

重庆市退耕还林工程实施的生态和经济效益分析

高磊¹, 杨现坤², 胡海珠¹, 吕喜玺^{1,3}, 侯国龙⁴,

Claudio Delang⁴, 王晓燕⁵, 陈方鑫⁵

(1.内蒙古大学 生态与环境学院 内蒙古河流与湖泊生态重点实验室, 呼和浩特 010021;

2.广州大学 地理科学学院, 广州 510006; 3.新加坡国立大学, 新加坡 117570;

4.香港浸会大学 社会科学院地理系, 香港 999077; 5.西南大学 资源环境学院, 重庆 400716)

摘要: 为了进一步推动退耕还林工程的实施提供科学的理论依据, 以西南地区重庆市为研究区域, 通过收集退耕还林相关监测数据、重庆市历年统计年鉴资料和历年环境状况公报等, 并结合野外参与式农户调查, 对该区域退耕还林的生态和经济效益两个方面进行了分析与探讨。结果表明: 退耕还林不仅明显提高植被覆盖率, 也对水土保持、改善土壤质量状况、净化大气和固碳释氧起到积极作用。生态林在此次退耕还林中为主要林木类型, 但经济林生长势和覆盖度整体上要好于生态林。乔灌混交林所占比例较低; 退耕还林后, 耕地面积减少, 但粮食产量逐渐恢复到原有水平。人均收入显著增长, 年均增长率达31.9%。林业产值也在逐年增加。退耕还林的实施对生态环境、当地经济兼具有促进作用, 但相关部门还需进一步提高乔灌混交林的比例, 并加强对生态林的管护。另外, 采取有效措施来提高林业产值。

关键词: 退耕还林; 重庆市; 生态效益; 经济效益

中图分类号: F326.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2019)06-0353-06

Analysis on Ecological and Economic Benefits of Implementing the Project of Returning Farmlands to Forests in Chongqing City

GAO Lei¹, YANG Xiankun², HU Haizhu¹, LÜ Xixi^{1,3}, HOU Guolong⁴,

Claudio Delang⁴, WANG Xiaoyan⁵, CHEN Fangxin⁵

(1.Inner Mongolia Key Laboratory of River and Lake Ecology, School of Ecology & Environment, Inner Mongolia University, Hohhot 010021, China; 2.School of Geographical Sciences, Guangzhou University, Guangzhou 510006,

China; 3.National University of Singapore, 117570, Singapore; 4.Faculty of Social Sciences, Hong Kong Baptist University, Hong Kong 999077, China; 5.College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400716, China)

Abstract: In order to provide a scientific theoretical basis for further promoting the implementation of the project, the ecological and economic benefits of returning farmlands to forests in Chongqing City were studied. Chongqing City in the southwest was taken as a research area. The ecology and economic aspects were analyzed and discussed based on the monitoring data related to returning farmlands to forests, Chongqing historical yearbook data and past year environmental status bulletins, and field-involved household surveys. The following results have been obtained. The project not only significantly improved vegetation coverage, but also played the positive role in soil and water conservation, improving soil quality, purifying the atmosphere and sequestering carbon and releasing oxygen. At the same time, the ecological forest is the main type of forest in the project of returning farmlands to forests, but the growth potentials and coverage of the economic forests are better than the ecological forests as a whole. The proportion of the mixed forest of arbor and shrub is extremely low; after returning farmland to forest, the area of cultivated land reduced, but the grain output gradually returns to the original level. Per capita income has increased significantly, with an average annual

收稿日期: 2018-12-14

修回日期: 2019-01-14

资助项目: 国家自然科学基金(03010101, 41871017)

第一作者: 高磊(1994—), 男, 陕西榆林人, 硕士研究生, 研究方向为生态系统碳循环。E-mail: gaoliam@126.com

通信作者: 杨现坤(1981—), 男, 河南周口人, 副教授, 博士, 主要从事水文遥感研究。E-mail: yangxk@gzhu.edu.cn

growth rate of 31.9%. Meanwhile, the output value of forestry is also increasing year by year. The implementation of returning farmlands to forests will promote the ecological environment and local economy. However, the proportion of mixed forests of arbor and shrubs should be further increased, and the management and protection of ecological forests should be strengthened. In addition, effective measures should be taken to increase the output value of forestry.

Keywords: returning farmland to forest; Chongqing City; ecological benefits; economic benefits

退耕还林一直是我国改善生态环境的一项重要手段。同时,这也对我国生态环境的恢复起着关键性作用。退耕还林的影响远远不止于生态环境建设的领域,也成为许多地区农村经济活动的重心,对农民的生产生活方式、地方经济及社会的发展等各个方面都产生了巨大而深远的影响^[1]。同时,退耕还林不同于一般的水土保持、小流域综合治理等项目,退耕还林有其更复杂的社会背景,且我们不能只考虑生态、经济或社会效益某一单方面,否则必然会导致退耕区的非良性发展,影响农村社会稳定与社会进步^[2]。许多相关报道大部分都针对西北黄土高原地区展开研究,而对西南地区的研究成果却鲜有报道。

研究区重庆市位于长江中上游三峡库区中心点,是长江流域地区乃至全国的重要中心城市。同时,长江流域又是我国重要的生态和淡水资源库。所以,退耕还林工程对长江流域生态环境及其长江经济带发展的影响不可忽视。截至 2015 年,重庆市在退耕还林建设中已累计完成 128.23 万 hm^2 ,其中退耕还林 44.07 万 hm^2 ,封山育林 12.93 万 hm^2 ,荒山荒地造林 71.23 万 hm^2 。本文以重庆市为例,用定量定性相结合的方法从生态和经济两个方面对退耕还林所产生的影响进行探讨,并在时间序列上对研究区退耕还林生态和经济效益进行动态分析与对比。这为退耕还林工程对生态和经济等影响的研究,以及为未来退耕还林工程计划更好制定与实施提供更多理论基础。同时,退耕还林带来的影响是多方面的,全面分析其产生的影响可以提高决策的科学性。

1 研究区概况与方法

1.1 研究区概况

重庆市地理坐标为东经 $105^{\circ}17'$ — $110^{\circ}11'$,北纬 $28^{\circ}10'$ — $32^{\circ}13'$,地处四川盆地东南缘,地貌差异性较大,山脉连绵起伏,河流纵横交错。重庆市属于亚热带季风性湿润气候,受海拔高度的影响,降水量较大的区域集中在东北部的大巴山区和东南部的高山地区,降水量较小的区域出现在西部的盆地地区,年平均降雨量为 1 000~1 400 mm。年平均温度在 18°C 左右,夏季平均温度在 28°C 左右,冬季最低气温平均

在 $6\sim 8^{\circ}\text{C}$,日照总时数 1 200 h 左右。主要自然植被类型为亚热带常绿阔叶林,除此之外还有针叶林、竹林、灌丛和稀树草丛等类型^[3]。经研究发现,气温对植被生长有较强的影响,且植被变化与气温存在明显的正相关关系^[4]。该区域大多都处于亚热带湿润区,降水和气温能够满足植被的生长需求。

重庆市 2016 年全年实现地区生产总值比上年增长 10.7%。按产业分,第一产业增长 4.6%,第二产业增长 11.3%,第三产业增长 11.0%。全年实现农林牧渔业产值比上年增长了 4.7%。同时,一些特色林果业的快速发展,退耕地林产品产值持续增长,使得部分退耕经济林也进入了收益期,退耕居民的收入呈持续增长的趋势^[4]。2014 年全市林业总产值 39.12 亿元,增长 8.0%,其贡献率将还会提升^[5-6]。

1.2 数据来源

本研究中退耕还林工程的生态功能情况,植被基本情况、经济效益分析的数据来源于野外农户调查、重庆市历年统计年鉴、重庆市历年环境状况公报、中国林业网资料和重庆市林业科学研究院的报告资料以及此前发表的诸多研究论文成果,并通过对以上相关监测、测算等数据的整理做了分析。野外农户调查内容包括对农村生活环境变化情况、退耕还林带给农户的退耕补助及其他种植、务工等收入的基本收入来源及其收入变化情况、退耕还林后带给农村的一些发展及就业等状况的调查。

1.3 生态效益分析方法

生态效益评价时,由于影响因素较多,故为了更科学地做出评价,需要选择具有代表性且能从不同方面反映生态效益的主导性指标进行分析^[7-8]。退耕还林的生态效益分析主要从两个方面进行:

(1) 退耕还林的植被基本情况。其评价指标主要从研究区的退耕还林林木保存情况、林木生长状况、植被覆盖度等方面进行。其中,覆盖度(郁闭度)是植被群落覆盖地表状况的一个综合量化指标,是描述植被群落及生态系统的重要参数,是区域生态环境变化的重要指标,其植被覆盖度计算公式为^[9]:

$$\delta = \frac{\text{NDVI}_t - \text{NDVI}_s}{\text{NDVI}_o - \text{NDVI}_s}$$

式中: δ 为植被覆盖度; $NDVI_i$ 为归一化植被指数; $NDVI_0$ 为裸地的植被指数; $NDVI_{100}$ 为植被全覆盖时的植被指数。通过比较第二轮退耕还林前后的植被覆盖度变化评价此轮退耕还林带来的生态效应变化。

(2) 退耕还林的生态功能情况。在分析时,主要是通过通过对重庆市历年统计年鉴、重庆市历年环境状况公报和重庆市林业科学研究院的报告等资料的数据进行整合和归纳,来反映生态功能在退耕还林前后的影响及其变化^[7]。其指标主要是从退耕还林改善土壤质量状况、调节水量和净化大气、固碳释氧方面进行分析。

1.4 经济效益分析方法

为了进一步深入推动退耕还林工程的实施,对其经济效益的分析是不可忽视的一步。同时,经济效益分析也能更好地对退耕还林的经济价值做出合理的定位。在对重庆市退耕还林的经济效益分析时,主要从以下指标进行:农林牧渔业中各业占比变化、粮食播种面积及产量变化、退耕农户收入变化情况等。通过粮食播种面积变化以及总粮食产量带来的农户收入变化,进而分析退耕还林对农户收入增长的影响,以此评价退耕还林的经济效益贡献。

2 结果与分析

2.1 生态效益

2.1.1 林木基本情况 重庆市 2000 年以来退耕还林总面积达 44.07 万 hm^2 ,在调查区中的总面积共计约 4.45 万 hm^2 ,且该区中退耕还林的面积整体上保存完好,其面积保存率为 99.99%。退耕还林的林木主要包括生态林、经济林和还草 3 种林分,其中生态林在整个调查区域中占到了 87%,经济林占到 11%,还草占到 2%,生态林为主要还林部分。由于重庆地区独特的地貌、地形和气候条件决定了退耕还草在这一区域所占比例极低,这与此前关于黄土高原比例较高的退耕还草相比有着较大差异^[10-11]。如图 1 所示,生态林和经济林整体上长势较好。在生态林中,林木长势好占生态林总量 60%左右;经济林中,林木生长情况好占总量约 80%;还草中,生长势好仅占总量 15%。

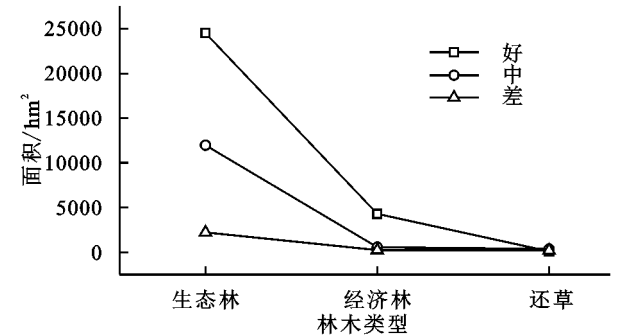


图 1 各林木类型生长情况

由表 1 可知,在还林的林木配置中,乔木林、灌木林、乔灌混交林和还草为主要的林木类型。其中,乔木林所占比例是最高的(占比超过 80%),而乔灌木混交林和还草所占比例极低。王引乾等^[12]研究表明,适当的混交能够促进群落环境的复杂性和稳定性,可以更好地保持生物多样性。因此提高乔木灌木混交林所占比例,或者在现有的乔木林中添加灌木来提高森林覆盖度是以后需要改进的方向。

表 1 退耕还林调查区域林木配置面积 hm^2			
乔木林	灌木林	乔灌混交林	还草
35773.33	7433.33	613.33	673.33

退耕还林以来,全市森林覆盖率较有明显的提高。截止 2016 年底,全市森林覆盖率达到 45.4%,且相比退耕还林实施之前增加了 22.4%;长江两岸的森林覆盖率约达 50.2%,较之前增加了 27.4%。这表明退耕还林在提高森林覆盖率方面做出了非常大的贡献。因此,在改善生态环境、提高植被覆盖率等方面还可以继续实施退耕还林工程项目。同时,并结合当地气候环境、水文条件和地理位置等要素,选择适宜的植被种类,做到因地制宜,充分发挥退耕还林工程的优势和潜力。此前,许智超^[13],李宗杰^[14]和杨亚娟^[15]等也都将研究点放在黄土高原地区的退耕还林前后植被覆盖变化上,并研究表明退耕还林的实施对植被恢复确实起到了显著效果。如图 2 所示,退耕还林后灌木林和乔木林(其中包括生态林、经济林各占比情况)的覆盖度情况。

图 2 表明,灌木林覆盖度大多处在 0.3~0.7 及以上,覆盖度较高。其中,65%的生态林覆盖度集中在 0.3~0.7,经济林中 79%以上处于 0.3~0.7。乔木林覆盖度整体上处于中度覆盖,其中生态林覆盖度分布在 0.51~0.7 的比例占到 15%,经济林覆盖度分布在 0.51~0.7 的比例约占 45%。由上表明,灌木林和乔木林中的经济林覆盖度总体上要高于生态林。

2.1.2 生态功能分析 退耕还林后森林面积大幅度增加,而森林通过对降水的截留、吸收将地表水转为地下水或形成地表径流,这对水资源可利用性、调节径流具有重要作用。据数据资料显示(表 2),从 2000 年退耕还林以来,调节水量总体上是处于逐步上升趋势。

同时,退耕还林后的林木树冠、枯枝落叶及根系可以适当缓解降水对土壤表层的直接冲击,从而降低了土壤的流失量,有效固持了土壤。且林木的生长发育及其代谢产物可以提高土壤肥力。根据相关资料,粗略估算 2000—2015 年退耕还林累计增强土壤肥力约达 150 万 t,

包括有机质、氮、磷和钾;固持土壤累计达 3400 万 t。以上表明退耕还林可以减少水土流失、土壤侵蚀等自然灾害的发生,并提高土壤肥力。Yang 等^[16]在中国西南部也对土

地利用变化过程中的土壤侵蚀控制进行深入的定量研究,其研究表明退耕还林可有效增加保水效果,减少土壤侵蚀,改善生态环境。

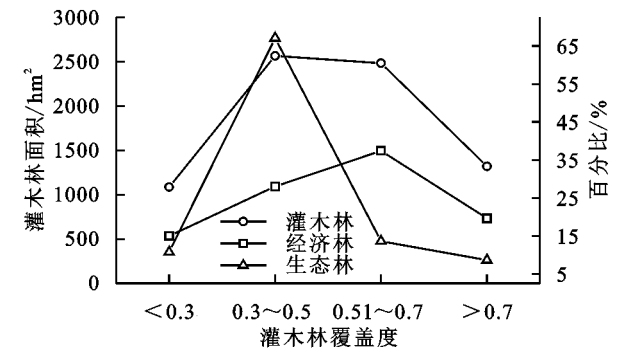
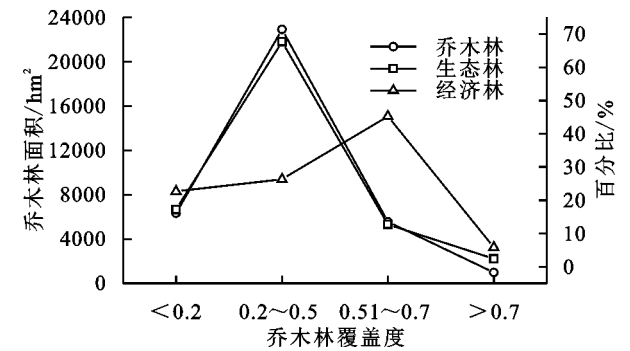


图 2 研究区林木覆盖度情况

表 2 水量调节情况										亿 m ³ /a
项目	2000—2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	
水量	4.01	6.18	6.98	7.24	7.53	7.01	5.81	13.02	13.81	

从退耕还林以来,其累计固碳量约达 940 万 t,随着林木的生长,其森林具有更长的固碳期。森林植被作为 CO₂的汇,进而促进对大气中 CO₂的吸收和氧气的释放,这对于生态系统物质能量的循环有重要意义^[17]。且森林生态系统与其他陆地生态系统相比,其显现出较高的生产力,固碳量约占全球土壤碳储量的 73%^[18]。因此,退耕还林在固碳释氧功能方面具有较大的发挥空间。在改善大气环境质量方面,林木也可以有效地吸附粉尘等颗粒物、隔离噪音等。退耕还林以来,估算累计吸收污染物、滞尘等颗粒物(包括 TSP,PM2.5)达 2 500 万 t。

2.2 经济效益

2.2.1 农村产业分析 退耕还林的实施,对农耕地产生直接影响,一定程度上使陡坡耕地的面积减少。如图 3 所示,耕地播种面积整体在减少,但对粮食产量影响不大。随着耕地面积的下降,初期粮食产量呈降低趋势,之后又逐渐恢复到退耕还林前的产量水平。在 2000 年退耕前,粮食播种面积及产量均呈减少趋势。2000—2006 年退耕还林实施期间,粮食播种面积明显减少,伴随粮食产量也趋于下降,均在 2006 年达到最低。之后,随着巩固退耕还林专项工程的实施,粮食播种面积呈小幅度上升并逐渐趋于稳定,粮食产量在 2006—2009 年期间大幅度增长,随后呈小幅增长。到 2015 年,基本趋于退耕还林前的粮食产量水平。这说明虽然退耕还林造成耕地面积减少以及粮食播种面积减少,但是长远来看对农业,尤其是粮食产量的影响不大。这一点对在其他地区开展退耕还林具有极大借鉴意义。

如图 4 所示,重庆市农业、林业、牧业和渔业总产值在退耕还林前后都呈现增长趋势,尤其在 2006 年退耕还林结束后增长速度明显加快。但全市农林牧渔业总产值占生产总值(GDP)的比例却呈逐年下降势态。退耕还林前,重庆市农林牧渔业总产值小幅降低。在 2000 年后,农、林、牧、渔业各产值均明显增长,尤其农业产值在退耕还林后耕地面积减少的情况下反而大幅度提高;牧业产值的增幅仅次于农业,呈稳定增长趋势;林业产值在农林牧渔业产值中属于最小的一部分,但随着退耕还林的实施,其产值均在逐年增长,占农林牧渔业总产值的比例有小幅提高,产值的贡献率也在不断增大。

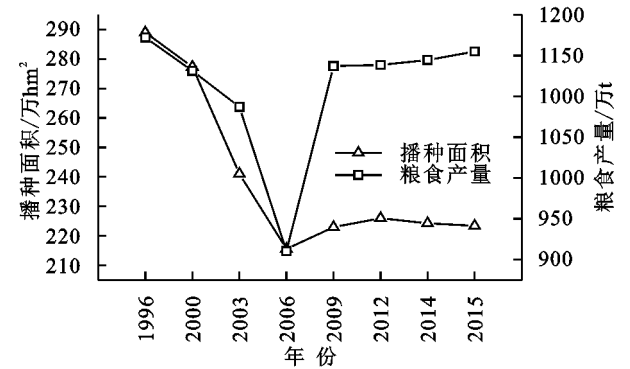


图 3 粮食播种面积及产量变化情况

2.2.2 退耕还林对农户的影响 以上农村产业的变化,使农村剩余劳动力增加,进而向城镇转移,也使农户收入及其来源也在不断变化。根据调查结果,2015 年退耕户人均收入为 10 143 元,相比 2000 年的 1 768 元,人均收入显著增长,年均增长率达 31.6%。如图 5 所示,部分区县 2015 年退耕户人均收入来源,其农户家庭的收入主要是种植收入、养殖收入、务工收入、退耕补助以及其他收入 5 部分。

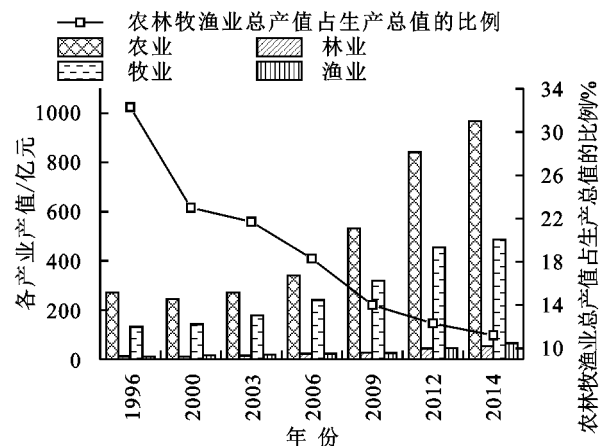


图 4 退耕还林前后农林牧渔业产值变化情况
在以上部分区县的退耕农户家庭人均收入的结

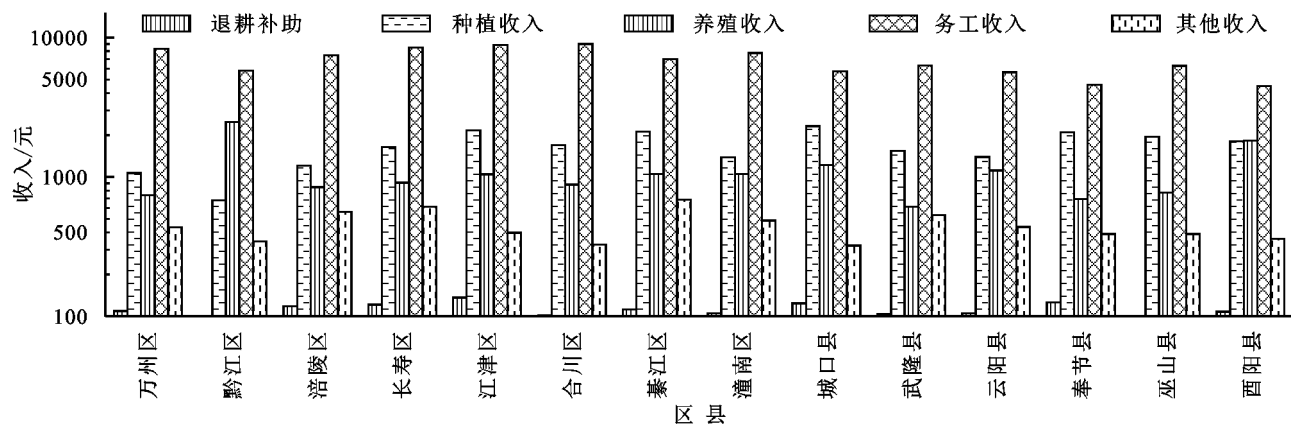


图 5 2015 年部分区县退耕户人均收入来源情况

3 讨论与结论

重庆市前一轮退耕还林以来,明显提高了植被覆盖率,这对生态环境恢复起到了非常大的作用。生态林在此次退耕还林中为主要林木类型,依次为经济林和还草。这表明在此轮退耕还林中改善生态环境是重点方向。但经济林生长势整体上要好于生态林。同时,乔灌木中经济林的覆盖度整体上也高于生态林。由于经济林可以给农民带来经济效益,故农户在经济林的施肥、灌溉、合理密植等培育和管护方面做得更好。从 2000 年以来,退耕还林工程的实施对调节水量起到了积极作用,且随着林木不断的生长,其作用逐年增加,生态功能的发挥也将会越明显^[19]。同时,地表林木覆盖度增加,林木通过对降雨截留,降低雨水径流强度,缓解了土壤侵蚀。这对减少水土流失等环境问题具有重要意义。土壤质量状况也得到了有效改善,主要原因还是林木覆盖度的提高,使得枯枝落叶、地表灌木等植被凋落物更多进入土壤,并通过根系微生物等分解作用成为土壤养分。研究表明,退耕还林工程在固碳释氧、净化大气方面也具有促进作用。这与以往学者研究结果一致^[20-22]。森林作为生态系统重要的组成部分,发挥着重要的生态服务功能^[17]。这

构图中(图 5),务工收入均占到农户收入的主要部分,种植收入次之,退耕补助在所有收入里占到最低。退耕还林实施初期,农户收入有限,因而退耕农户对退耕补助的依赖性可能会比较高。但随着工程的实施,退耕农户对补助的依赖性逐渐减弱,退耕补助对农户收入的贡献率也逐渐降低。

退耕还林的实施,也改变了长期以来的传统耕种习惯,一定程度上减弱了农户对耕地的依赖性,有效调整了土地利用结构的不合理性。同时,这也改变了农村环境,吸引大批企业在农村发展农林产业、开发绿色食品、开展森林旅游、乡村旅游等。这些项目都会给当地居民提供大量就业岗位,退耕后农户的工资性收入得到较大涨幅,生活质量也不断提高。

说明退耕还林在生态恢复方面具有重要意义。

退耕还林工程实施后,虽然整体耕地面积减少,但粮食总产量并未呈下降趋势。主要原因是退耕还林改善了土地不合理利用现象,使得粮食产量提高。农林牧渔总产值也明显增长,但占生产总值比却呈逐年下降态势。这可能是退耕还林工程实施后,重庆市第二、三产业的发展更加迅速,其产值贡献率提高,使得农林牧渔总产值贡献率降低。林业产值虽低,但随着退耕还林工程的实施,其产值贡献率逐年增加。研究表明,在退耕农户人均收入结构中,务工收入均占到农户收入的主要部分。其主要原因是退耕还林工程解放了大量农村剩余劳动力,农民进城务工人口大量增加,使得务工成为主要收入来源。孟庆香等^[23]也研究表明,退耕后,农户投入土地耕作的时间明显减少,绝大多数家庭劳动力外出务工时间增加,劳动力转移人数增多。

退耕还林的实施对生态环境和当地经济兼具有促进作用,但相关部门还需进一步提高乔灌混交林的比例,并加强对生态林的管护。另外,采取有效措施来提高林业产值。同时,鉴于研究数据的有限,初步对研究区做了生态和经济效益的分析,依据此前诸多研究成果只选择了其中主导性指标加以分析。今后在对研究区退耕还林生态和经济效益进行深入分析

时,应充分考虑到各指标,从而更加全面、科学地分析研究区的生态和经济效益。

参考文献:

- [1] 宋富强.黄土高原退耕还林(草)综合效益评价指标体系研究[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2007.
- [2] 刘黎明,李蕾,赖敏.西部地区生态退耕的“效益问题”及其评价方法探讨[J].生态环境学报,2005,14(5):794-797.
- [3] 李忠峰,李学梅.重庆市气候因子变化及其与植被活动的相关性[J].山地学报,2014,32(6):717-724.
- [4] 张勃,王东,王桂钢,等.西南地区近 14 a 植被覆盖变化及其与气候因子的关系[J].长江流域资源与环境,2015,24(6):956-964.
- [5] 薛兰兰,王铁浩,徐卓,等.重庆市退耕还林工程社会效益研究[J].四川林业科技,2015,36(6):69-73.
- [6] 重庆市统计局.2014 年重庆市国民经济和社会发展统计公报[Z].重庆:重庆市统计局,2015.
- [7] 徐卓,刘访兵,汪进,等.重庆市前一轮退耕地还林综合效益评价报告(2000—2015 年)[R].重庆:重庆市林业科学研究院,2015.
- [8] 成六三,高晓东,陈小莉,等.黄土丘陵区榆林南部退耕还林(草)工程综合效益评价[J].西南林业大学学报,2016,36(4):88-96.
- [9] 陈晓光,李剑萍,韩颖娟,等.宁夏近 20 年来植被覆盖度及其与气温降水的关系[J].生态学杂志,2007,26(9):1375-1383.
- [10] 王耀宗.陕北黄土高原退耕还林还草工程生态效益评价[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [11] 贾晓娟,常庆瑞,薛阿亮,等.黄土高原丘陵沟壑区退耕还林生态效应评价[J].水土保持通报,2008,28(3):182-185.
- [12] 王引乾,孙保平,赵岩,等.黎平县退耕还林地草本层物种组成与多样性[J].山西农业科学,2011,39(8):846-849.
- [13] 许智超,张岩,刘宪春,等.半干旱黄土区退耕还林十年植被恢复变化分析:以陕西吴起县为例[J].生态环境学报,2011,20(1):91-96.
- [14] 李宗杰,杨彩红,马瑞,等.会宁县退耕还林还草工程实施后植被状况调查[J].水土保持通报,2014,34(1):214-219.
- [15] 杨亚娟,刘政鸿.陕北地区退耕还林十年植被恢复变化分析:以子长县为例[J].中国水土保持,2013(2):54-56.
- [16] Yang Z, Han H, Zhao Q. Soil erosion control degree of the project of converting farmland to forest in mountainous areas at China's Southwest border: A case study in Mangshi, Yunnan Province[J]. Journal of Mountain Science, 2011,8(6):845-854.
- [17] 吴婕,李楠,陈智,等.深圳特区城市植被的固碳释氧效应[J].中山大学学报:自然科学版,2010,49(4):86-92.
- [18] 方精云,陈安平.中国森林植被碳库的动态变化及其意义[J].植物学报,2001,43(9):967-973.
- [19] 钟晓娟,赵岩,孙保平,等.盐池县退耕还林生态效益评价[J].中国水土保持,2010(9):34-38.
- [20] 谢红霞,任志远,李锐.陕北黄土高原土地利用/土地覆被变化中植被固碳释氧功能价值变化[J].生态学杂志,2007,26(3):319-322.
- [21] 马新辉,孙根年,任志远.西安市植被净化大气物质量的测定及其价值评价[J].干旱区资源与环境,2002,16(4):83-86.
- [22] 范建忠,李登科,周辉.陕西省退耕还林固碳释氧价值分析[J].生态学杂志,2013,32(4):874-881.
- [23] 孟庆香,武斌,贺鹏飞,等.陕北地区退耕还林草工程社会经济效益分析:以志丹县和子洲县为例[J].水土保持通报,2009(4):159-163.

(上接第 352 页)

- [10] 姚永慧,张百平,周成虎.贵州森林的空间格局及组成结构[J].地理学报,2003,58(1):126-132.
- [11] 颜蒙蒙,王济,胡丰青,等.贵阳郊区菜地土壤重金属 Zn,Cd,Pb,Cu 污染及潜在生态危害评价[J].四川大学学报,2016,34(3):336-341,380.
- [12] 张家春,曾宪平,张珍明,等.不同功能区土壤—钩藤系统重金属累计特征及评价[J].中国中药杂志,2016,41(20):3746-3752.
- [13] 吴先亮,黄先飞,李朝婵,等.黔西煤矿区土壤重金属污染水平及其形态[J].水土保持研究,2018,25(6):335-341.
- [14] 赵志南,严冬,何群华,等. ICP—MS 测定《全国土壤污染状况详查》项目中 14 种元素[J].环境化学,2017,36(2):448-452.
- [15] 卢少勇,焦伟,金相灿,等.滇池内湖滨带沉积物中重金属形态分析[J].中国环境科学,2010,30(4):487-492.
- [16] 郭笑笑,刘丛强,朱兆洲,等.土壤重金属污染评价方法[J].生态学杂志,2011,30(5):889-896.
- [17] 冯艳红,郑丽萍,应蓉蓉,等.黔西北炼锌矿区土壤重金属形态分析及风险评价[J].生态与农村环境学报,2017,33(2):142-149.
- [18] 何勇田,熊先哲.复合污染研究进展[J].环境科学,1994,15(6):79-83.
- [19] 王铁宇,吕永龙,罗维,等.北京官厅水库周边土壤重金属与农药残留及风险分析[J].生态与农村环境学报,2006,22(4):57-61.
- [20] 钟晓兰,周生路,李江涛,等.长江三角洲地区土壤重金属生物有效性的研究:以江苏昆山市为例[J].土壤学报,2008,45(2):240-248.