

文章编号: 1008 - 2786 - (2014) 1 - 38 - 08

近 20 a 广西石漠化区植被覆盖度与气候变化 和农村经济发展的耦合关系

马 华¹ 王云琦^{1*} 王 力² 王益坤³

(1. 北京林业大学 水土保持学院 北京 100083; 2. 广西壮族自治区桂林市平乐镇林业工作站 广西 桂林 542400;
3. 广西壮族自治区桂林市平乐县林业局 广西 桂林 542400)

摘 要: 通过研究广西石漠化区农村经济社会因素、生态政策、气候变化对石漠化治理恢复进程的影响,得出影响植被变化的主要和次要因素及其对植被变化的贡献率,选取了反映植被盖度的 NDVI 值,以及与石漠化地区植被覆盖度有关的 9 个因子:农村人口、粮食产量、农村人均纯收入、牲畜量、耕地面积、森林封禁面积、造林面积、年均温度、年均降水量。基于 1991—2010 年中国统计年鉴资料,以相关性分析和主成分分析法对植被覆盖度的变化进行了分阶段的分析,得出各主成分的贡献率。另外,对广西的气候变化、石漠化状况以及农村经济状况进行了分析。结果表明:1. 农村经济社会、生态政策等人为因素是石漠化发展、逆转的主要影响因子,气候变化则是次要影响因子。2005—2010 年,人为活动、气候变化对石漠化的影响贡献率分别为 64.115%、23.355%。2. 近 20 a 广西气候呈干暖化趋势,石漠化面积减少显著,但仍存在较大面积的潜在石漠化土地。农村纯收入虽逐年增加但处于全国较低水平。由此可知,虽然人为活动与气候因素共同作用影响着石漠化地区植被变化,但目前广西石漠化地区植被变化受农村人口活跃程度、农村经济生产活动以及生态政策的实施力度影响很大。

关键词: 石漠化地区; 植被变化; 气候变化; 农村经济发展; 主成分

中图分类号: P931.5 X144

文献标志码: A

喀斯特石漠化是土地荒漠化的主要类型。在湿润、亚湿润气候环境和喀斯特环境的基础上,受人类社会经济活动的干扰破坏和气候变化因素的叠加影响,造成植被减少,水土流失状况严重,基岩大面积裸露,土地生产力丧失,形成类似石质荒漠的景观^[1-2]。我国石漠化主要发生在西南地区,包括黔、滇、桂、湘、鄂、渝、川和粤 8 省(区、市),国土面积 $107.1 \times 10^4 \text{ km}^2$,喀斯特面积 $45.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。广西作为石漠化地区的典型代表之一,高温多雨,易旱易涝,山高坡陡,石多土层薄,植被覆盖度低,地表水缺

乏,生态脆弱,土地质量差。石漠化不仅仅是单纯的生态问题,还是复杂的经济社会问题,主要表现为石漠化地区经济落后,人口压力增加,土地资源的不合理利用,土地生产力退化严重,耕地面积减少,人地矛盾十分尖锐^[3-4]。石漠化土地的存在不仅不利于维系生态稳定和人类的生存发展,还会引发洪涝、滑坡、泥石流等次生地质灾害,威胁到居民的生命财产安全。为了实现人类与自然可持续发展,应加强对石漠化生态退化影响因子的研究,因地制宜的提出治理措施。

收稿日期(Received date): 2013 - 05 - 03; 改回日期(Accepted): 2013 - 06 - 14。

基金项目(Foundation item): 国家林业公益性行业科研专项“天然林保护等林业工程生态效益评价研究”(201304308)。[This project was funded by the nonprofit scientific foundation of national forestry: the ecological benefits evaluation of forestry engineering (201304308) .]

作者简介(Biography): 马华(1987 -), 女, 壮族, 广西南宁人, 北京林业大学在读硕士, 主要从事生态修复、水土保持研究。[Ma Hua (1987 -), female, graduate student in Beijing Forestry University, specialized on ecological recovery, soil and water conservation.] E - mail: huama.1019@gmail.com

* 通信作者(Corresponding author): 王云琦(1979 -), 女, 博士, 北京林业大学水土保持学院副教授, 主要从事水土保持研究。[Wang Yunqi (1979 -), female, Ph D, associate professor of college of soil and water conservation in Beijing Forestry University, specialized on soil and water conservation.] E - mail: wangyunqi@bjfu.edu.cn

现阶段,国内对广西石漠化的研究主要集中在自然科学领域,包括有石漠化的成因及危害^[5-6],石漠化人为影响因子分析^[7],石漠化地区生态环境评价^[8-9],石漠化治理模式和效果等^[4,10-11]。石漠化的治理仅靠封山育林、人工造林修复是不够的,气候变暖的趋势以及农村经济发展模式的转变,都会对石漠化地区的生态环境和居民生活产生影响。因此,影响石漠化治理效果的因素复杂多变。为揭示石漠化治理的复杂性,以广西为例,以农村经济发展水平、气候变化、植被覆盖度为参考,分析了影响石漠化地区植被变化的多种因素,量化人为活动因素和自然因素对石漠化的影响程度,分析农村经济、气候、石漠化的现状,旨在得出当前石漠化治理所面临的限制因素,为因地制宜地制定合理的石漠化治理方式提供科学依据。

1 研究区概况及研究方法

1.1 研究区概况

广西壮族自治区(以下简称广西)地处华南沿海,位于 $104^{\circ}26' \sim 112^{\circ}04'E$, $20^{\circ}54' \sim 26^{\circ}24'N$,属亚热带季风气候区,气候温暖,热量丰富,年均温 $17 \sim 22^{\circ}C$,气温由北向南递增。广西是全国降水量最丰富的地区之一,大部分地区年均降水量为 $1\,250 \sim 2\,000\text{ mm}$;由于受冬、夏季风的交替影响,降水量的季节变化不均,干湿季分明;4—9月为雨季,降水量占全年降水量的 $70\% \sim 85\%$,容易发生洪涝灾害;10月—次年3月为旱季,降水量仅占年降水量的 $15\% \sim 30\%$,干旱少雨。广西各地 $\geq 10^{\circ}C$ 积温为 $5\,000 \sim 8\,000^{\circ}C$,是全国最高积温省区之一。广西气象灾害相当频繁,经常受到干旱、洪涝、低温冷害、大风、冰雹和热带风暴的危害,其中以旱涝最为突出。

广西行政区划上辖14个市109个县(市、区),土地总面积 $2\,367 \times 10^4\text{ km}^2$,约占全国土地面积的 2.5% 。广西喀斯特地貌发育,范围涉及河池市、百色市、桂林市、崇左市、南宁市、来宾市、柳州市、贺州市、贵港市、梧州市10个市76个县(市、区),喀斯特区域土地总面积 $832.25 \times 10^4\text{ km}^2$,占土地总面积的 46.6% ^[12]。由于对土地不合理开发利用,喀斯特区石漠化现象十分普遍,石漠化土地面积 $237.9 \times 10^4\text{ km}^2$,占喀斯特土地面积的 28.6% ,潜在石漠化土地 $186.7 \times 10^4\text{ km}^2$,占喀斯特土地面积的 22.4% 。喀斯特石漠化地区的生态环境具有巨大的

脆弱性和不稳定性,表现为旱涝灾害,水土流失与滑坡等自然灾害频繁发生。石漠化问题严重制约了社会经济的可持续发展,因此,研究影响石漠化治理的自然因素和人为活动因素,不仅能为生态环境恢复工作指引方向,同时能改善喀斯特区生态状况和当地群众的生产生活条件,维护居民生命财产,实现经济社会可持续发展。

1.2 数据来源

地表植被的退化与丧失是石漠化过程中最为直观和敏感的现象,因此需要选取能够反映植被状况的指标。在卫星遥感数据中,归一化植被指数(Normalized - difference Vegetation Index, NDVI)是表示植被覆盖状况的主要指数,用于生成显示植被量的影像。它可以在时间和空间上连续的反映出某个地区植被的生长状况和空间分布情况,在区域尺度下这些数据资源较容易获取^[13-14]。NDVI定义为近红外波段和可见光波段之差与两波段之和的比值,数值越大,植被覆盖度越大。本研究所采用的NDVI数据来源于1991—2006年的AVHRR GIMMS NDVI数据集和2000年至2010年的MODIS NDVI数据集。其中,AVHRR GIMMS NDVI数据来源于NOAA系列环境卫星,空间分辨率为 8 km ,为半月最大值合成NDVI数据,即将每个像元15 d NDVI最大值用最大值合成法(MVC)对每月的NDVI进行处理,这样可以减小大气、云层对数据的影响。MODIS NDVI数据来自美国地球观测系统(EOS),为月合成数据,空间分辨率为 500 m 。

查阅1991—2010年中国统计年鉴、中国林业统计年鉴等相关年鉴,将与广西植被覆盖度有关的因素进行汇总。一共选取9个因子:农村人口、粮食产量、农村人均纯收入、牲畜量、耕地面积、森林封禁面积、造林面积、年均温度、年均降水量,其中,前5个属于农村社会经济因素;森林封禁面积和造林面积属于生态政策因素,最后2个属于气候因素。

1.3 研究方法

1.3.1 2007—2010年GIMMS NDVI插补数据获取

由于GIMMS NDVI与MODIS NDVI的获取途径、空间分辨率有所不同,需要利用两种数据集重合时间段(2000—2006年)的最大NDVI值建立逐个像素的一元线性回归模型。通过回归模型,重采样获取的 8 km 空间分辨率MODIS年最大NDVI数据对GIMMS NDVI数据进行插补,从而得到整合后1991—2010年NDVI数据。

1.3.2 相关性分析和主成分分析

影响石漠化治理的因素错综复杂,考虑到气候变化、人口变化、经济发展、造林政策变化等因素,根据主成分分析的要求及现有年鉴资料采用分阶段分析的方法,对石漠化变化进行影响因素分析。将植被覆盖度变化划分为 1991—1994 年、1995—2000 年、2001—2004 年、2005—2010 年 4 个阶段(图 1),利用 SPSS 20.0 软件对样本进行相关性分析和主成分分析,分析各阶段气象因素、农村经济社会因素、生态政策对植被盖度变化的影响特点,得出相关性系数、主成分因子载荷、贡献率和累计贡献率。同时对广西气候状况、石漠化面积状况、农村人均纯收入的变化进行了分析。

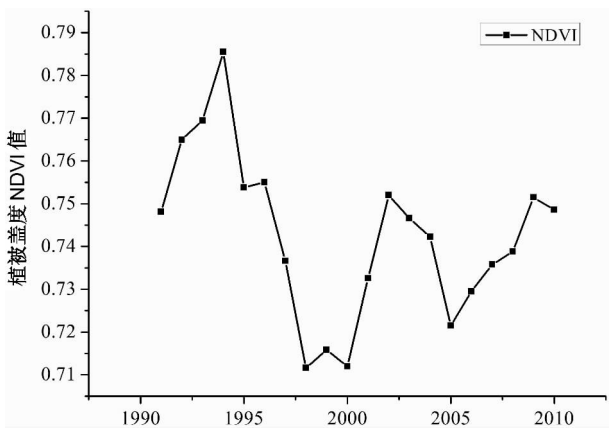


图 1 1991—2010 年广西植被盖度 NDVI 值变化图
Fig. 1 Variation of NDVI of Guangxi from 1991 to 2010

2 结果与分析

2.1 石漠化影响因子

2.1.1 第一阶段(1991—1994 年)

本阶段是森林封育为主,植被盖度逐年增加。通过分析 NDVI 值与气候、农村经济社会因子的相关性(表 1),可知 NDVI 值与农村人口、耕地面积呈显著负相关,与农村纯收入、牲畜量、森林封禁面积、

造林面积、年均降水量呈正相关关系,与年均温度相关性不显著。

由表 1 可见,前 2 个主成分的累计贡献率达 96.644%,表明这 2 个主成分已经基本包括了指标的具体信息。按照主成分因子选取原则在此只考虑前 2 个主因子的效应。通过旋转后的主成分载荷矩阵分析得出,第一主成分中,主要由农村人口、农村纯收入、牲畜量、耕地面积、森林封禁面积、造林面积和年均降水量决定,说明农村社会经济因素和生态政策对石漠化的影响显著,这与相关性分析结果一致。第二主成分的影响因子包括粮食产量和年均气温,气象因子的载荷较高,说明其主要由气候所决定。此阶段,第一二主成分的贡献率分别为 72.289%、24.354%,表明第一主成分最重要。由此可见,人为活动因素是影响植被恢复的主要因素。

2.1.2 第二阶段(1995—2000 年)

植被盖度 NDVI 值呈下降趋势,植被出现退化,出现了 NDVI 值与农村纯收入、牲畜量、耕地面积、年均温度呈负相关的结果(表 2)。牛羊数量增加后,除了觅食植物外,牲畜还具有很强的践踏能力,易对植物造成伤害,甚至死亡。1996 年和 1998 年出现了 20 a 内的低温和高温天气,寒冷冻害和高温不利于植物的生长。

由表 2 可见,前 3 个主成分的累计贡献率达 92.278%,表明这 3 个主成分已经基本包括了指标的具体信息。通过旋转后的主成分载荷矩阵分析得出第一主成分的影响因子包括农村人口、粮食产量、农村纯收入、森林封禁面积和造林面积,说明这一阶段农村人口、经济状况和造林政策起决定作用。第二主成分的影响因子为耕地面积,第三主成分的影响因子为牲畜量,表明农村生产资料对植被盖度的变化起到一定的作用。此阶段,气候因子较上一阶段对植被盖度变化的影响程度有所减小,说明人为活动对植被的扰动远远大于气候变化所带来的影响。

表 1 NDVI 值相关性分析、主成分因子负荷和贡献率(1991—1994 年)

Table 1 The analysis of correlation, principal component loading and contribution (1991—1994)

相关性与主成分	农村人口	粮食产量	农村纯收入	牲畜量	耕地面积	森林封禁面积	造林面积	年均温度	年均降水量	方差贡献	贡献率 /%	累计贡献率 /%
NDVI 相关性	-0.913	-0.301	0.948	0.972	-0.935	0.785	0.858	-0.045	0.910	—	—	—
第一主成分	-0.971	-0.232	0.975	0.996	-0.996	0.941	0.814	0.012	0.985	6.506	72.289	72.289
第二主成分	0.239	0.929	-0.207	-0.036	0.083	0.017	0.523	-0.989	-0.157	2.192	24.354	96.644

表 2 NDVI 值相关性分析、主成分因子负荷和贡献率(1995—2000 年)

Table 2 The analysis of correlation ,principal component loading and contribution (1995—2000)

相关性 主成分	农村人口	粮食产量	农村纯 收入	牲畜量	耕地面积	森林封禁 面积	造林面积	年均温度	年均降 水量	方差贡献	贡献率 /%	累计贡献 率/%
NDVI 相关性	0.856	-0.758	-0.825	-0.512	-0.457	0.790	0.930	-0.706	0.130	—	—	—
第一主成分	-0.922	0.885	0.987	0.147	0.201	-0.883	-0.928	0.760	0.256	5.024	55.826	55.826
第二主成分	0.365	0.350	0.029	-0.226	-0.929	-0.096	0.312	0.492	0.747	2.275	25.275	81.101
第三主成分	0.072	0.248	-0.059	0.935	0.121	-0.064	-0.101	0.286	-0.467	1.006	11.177	92.278

2.1.3 第三阶段(2001—2004 年)

由表 3 可见 ,前 3 个主成分的累计贡献率达 94.887% ,表明这 2 个主成分已经基本包括了指标的具体信息。通过旋转后的主成分载荷矩阵分析得出 ,在第一主成分中 ,农村人口、粮食产量、农村人均纯收入、牲畜量、耕地面积、森林封禁面积、年均降水量的载荷很高 ,说明第一主成分主要由农村社会经济因素和封禁政策所决定。在第二主成分中 ,造林面积、年均气温的载荷很高 ,说明其主要由造林政策和气候因素所决定。此阶段 ,第一主成分的贡献率达到 74.185% ,说明在这一阶段影响因子多而复杂 ,但第一主成分的作用越来越显著。

2.1.4 第四阶段(2005—2010 年)

此阶段 广西加强了石漠化治理 ,植被盖度有所增加。本阶段由于石漠化政策的实施 ,对石漠化地区的恢复有显著影响。由表 4 可见 ,前 3 个主成分的累计贡献率达 95.917% ,表明这 3 个主成分已经

基本包括了指标的具体信息。其余因子所解释的方差贡献率除了第四个主成分是 4.083% 外 ,均为 0 ,说明在这个阶段除前 4 个因子外 ,其余因子对植被盖度的变化基本无影响 ,按照主成分因子选取的原则只讨论前 3 个主成分的影响。通过旋转后的主成分载荷矩阵分析得出农村人口、农村人均纯收入、耕地面积、森林封禁面积、造林面积共同构成第一主成分 ,贡献率为 64.115% ,第二主成分的影响因子包括年均气温和年均降水量 ,第三主成分的影响因子为粮食产量。此阶段第一主成分的作用虽然较第三阶段略有下降 ,但是农村经济社会状况及生态政策构成了第一主成分的影响因子 ,气象因素构成了第二主成分的影响因子 ,两类因素区分明显。

2.2 气候状况

自然因素是石漠化形成的基础条件。喀斯特区丰富的碳酸盐岩具有易淋溶、成土慢的特点 ,是石漠化形成的物质基础。广西雨水丰沛而集中 ,加上高温

表 3 NDVI 值相关性分析、主成分因子负荷和贡献率(2001—2004 年)

Table 3 The analysis of correlation ,principal component loading and contribution (2001—2004)

相关性 主成分	农村人口	粮食产量	农村纯 收入	牲畜量	耕地面积	森林封禁 面积	造林面积	年均温度	年均降 水量	方差贡献	贡献率 /%	累计贡献 率/%
NDVI 相关性	0.116	-0.171	0.148	0.079	-0.372	-0.208	0.688	0.912	0.001	—	—	—
第一主成分	-0.806	0.974	-0.980	0.982	0.859	0.962	-0.242	-0.030	0.807	6.677	74.185	74.185
第二主成分	0.495	-0.119	0.120	0.148	-0.509	-0.254	0.970	0.951	-0.420	1.863	20.703	94.887

表 4 NDVI 值相关性分析、主成分因子负荷和贡献率(2005—2010 年)

Table 4 The analysis of correlation ,principal component loading and contribution (2005—2010)

相关性 主成分	农村人口	粮食产量	农村纯 收入	牲畜量	耕地面积	森林封禁 面积	造林面积	年均温度	年均降 水量	方差贡献	贡献率 /%	累计贡献 率/%
NDVI 相关性	-0.973	-0.302	0.946	-0.759	0.816	-0.900	0.861	0.331	0.056	—	—	—
第一主成分	-0.981	-0.249	0.961	-0.796	0.879	-0.901	0.943	0.159	0.088	5.770	64.115	64.115
第二主成分	-0.024	0.212	-0.107	-0.068	0.043	0.063	0.266	0.956	-0.933	2.102	23.355	87.471
第三主成分	0.140	0.924	-0.093	0.545	-0.403	0.418	-0.025	-0.064	-0.316	0.760	8.446	95.917

天气,加速了碳酸盐岩的溶蚀,形成溶洞、落水洞、地下河等地下结构,导致地表土壤易被冲蚀,地表水下渗,土壤蓄水保水能力差,易形成季节性干旱,为石漠化形成提供了侵蚀动力和溶蚀条件。由图2可以看出,近10 a,广西年均气温在 $19^{\circ}\text{C} \sim 20.7^{\circ}\text{C}$,呈上升的趋势;年均降水量在 $1\,000 \sim 1\,800\text{ mm}$,呈下降趋势。干暖化的趋势,对土地石漠化的发展产生了一定的抑制作用。

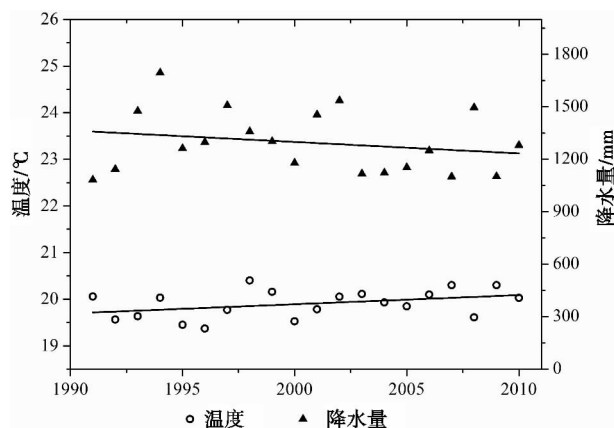


图2 1991—2010年广西年均降水量、年均温度变化图

Fig. 2 Variation of annual precipitation and temperature of Guangxi from 1991 to 2010

2.3 石漠化状况

截止2011年底,中国喀斯特区石漠化土地面积为 $1\,200.2 \times 10^4\text{ hm}^2$,占喀斯特土地面积的26.5%,占区域国土面积的11.2%。潜在石漠化土地面积为 $1\,331.8 \times 10^4\text{ hm}^2$,占喀斯特土地面积的29.4%,占区域国土面积的12.4%,涉及湖北、湖南、广东、广西、重庆、四川、贵州和云南8个省(区、市)。由图3可知,广西的石漠化面积和潜在石漠化面积在8个省(区、市)中均排第三。不仅广西的自然气候条件是石漠化形成的基础,其地理状况也为石漠化的发展提供了条件。广西土壤以石灰土为主,土层疏松,抗侵蚀能力差,没有植被覆盖的土壤遇到降雨时,极易被冲刷,发生侵蚀。随着土壤物质沿坡面流失,土层逐渐变薄,营养物质丧失,基岩裸露,形成难以利用的石漠化土地。裸岩面积增加、地表植被的退化和丧失是石漠化过程最为直接的现象^[2,15]。广西石漠化地区河流纵横,降水量丰富,但是地下河、溶洞、落水洞分布广泛,大气降水迅速转入地下,导致地表水缺乏,居民用水困难^[16]。通过第二次石漠化监测结果显示,与2005年相比,广西石漠化土地

面积减少了 45.3 hm^2 ,为8省(区、市)中减少最多的^[17]。由此可见,随着石漠化治理政策的提出和实施,广西石漠化地区生态状况正在向良性方向发展。

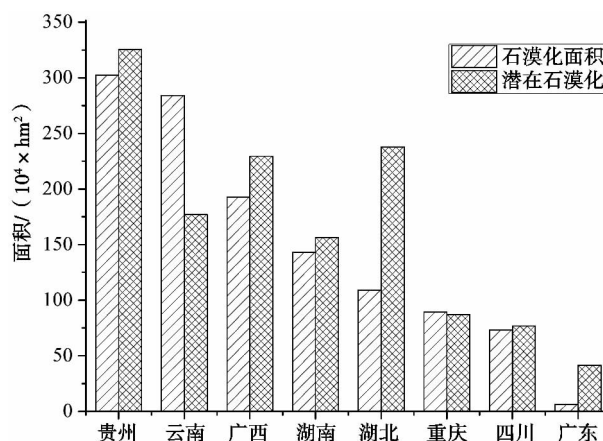


图3 2011年8省(区、市)石漠化面积和潜在石漠化面积

Fig. 3 Areas of karst desertification and potential Karst desertification of eight provinces in 2011

2.4 农村经济状况

广西石漠化地区大部分都是贫困县,因石山区交通不便,资源缺乏,土地生产力低,大多生活在这里的居民生活困难,整个西南喀斯特贫困人口占全国贫困人口的44.4%^[4]。由图4可以看出,广西农民人均纯收入低于全国水平,仅比贵州、云南高。为了生存,这里的居民通过砍伐、开垦、放牧、采矿、旅游开发等方式干扰和破坏原本脆弱的生态环境。人类活动频繁,破坏自然环境的程度加剧,石漠化的进程就增强,土地生产力降低,不利于农业、林业的发展。因此,广西石漠化问题将面临生态退化、经济落后的双重危机。

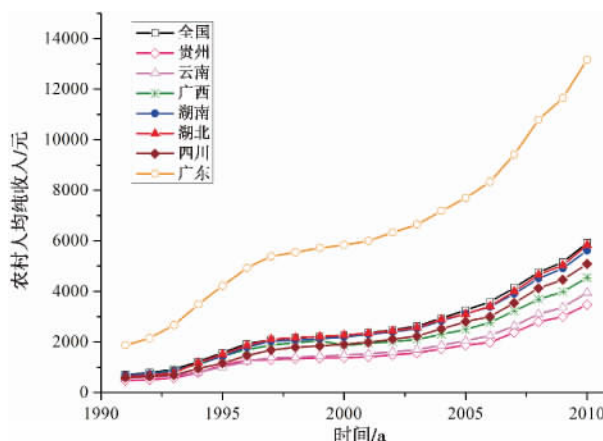


图4 1991—2010年全国及7省(区)农村人均纯收入变化图

Fig. 4 Variation of rural net income of China and seven provinces from 1991 to 2010

3 讨论

3.1 气候因素作用

由4个阶段的主成分贡献率可以总结得出:气候因素对植被盖度的变化起到了次要影响作用。气候因素为石漠化的发展或逆转提供了基础条件。在多雨高温期,区域降雨以阵雨或者暴雨为主,土壤水力侵蚀加剧,水土流失量增加,为石漠化的发展提供了水热条件;在干旱期,土壤干燥易干裂,植被覆盖度降低,易加速石漠化的发育程度^[18-19]。近20年来,广西气候干暖化的趋势虽有利于抑制石漠化的发展,但不利于植物的生长。因此,在石漠化治理的过程中应结合气象资料,根据地区气象变化特点,选择适宜生长的耐贫瘠岩生性灌草,提高植被的成活率,从而增加植被覆盖度,防止石漠化程度加剧。

3.2 人口因素作用

1991—2010年期间,广西乡村人口数量呈先减少后增加,再减少的趋势。由4个阶段的主成分贡献率分析可以看出,农村人口均处于第一主成分中,农村人口的变化直接影响着植被覆盖度。石漠化地区的生态系统具有天生的脆弱性、不稳定性,对干扰的反应迅速而且强烈。加上可利用土地紧缺、乡村人口的激增,导致人们通过火烧、开垦、樵采、放牧等人为方式毁林开荒,掠夺土地资源,使得植被逐渐消失,森林生态环境恶化,人为的加剧石漠化程度^[11]。广西从20世纪90年代开始,在石漠化程度严重、人均耕地不足 0.02 hm^2 的贫困地区试点开展生态移民工作,发展林-草-畜-沼一体的复合生态系统体系^[6]。通过推进农村城镇化建设,积极引导农村剩余劳动力输出等措施,降低了农村人口对土地的承载力,为生态系统的自我修复创造条件,并加强农田基本建设,提高生产力,提高当地粮食产量。随着居民环境意识的提高,利国利民的环境政策的提出和不断完善,严厉制止了破坏森林和乱占耕地的行为,动员各方面的力量,改变传统粗放型的耕作和生活模式,把新科技、新能源应用到实际生产生活中。同时,在陡坡荒地补植灌草类植物,增加植被覆盖度。乡村人口又转变为治理石漠化的有生力量。

3.3 造林封禁政策的作用

分析结果显示,森林封禁和造林政策与植被盖度变化关系显著,对植被保护发挥着主导作用。林业生态建设在1990年前为森林保护阶段,这一阶段

在大力封山育林、植树造林的同时,制定了森林保护政策,提倡“以封山育林为主,造林补植、改燃节柴为辅”的原则,加快植被恢复。所以在1991年到1995年期间,实施封山育林,充分发挥石漠化地区植被的自然修复能力,对石漠化起到了一定程度的抑制作用。不同退化程度的石漠化生态系统应采取不同的治理措施,人工造林和自然恢复相结合^[20]。1999年以来,国家实施多项石漠化治理工程,特别是黔滇桂喀斯特区石漠化综合治理工程,增加科技投入,因地制宜进行石漠化治理,增加对林草植被保护的投入。通过积极开展人工造林,在石缝中种植易生长的本土树种,如任豆、竹子等,不仅增加了森林植被覆盖率,减少水土流失,控制石漠化的发展,而且改善了农村生产、生活条件,促进产业增收,增加了经济收入。2004年8月,国家发改委颁布了《关于进一步做好西南石山地区石漠化综合治理工作指导意见的通知》,提出了石漠化综合治理的五大工程措施,即生态修复工程、基本农田建设工程、喀斯特水开发利用工程、农村能源工程及生态移民工程^[21]。2008年,国务院批复了《喀斯特区石漠化综合治理规划大纲》,通过不懈的努力,全区石漠化重点治理区域水土流失和石漠化发展趋势得到了有效的遏制,植被覆盖度有所提高,森林生态情况得到改善。

3.4 经济社会发展作用

石漠化不仅影响农、林、牧多种经济,更为严重的是影响社会经济的可持续发展。石漠化地区大部分都是贫困县,使脱贫的难度加大。大部分石漠化地区只能在石缝中种玉米等旱地作物,广种薄收,只能维持基本的生活需求^[22]。近20年来,广西农村纯收入逐年增加,但与其他石漠化省份相比,还处于落后位置,而且在4个阶段的主成分贡献率分析中,农村纯收入均处于第一主成分因子中,可见其对植被覆盖度的变化产生了显著的影响。贫困是导致生态退化的根源,需要以生态效益和脱贫为主,通过人口政策、土地利用政策、生态保护政策等干预、引导农民的生产生活和生态治理。如桂北平乐县被列为全国首批(2008—2010年)石漠化综合治理试点县之一。为遏制石漠化的进一步恶化,改善恶劣生态环境状况,促进喀斯特区社会经济建设和发展,平乐县采取一系列的生产技术措施对一定范围内的石漠化进行了治理。截止到2010年底,平乐县完成林业类工程:封山育林育草 $8\,573.1\text{ hm}^2$,经济林果种植

122 hm², 封山管护 2 578.5 hm², 宜林地造林 54.7 hm²; 农业类工程: 河堤整治 3 009.5 m, 建设排灌沟渠 23 491.5 m、田间道 26 670.2 m、排涝渠 2 500 m、农田防护堤 1 700 m, 培肥沃土 27.8 hm²。水利方面, 修建提水站 7 处、引水渠 13 800 m, 小山塘 4 座、拦沙坝 8 座、机井 8 口、人饮工程 2 处。通过林业, 农村能源、水土保持等工程的治理, 工程治理区的石漠化得到了初步遏制, 喀斯特区植被等到了一定的恢复, 严重恶化的生态环境得到了一定的改善, 减缓了水井涸竭状况, 溪河有了潺潺流水, 目前乔木树种茁壮生长, 一些经济林已有收获, 石漠化治理已初步显现出了可喜的成效。

4 结 论

近 20 年来, 影响广西植被变化的因素不是单一的人为影响或者气候变化, 而是由气候、人为活动、经济发展、生态政策等因素共同构成的。人为因素包括人口、农村经济发展水平、生态政策对植被盖度变化的高贡献率表明, 贫困和人类利用是石漠化发展的根源。因此, 石漠化地区应合理协调土地利用, 改变落后的耕作方式, 发展优势产业, 增加农民的收入。通过生态政策治理和恢复石漠化地区的生态环境, 强化封山育林育草, 增加植被覆盖度, 减少土壤侵蚀。受全球气候变暖的影响, 干旱、冰冻等自然灾害发生频率增加, 植被易受到伤害。因此, 治理石漠化必须充分估计气候的变化, 以自然修复与人工修复相结合的方式, 选用抗性较强, 易生长的乡土物种。由于人为因素对植被覆盖度的贡献率显著, 极易产生对生态资源的破坏现象, 边治理边破坏的现象还是存在, 易造成石漠化的逆转。改变原本粗放型的农村经济模式, 合理利用石漠化地区有限的水土资源, 结合生态经济模式, 进一步调整农村产业结构, 提高石漠化山区农民的经济收入, 缓解土地压力, 实现广西石漠化地区生态系统良性发展与人类可持续发展双赢的局面。

参考文献(References)

- [1] Xiong Pingsheng, Yuan Daoxian, Xie Shiyu. Progress of research on rocky desertification in South China Karst Mountain [J]. *Carsologia Sinica* 2010 29(4): 355 - 362 [熊平生, 袁道先, 谢世友. 我国南方喀斯特山区石漠化基本问题研究进展[J]. *中国岩溶*, 2010 29(4): 355 - 362]
- [2] Li Sen, Wei Xinghu, Huang Jinguo, et al. Cause and processes of rocky desertification lands in Karst areas of south China [J]. *Journal of desert research* 2007 27(6): 918 - 926 [李森, 魏兴琥, 黄金国, 等. 中国南方喀斯特区土地石漠化的成因与过程[J]. *中国沙漠* 2007 27(6): 918 - 926]
- [3] Zhang Xiaonan, Wang Kelin, Zhang Wei, et al. The quantitative assessment of eco - environment vulnerability in Karst regions of Northwest Guangxi [J]. *Acta Ecologica Sinica* 2009 29(2): 749 - 757 [张笑楠, 王克林, 张伟, 等. 桂西北喀斯特区域生态环境脆弱性[J]. *生态学报* 2009 29(2): 749 - 757]
- [4] Peng Wanxia, Wang Ke - Lin, Song Tongqing, et al. Controlling and restoration models of complex degradation of vulnerable Karst ecosystem [J]. *Acta Ecologica Sinica* 2008 28(2): 811 - 820 [彭晚霞, 王克林, 宋同清, 等. 喀斯特脆弱生态系统复合退化控制与重建模式[J]. *生态学报* 2008 28(2): 811 - 820]
- [5] He Qingtang, Lu Peiling. Rocky desertification and its preventive strategies in Karst regions of China [J]. *Journal of Beijing Forestry University* 2006 28: 117 - 120 [贺庆棠, 陆佩玲. 中国喀斯特山地石漠化问题与对策研究[J]. *北京林业大学学报* 2006 28: 117 - 120]
- [6] Qin Xiaoqun, Zhu Mingqiu, Jiang Zhongcheng. A review of recent advances in rocky desertification in southwest China Karst region [J]. *Carsologia Sinica* 2006 25(3): 234 - 238 [覃小群, 朱明秋, 蒋忠诚. 近年来我国西南喀斯特石漠化研究进展[J]. *中国岩溶* 2006 25(3): 234 - 238]
- [7] Hu Yecui, Fang Yudong, Jiang Wenya. Spatial correlation and interaction between rocky desertification and poverty in Karst mountainous area in Guangxi [J]. *Resources & Industries* 2009 11(5): 105 - 110 [胡业翠, 方玉东, 江文亚. 广西喀斯特石漠化与贫困化空间相关性及其互动效应研究[J]. *资源与产业* 2009 11(5): 105 - 110]
- [8] Zhang Mingyang, Wang Kelin, Liu Huiyu, et al. The characteristic of land changes in ecologically fragile Karst areas: a case study in Northwest Guangxi, China [J]. *Acta Ecologica Sinica* 2009 29(6): 3105 - 3116 [张明阳, 王克林, 刘会玉, 等. 喀斯特生态脆弱区桂西北土地变化特征[J]. *生态学报* 2009 29(6): 3105 - 3116]
- [9] Wu Yuming, Zhang Yan. Ecological security and resource utilization efficiency of Guangxi Province in Southwest Karst areas of China [J]. *Acta Ecologica Sinica* 2007 27(1): 242 - 249 [吴玉鸣, 张燕. 西南喀斯特区广西生态安全及资源利用效率[J]. *生态学报* 2007 27(1): 242 - 249]
- [10] Li Sen, Wei Xinghu, Zhang Suhong, et al. The processes of land rocky desertification in typical Karst mountain area: a case study in the Karst mountain area of North Guangdong [J]. *Acta Ecologica Sinica* 2010 30(3): 674 - 684 [李森, 魏兴琥, 张素红, 等. 典型喀斯特山区土地石漠化过程——以粤北喀斯特山区为例[J]. *生态学报* 2010 30(3): 674 - 684]
- [11] Yang Chuanming. A discussion on the remote sensing analysis of Karst stone desertization in Guangxi [J]. *Remote Sensing for Land & Resources* 2003 2(56): 34 - 36 [杨传明. 广西喀斯特石漠化变化规律及强弱程度遥感分析[J]. *国土资源遥感* 2003 2(56): 34 - 36]
- [12] Zhang Jing. Planning for comprehensive desertification control in Karst area of Guangxi Zhuang Autonomous Region [J]. *Practical science* 2008 25(9): 93 - 102 [张菁. 广西壮族自治区喀斯特区石漠化综合治理规划[J]. *草业科学* 2008 25(9): 93 - 102]
- [13] Wang Zongming, Guo Zhixing, Song Kaishan, et al. Responses of vegetation NDVI in Northeast China to climate change [J]. *Chinese Journal of Ecology* 2009 28(6): 1041 - 1048 [王宗明, 国志兴,

- 宋开山等. 中国东北地区植被 NDVI 对气候变化的响应[J]. 生态学杂志, 2009, 28(6): 1041–1048]
- [14] Sun Yanling, Yan Xiaodong, Xie Deti. Study on the relationship between vegetation and climate in China using factor analysis [J]. Mountain Research 2007, 25(1): 54–63 [孙艳玲, 延晓冬, 谢德体. 基于因子分析方法的中国植被 NDVI 与气候关系研究[J]. 山地学报 2007, 25(1): 54–63]
- [15] Liu Minghui, Wang Hongya, Cai Yunlong. General review of soil erosion in the karst area of southwest China [J]. Progress in geography 2007, 26(2): 87–96 [吕明辉, 王红亚, 蔡运龙. 西南喀斯特区土壤侵蚀研究综述[J]. 地理科学进展 2007, 26(2): 87–96]
- [16] Jin Xinfeng, Xia Riyuan, Chen Hong. Effective measures of soil and water resources conservation in rocky desertification area of southwest China [J]. Soil and Water Conservation China 2006, 12: 45–46 [金新锋, 夏日元, 陈宏. 西南喀斯特石漠化区水土资源保护的有效途径[J]. 中国水土保持 2006, 12: 45–46]
- [17] State Forestry Administration P. R. China. A bulletin of status quo of rocky desertification in China [OL/EB]. www.greentimes.com/green/news/lygk/content/2012-06/18content_193647.htm 2012.6. [国家林业局. 中国石漠化状况公报[OL/EB]. www.greentimes.com/green/news/lygk/content/2012-06/18content_193647.htm 2012.6.]
- [18] Liu Xiaofu, Pan Yingzi, Cao Xiaohong et al. Analysis of the impacts of drought on rocky desertification and the regional prevention of rocky desertification after drought [J]. Research of Environmental Sciences 2012, 25(8): 882–889 [刘孝富, 潘英姿, 曹晓红等. 旱灾对石漠化影响评估及灾后石漠化防治分区[J]. 环境科学研究 2012, 25(8): 882–889]
- [19] He Yongbin, Zhang Xinbao, Wen Anbang. Discussion on karst soil erosion mechanism in karst mountain area in southwest China [J]. Ecology and Environmental Sciences 2009, 18(6): 2393–2398 [何永彬, 张信宝, 文安邦. 西南喀斯特山地的土壤侵蚀研究探讨[J]. 生态环境学报 2009, 18(6): 2393–2398]
- [20] Ren Hai. A review on the studies of desertification process and restoration mechanism of karst rocky ecosystem [J]. Tropical geography 2005, 25(3): 195–200 [任海. 喀斯特山地生态系统石漠化过程及其恢复研究综述[J]. 热带地理 2005, 25(3): 195–200]
- [21] Yuan Daoxian. Global view on Karst rock desertification and integrating control measures and experiences of China [J]. Pratacultural science 2008, 25(9): 19–25 [袁道先. 喀斯特石漠化问题的全球视野和我国的治理对策与经验[J]. 草业科学 2008, 25(9): 19–25]
- [22] Liu Yansui, Deng Xusheng, Hu Yecui. Rocky land degradation and poverty alleviation strategy in Guangxi karst mountainous area [J]. Mountain Research 2006, 24(2): 228–233 [刘彦随, 邓旭升, 胡业翠. 广西喀斯特山区土地石漠化与扶贫开发探析[J]. 山地学报 2006, 24(2): 228–233]

Vegetation Cover and Climate Change and Rural Economic Development in Relations during Last 20 Years in Karst Region of Guangxi, China

MA Hua¹, WANG Yunqi¹, WANG Li², WANG Yikun³

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Forestry Station of Pingle Town, Guilin 542400, Guangxi, China; 3. Forestry Bureau of Pingle Country, Guilin 542400, Guangxi, China)

Abstract: In China, Guangxi is one of typical representatives in Karst desertification regions. The research were made to learn about the effects of the climate change, rural social economic factors and ecological policies on the processing of controlling Karst desertification, aiming to learn the major factors and secondary factors of vegetation recovery in Guangxi. Correlation analysis and principal component analysis (PCA) were used to analyze NDVI which indicate the change of Karst desertification and nine factors relating to vegetation cover of Karst desertification in Guangxi in four stages. The nine factors, including rural population, grain yield, rural net income, livestock, farm land area, forestry area, forbid, reforestation area, temperature and precipitation, have come from Guangxi statistics ranges from 1991 to 2010. The results showed that rural social economic factors and ecological policies were the main factors to controlling Karst desertification, climate factor were the secondary cause. In the period of 2005 to 2010, the contribution of them were 64.115%, 23.355%, respectively. During twenty years, the climate change tended to drying and warming, the area of Karst desertification in Guangxi decreased obviously, but the potential Karst desertification areas still exist. Therefore, the rural net income increased every year, it still stood in a low level. These indicated that human activity and climate change both take effects on the development and reverse of Karst desertification, but the vegetation change has been much influenced by rural population, rural productive activities and ecological policy.

Key words: karst desertification district; vegetation recovery; climate change; rural economic development; principal component analysis (PCA)