高, 气候条件复杂, 造林保存率低, 林木生长过程缓慢, 在短时间内难以获得较高的碳汇量, 而地处大渡河中游干旱河谷、攀西干热河谷地区等县(区), 水、热不均, 造林难度大、保存率低, 仅能积极开展少数当地适宜树种的造林活动, 具有一定的林业碳汇项目发展潜力。

四川不宜开展林业碳汇造林的区域主要在甘孜州海拔、气候等自然条件比较恶劣的县, 该区域空间上并不相连接。该区地处我国重要河流黄河、长江、雅砻江等的水源涵养地, 季风高原型气候特点典型, 森林覆盖率较低, 生态既重要又脆弱, 土地沙化较为严重。该区地理环境特殊, 平均海拔较高, 造林存活难度大, 造林保存困难, 特殊的气候条件导致林木生长速率慢, 不仅造林的成活率较低, 保存难度大, 而且难以获取较大的碳汇收益。

### 3 结论与讨论

本研究根据林业碳汇造林项目的条件和技术要求, 结合四川林地资源实际情况, 在对林木碳储量预测、生态重要性、经济社会情况、各种潜在风险等方面分析的基础上, 因地制宜建立了碳汇造林发展潜力评价指标体系。该指标体系不仅考虑了碳汇潜力, 同时在注重生态优先的前提下考虑了社区经济和环境的可持续发展, 并根据森林培育过程考虑了火灾、病虫害和放牧的威胁。

根据建立的碳汇造林发展潜力评价指标体系, 对可供造林地块进行了等级评价, 从而筛选出了四川林业碳汇造林优先发展区域主要分布在: 川东北秦巴山区和川西南大小凉山地区。在优先区域内开展碳汇造林项目可以获得较高的回报, 同时也可以通过项目的实施促进地方经济的发展, 既有利于提高当地农户经济收入, 也有利于重要生态区位和生物多样性保护。

本研究仅对碳汇造林的潜力和优先发展区域做了分析和评价, 而开发碳汇造林项目还需要符合方法学的相关要求。

### 参考文献:

- [1] 李海涛, 袁家祖. 中国林业政策对减排温室气体的贡献 [J]. 江西农业大学学报, 2003, 25(5): 656 ~ 660.
- [2] 张新时, 张奠安. Allocation and study on global change transects in China [J]. Quaternary Sciences, 1995, 15(1): 43 ~ 52.
- [3] 李怒云, 龚亚珍, 章升东. 林业碳汇项目的三重功能分析 [J]. 世界林业研究, 2006, 19(3): 1 ~ 5.
- [4] 唐才富, 张莉, 罗艳, 等. 基于 CCER 的青海省碳汇造林潜力分析 [J]. 西部林业科学, 2015, 44(5): 13 ~ 17.
- [5] 四川省统计局. 四川省统计年鉴 [M]. 中国统计出版社, 2012.
- [6] 王素慧, 贾绍凤, 吕爱锋. 三江源地区植被盖度与居民点的关系研究 [J]. 资源科学, 2012, 34(11): 2045 ~ 2050.
- [7] 张德铨, 刘林山, 摆万奇. 黄河源地区草地退化空间特征 [J]. 地理学报, 2006, 61(1): 3 ~ 14.