

杨廷锋, 吴显春, 尚海龙, 等. 贵州退耕还林以来土壤侵蚀的时空变化及与降水关系[J]. 中国岩溶, 2017, 36(4): 478-483.
DOI:10.11932/karst20170408

贵州退耕还林以来土壤侵蚀的时空变化及与降水关系

杨廷锋, 吴显春, 尚海龙, 贺祥

(凯里学院, 贵州 凯里 556011)

摘要:用变差系数作为衡量其变化幅度大小的指标,运用二元定序变量的 Spearman 相关分析方法,对贵州省 2000 年退耕还林以来的河流输沙量、输沙模数和泥沙含量的时空变化与降水量的关系进行了分析。结果表明:贵州省退耕还林以来,河流的输沙量、输沙模数与含沙量均呈减少的趋势,三者的年际变化幅度比较小,但是比其降水量的变化幅度大;从空间差异看,贵州长江流域多年的平均输沙量、输沙模数和河流含沙量比贵州珠江流域的大,而河流输沙量、输沙模数与含沙量的年际变化幅度则比贵州珠江流域的小;贵州的输沙量与降水量的 Spearman 相关系数为 0.897,关系密切,其回归统计方程模型为 $y=x^{1.223}$ 。

关键词:土壤侵蚀;变差系数;输沙模数;含沙量;降水量;贵州省

中图分类号:S157.1

文献标识码:A

文章编号:1001-4810(2017)04-0478-06

0 引言

土壤侵蚀是指在陆地表面,水力、风、冻融和重力等外力作用下,土壤、土壤母质及其他地面组成物质被破坏、剥蚀、转运和沉积的全部过程^[1]。贵州是西南喀斯特的中心,地处于长江和珠江的分水岭地区^[2],河流切割严重,地表崎岖破碎,降水丰富,加上人类活动的强烈影响,土壤侵蚀比较严重。土地是非常重要的资源,当土壤侵蚀强度超过母岩成土速度时,其生态系统将会遭受不可逆转的破坏^[3],将导致土地退化和生态环境问题。为此,从 1991 年开始,贵州省开展了以坡改梯为主要内容的基本农田建设,特别是 2000 年以来,中央对贵州投资实施退耕还林的重大林业生态工程,从 2012 年开始,贵州省自我启动退耕还林还草工程,据贵州省退耕还林工程管理中心报道,2000—2014 年底,累计完成退耕还林造林草 52.5 万 hm^2 。贵州局部地区水土流失有所好转,但整体还在恶化^[4]。贵州实施退耕还林草生态工程后

土壤侵蚀的时空状况如何?土地侵蚀受自然因素^[5-8]和人为因素^[9-10]的影响,而降水是最主要自然因素的动力因子之一^[11-12],退耕还林后,地面植被变化会改变降水的分配形式,进而影响到土壤侵蚀量的变化,其降水和土壤侵蚀关系如何?近年来,对喀斯特地区的土壤侵蚀问题有不少研究^[13-17],仅就贵州而言,目前对土壤侵蚀的时空状况以及与降水关系的研究还比较缺乏。本次研究将揭示实施退耕还林生态工程后土地侵蚀变化状况及与降水关系,以为农业生态保护、生态文明建设和区域可持续发展提供理论依据。

1 方法介绍与资料来源

1.1 二元定序变量的 Spearman 相关分析方法

由于水土流失和降水都是随着时间变化的,所有数据都具有顺序性,因此运用二元定序变量的 Spearman 相关分析方法^[18],利用 SPSS11.5 软件计

资助项目:凯里学院规划课题(s1414);贵州省科技厅([2014]7237)和凯里学院地理学校级重点学科课题(KZD2014008)

第一作者简介:杨廷锋(1972—),男,硕士,教授,研究方向:区域资源开发、环境评价与保护。E-mail: ytfeng6666@163.com。

收稿日期:2016-10-10

算,就可得出两变量之间的相关系数,进而确定它们的相关程度。相关系数 r 的范围在 $-1\sim 1$ 之间,其相关程度的范围值如下:(1) $|r|=1$,表明变量之间完全正相关或完全负相关;(2) $|r|<0.3$,表明变量之间相关程度极弱,可视为不相关;(3) $0.3\leq|r|<0.5$,表明变量之间相关程度为低度相关;(4) $0.5\leq|r|<0.8$,表明变量之间相关程度为中度相关;(5) $0.8\leq|r|<1$,表明变量之间相关程度为高度相关。

1.2 变差系数

变差系数 C_v ^[19-20],是衡量其变化幅度大小的一个重要指标。

$$C_v = [\sum (x_i - \bar{x})^2 / n]^{1/2} / \bar{x},$$

式中: $\bar{x}$ 是平均值; C_v 值大说明该要素的变化幅度大,反之则说明变化幅度小。

1.3 资料来源

土壤侵蚀的度量采用区域河流输沙量、输沙模数和含沙量来反映。本项研究的降水量、河流输沙量、河流输沙模数和河流含沙量原始数据均来自贵州省水利厅官网发布的2000—2013年水资源公报。因贵州境内河流分属长江流域和珠江流域,以中部偏南的苗岭为分水岭,北部属长江流域,南部属珠江流域。长江流域部分面积为 $1.14\times 10^5\text{ km}^2$,包括乌江水系、洞庭湖(沅江)水系、牛栏江和横江水系、赤水河和綦江水系,占全省总面积的65.7%。珠江流域部分

面积为 $6.0\times 10^5\text{ km}^2$,包括南盘江水系、北盘江水系、红水河水系和都柳江水系,占全省总面积的34.3%^[21]。故在做区域空间分析中,将贵州省按照流域分为贵州长江流域区和珠江流域区进行区域差异分析。

2 退耕还林草以来降水量的时空变化

在2000—2013年期间,贵州全省降水量在820.4~1300 mm之间,平均值为1087.5 mm,呈波动式变化,且呈减少趋势,从2000年的1300 mm减少到2013年的981.9 mm(图1)。降水量年际变化的变差系数(C_v)值为0.117,说明降水的年际变化幅度小。贵州长江流域的降水量变化呈波动式减少,从2000年的1245.4 mm减少到2013年的968.5 mm,平均值为1044.5 mm,降水量的多年变化 C_v 值为0.114,小于全省的 C_v 值(0.117)。贵州珠江流域的也呈波动式减少,从2000年的1404.6 mm减少到2013年的1007.6 mm,平均值为1167.9 mm,降水量的多年变化 C_v 值为0.158,大于全省的 C_v 值(0.117),且大于长江流域的 C_v 值(0.114)。由此可见,在研究时段内,贵州全省的降水量呈减少趋势,长江流域的年平均降水量比贵州珠江流域的少123.4 mm,且年际变化幅度也小于珠江流域。

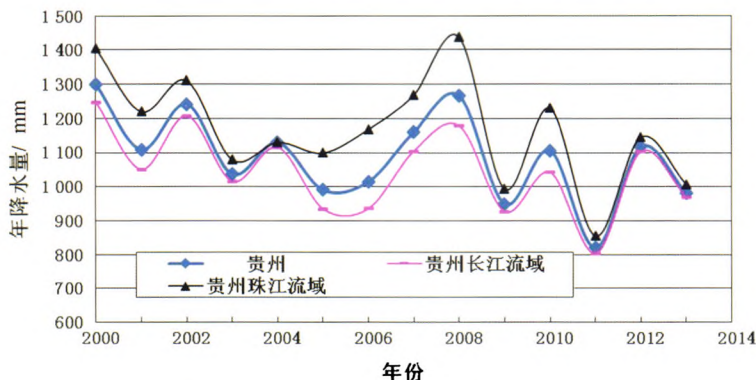


图1 贵州省2000—2013年降水的时空变化

Fig. 1 Temporal and spatial changes of precipitation from 2000 to 2013 in Guizhou

3 退耕还林以来土壤侵蚀的时空变化

3.1 输沙量的时空变化

在2000—2013年期间,贵州全省输沙量在 $2479\times 10^4\sim 8275\times 10^4\text{ t}\cdot\text{a}^{-1}$ 之间,平均值为 $5307.3\times 10^4\text{ t}\cdot\text{a}^{-1}$,呈波动式减少,从2000年的 $8275\times 10^4\text{ t}\cdot\text{a}^{-1}$ 减少到2013年的 $3428\times 10^4\text{ t}\cdot\text{a}^{-1}$ (图2),说

明退耕还林草后输沙量有减少趋势。计算得出其输沙量的多年变化 C_v 值为0.264,说明输沙量的年际变化幅度比较小,但是比其降水量的变化幅度(C_v 值为0.117)大。

贵州长江流域的输沙量在 $2060\times 10^4\sim 4923\times 10^4\text{ t}\cdot\text{a}^{-1}$ 之间,平均值为 $3567.4\times 10^4\text{ t}\cdot\text{a}^{-1}$,也呈波动式减少,从2000年的 $4923\times 10^4\text{ t}\cdot\text{a}^{-1}$ 减少到

2013 年的 $2\,845\times 10^4\text{ t}\cdot\text{a}^{-1}$ (图 2),输沙量的多年变化 C_v 值为 0.199,小于全省的 C_v 值(0.264),但大于其降水量的 C_v 值(0.114)。贵州珠江流域的输沙量在 $419\times 10^4\sim 3\,352\times 10^4\text{ t}\cdot\text{a}^{-1}$ 之间,平均值为 $1\,900.8\times 10^4\text{ t}\cdot\text{a}^{-1}$ (图 2),也呈小波动式减少,从 2000 年的 $3\,352\times 10^4\text{ t}\cdot\text{a}^{-1}$ 减少到 2013 年的 $583\times 10^4\text{ t}\cdot$

a^{-1} ,其输沙量的多年变化 C_v 值为 0.437,大于全省的 C_v 值(0.264),也大于其降水量的 C_v 值(0.158)。由此可见,在研究时段,贵州长江流域的多年平均输沙量是贵州珠江流域的 1.8 倍,而输沙量的年际变化幅度则比贵州珠江流域的小。

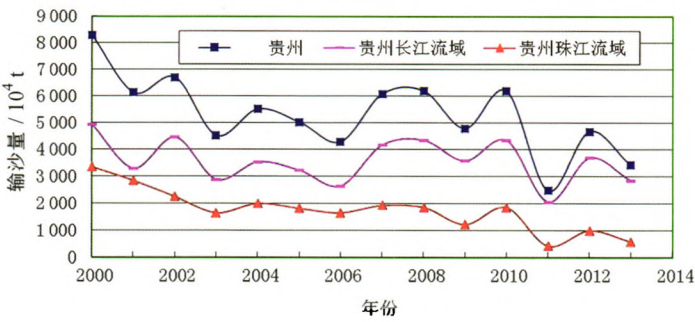


图 2 贵州省 2000—2013 年输沙量的时空变化

Fig. 2 Temporal and spatial changes of the amount of river sediment transport from 2000 to 2013 in Guizhou

3.2 河流输沙模数的时空变化

在 2000—2013 年期间,贵州全省河流输沙模数呈波动式减少,从 2000 年的 $470\text{ t}\cdot\text{km}^{-2}$ 减少到 2013 年的 $195\text{ t}\cdot\text{km}^{-2}$,平均值为 $301.3\text{ t}\cdot\text{km}^{-2}$ (图 3)。与退耕还林之前河流的年均输沙模数为 $376\text{ t}\cdot\text{km}^{-2}$ [11] 相比,显著降低。贵州长江流域的河流输沙模数呈波动式减少,从 2000 年的 $425\text{ t}\cdot\text{km}^{-2}$ 减少到 2013 年的 $246\text{ t}\cdot\text{km}^{-2}$,平均值为 $308\text{ t}\cdot\text{km}^{-2}$ (图 3),而贵州珠江流域的河流输沙模数也呈波动式减少,从 2000 年的 $555\text{ t}\cdot\text{km}^{-2}$ 减少到 2013 年的 97

$\text{t}\cdot\text{km}^{-2}$,平均值为 $288.3\text{ t}\cdot\text{km}^{-2}$ (图 3),而前者的多年平均输沙模数比后者的多 $11.7\text{ t}\cdot\text{km}^{-2}$,说明贵州长江流域的土地侵蚀比贵州珠江流域的严重。贵州全省河流输沙模数的多年变化 C_v 值为 0.264,说明输沙量的年际变化幅度比较小。贵州长江流域河流输沙模数的 C_v 值为 0.199,小于全省的 C_v 值(0.264),而贵州珠江流域河流输沙模数的 C_v 值为 0.437,大于全省的 C_v 值(0.264),且也大于贵州长江流域的 C_v 值(0.199),这说明贵州长江流域河流输沙模数变化幅度比珠江流域的小。

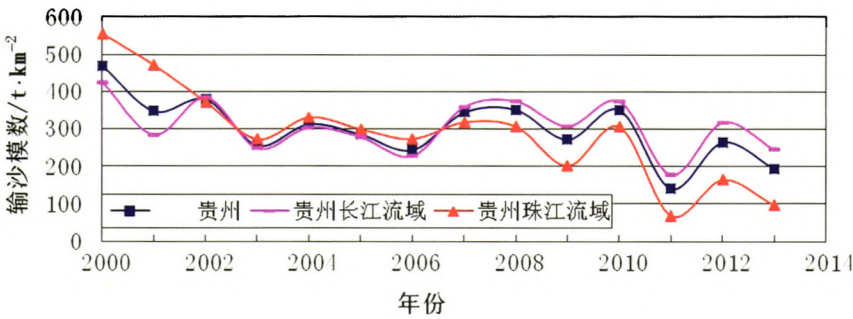


图 3 贵州省 2000—2013 年输沙模数的时空变化

Fig. 3 Temporal and spatial changes of the modulus of sediment transport from 2000 to 2013 in Guizhou

3.3 河流含沙量的时空变化

在 2000—2013 年期间,贵州全省的河流含沙量在 $0.40\sim 0.75\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ 之间,呈波动式减少,从 2000 年的 $0.59\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ 减少到 2013 年的 $0.35\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$,平均值为 $0.54\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (图 4)。贵州长江流域河流的含沙量呈波动式变化,从 2000 年的 0.51

$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ 减少到 2013 年的 $0.45\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$,平均值为 $0.59\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (图 4),贵州珠江流域的河流含沙量也呈波动式减少,从 2000 年的 $0.74\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ 减少到 2013 年的 $0.17\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$,平均值为 $0.48\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (图 4),比贵州长江流域的含沙量少 $0.11\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ 。上述说明了退耕还林草后河流的含沙量有减少趋势,

贵州长江流域的河流含沙量比贵州珠江流域的河流含沙量大。另外,贵州全省、贵州长江流域和贵州珠江流域的河流含沙量的多年变化 C_v 值分别为 0.196、0.189 和 0.406,说明全省河流的含沙量年际变化幅

度比较小。贵州长江流域的 C_v 值小于全省,而贵州珠江流域的 C_v 值大于全省,两者比较前者小于后者,这说明贵州长江流域河流的含沙量年际变化幅度小于贵州珠江流域。

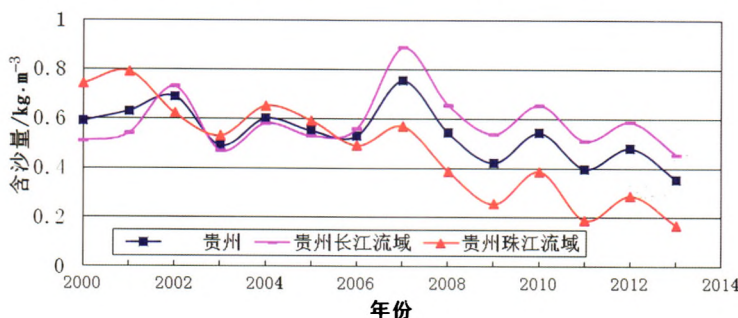


图 4 贵州省 2000—2013 年含沙量的时空变化

Fig. 4 Temporal and spatial changes of sediment concentration from 2000 to 2013 in Guizhou

4 土壤侵蚀与降水量的关系

4.1 土壤侵蚀与降水量的相关分析

利用 SPSS11.5 软件对贵州全省及其长江流域和其珠江流域 2000—2013 年的输沙量与降水量、输沙模数与降水量和含沙量与降水量进行 Spearman 相关分析,得到相关系数(表 1)。由表 1 可见,贵州全省及其长江流域和珠江流域的输沙量与降水量的相关系数分别为 0.897、0.869 和 0.768,而其输沙模数与降水的关联系数分别为 0.897、0.869 和 0.768,其含沙量与降水量的关联系数分别为 0.679、0.436 和 0.579。根据其相关程度的范围值,可以得出它们的输沙量与降水量和输沙模数与降水量之间的相关程度分别均为高度正相关、高度正相关和中度正相关,这充分说明三者的降水量与输沙量和降水量

与输沙模数关系很密切,而三者的河流含沙量与降水量分别为中度正相关、低度正相关和中度正相关,这说明其降水量与含沙量关系一般。另外,从贵州河流输沙量与降水量的对比图 5 看,二者图像波动极为相似,也充分说明其关系很密切。

表 1 贵州土壤侵蚀和降水量 Spearman 分析的相关系数

Table 1 Correlation coefficient of precipitation and soil erosion in Guizhou derived from Spearman analysis

区域	输沙量与降水量相关系数	输沙模数与降水量相关系数	含沙量与降水量关联系数
贵州省	0.897	0.897	0.679
贵州长江流域	0.869	0.869	0.436
贵州珠江流域	0.768	0.768	0.579

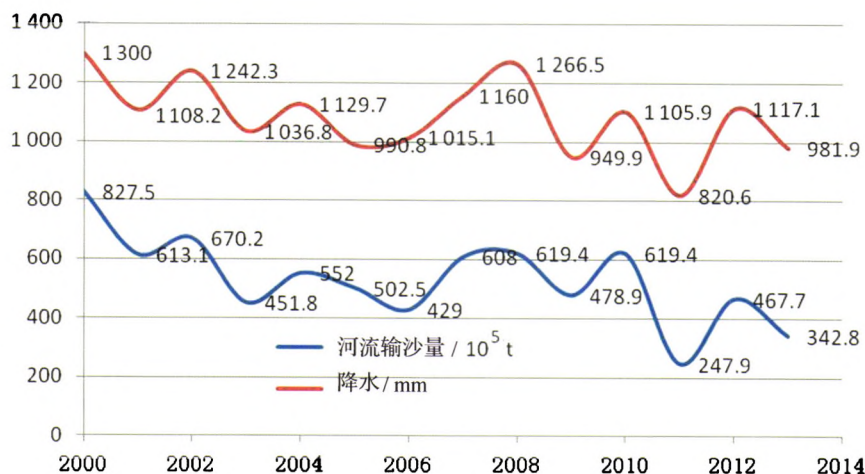


图 5 贵州 2000—2013 年河流输沙量与降水量的变动对比

Fig. 5 Comparison of variations of amount of sediment transport and precipitation from 2000 to 2013 in Guizhou

4.2 输沙量与降水量的回归分析

在进行相关分析的基础上,又利用 SPSS. 11 软件对贵州全省 2000—2013 年的输沙量与降水量进行回归分析,并进行曲线拟合。结果表明,贵州全省输沙量(y)与降水量(x)的拟合曲线幂函数 Power 的拟合度最好(判定系数=1.00),其回归统计方程模型为: $y=x^{1.223}$ 。从图 6 中的拟合曲线可看出,贵州省 14 年来土壤侵蚀(输沙量)明显受到降水量变化的影响。

输沙量/ $\times 10^4$ t

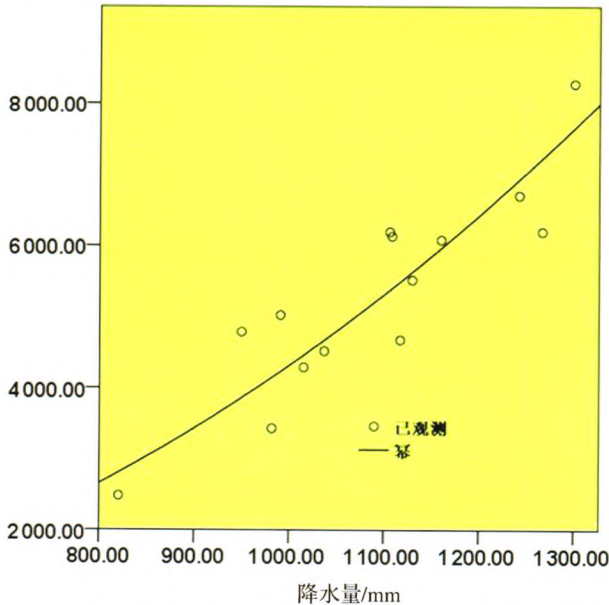


图 6 贵州 2000—2013 年土壤侵蚀与降水量的回归关系

Fig. 6 Regress relationship between soil erosion and precipitation from 2000 to 2013 in Guizhou

5 结论与讨论

(1)在时间尺度上,自 2000 年退耕还林草以来,无论从贵州全省或者贵州长江流域区域和珠江流域区看,河流输沙量、输沙模数与含沙量呈减少趋势,年际变化幅度比较小,但是均比各自降水量的年际变化幅度大。

(2)在空间尺度上,贵州长江流域的多年平均输沙量是贵州珠江流域的 1.8 倍,其多年平均输沙模数和多年平均含沙量均比贵州珠江流域的大,而河流输沙量、输沙模数和含沙量的年际变化幅度比贵州珠江流域的小。

(3)退耕还林草以来,贵州全省及其长江流域和珠江流域的输沙量与降水量和输沙模数与降水量分别均为高度正相关、高度正相关和中度正相关,整体关系很密切;三者的河流含沙量与降水量为中度正相

关、低度正相关和中度正相关,整体关系一般,主要原因是目前的含沙量统计中也只统计悬移质泥沙而造成,如果能够把其他类泥沙计入,相关性也会比较高。

(4)贵州喀斯特地貌广布,土壤侵蚀还有一部分是溶解质侵蚀与搬运,但是,目前获取数据比较困难。同时,喀斯特地区土壤侵蚀还存在特殊性,例如土壤侵蚀还通过地下流失^[22-23]。如果获得全面数据,更加能够客观反映贵州退耕还林草后的土壤侵蚀以及与降水量的关系。

退耕还林草以来,贵州土壤侵蚀有减缓趋势,具有空间差异性以及时间上变动幅度较小的特点。降水对土壤侵蚀的影响仍然十分显著,说明贵州退耕还林对降低土壤侵蚀能力不是十分明显,退耕还林工作还需要进一步加强。在全球气候变化的影响下,贵州的降水将会受到一定的影响。因而需要更进一步加强退耕还林草工程和生态补偿机制^[24-25]建设,优化喀斯特地区地表覆被,以减少土壤侵蚀。同时,退耕还林草以来,贵州长江流域的土地侵蚀比贵州珠江流域的严重,在治理上需注意与强化。

致谢:尊敬的审稿专家提出了很重要的意见和建议,特此致谢!

参考文献

- [1] 关君蔚. 水土保持原理[M]. 北京:中国林业出版社,1996:3-4.
- [2] 陈永孝. 贵州省经济地理[M]. 北京:新华出版社,1993:20-21.
- [3] 陈萍,蒋忠诚,覃小群. 桂江流域土壤侵蚀估算及其时空特征分析[J]. 中国岩溶,2014,33(4):473-482.
- [4] 熊康宁,胡顺光. 贵州喀斯特地区水土流失研究进展[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版),2011,29(4):106-110.
- [5] 唐克丽,史立人,史德明,等. 中国水土保持[M]. 北京:北京科学出版社,2004:80-85.
- [6] 王礼先,高志义,阎志文,等. 水土保持学[M]. 北京:中国林业出版社,2001:77-80.
- [7] 魏天兴. 黄土残源沟壑区降雨侵蚀分析[J]. 水土保持学报,2001,15(4):47-50.
- [8] 谢红霞,李锐,杨勤科,等. 退耕还林草和降雨变化对延河流域土壤侵蚀的影响[J]. 中国农业科学,2009,42(2):569-576.
- [9] 雷丽. 河成石灰华泥沙含量及其流域土壤侵蚀趋势研究[D]. 贵阳:贵州师范大学,2009.
- [10] 朱秀端. 闽北地区水土流失动态变化及其驱动机制研究[J]. 水土保持通报,2007,27(5):164-170.
- [11] 孙家振,董召荣,赵波,等. 侵蚀性降雨与土壤侵蚀关系的研究[J]. 安徽农学通报,2011,17(13):133-136.
- [12] 苏玥. 滇东喀斯特石漠化地区不同植被模式下水土流失规律研

- 究[D].重庆:西南师范大学,2008.
- [13] 刘艳,蔡德所,刘杨.广西水土流失特点及治理对策[J].中国水土保持,2016(4):19-21.
- [14] 梁刚毅.广西水土流失演变趋势及其原因分析[J].广西水利水电,2014(4):71-73.
- [15] 张正国,黄凯,凌贤宗,等.广西岩溶区水土流失现状分析及治理措施探讨[J].广西水利水电,2015(2):76-78.
- [16] 刘发勇,熊康宁,兰安军,等.贵州省喀斯特石漠化与水土流失空间相关分析[J].水土保持研究,2015,22(6):60-71.
- [17] 杨光敏,付宇文.2000-2010年贵州省水土流失变化情况及原因分析[J].中国水土保持,2014(4):14-16.
- [18] 余建芬,何旭宏.数学统计分析与SPSS应用[M].北京:人民邮电出版社,2006:164-165.
- [19] 朱正治.贵州省降水、径流、输沙的 C_v 与土壤侵蚀[J].中国水土保持,1995(11):24-26.
- [20] 邓媛林.普通水文学[M].北京:高等教育出版社,1985:94-95.
- [21] 杨全明,王浩,赵先进.贵州水资源安全问题初探[J].生态学杂志,2005,24(11):1347-1350.
- [22] 李晋.中国南方喀斯特地区水土流失特殊性研究[J].中国农学通报,2011,27(23):227-233.
- [23] 龙明忠,吴克华,熊康宁. WEPP 模型坡面版在贵州石漠化地区土壤侵蚀模拟的适用性评价[J].中国岩溶,2014,33(2):201-207.
- [24] 张军以,戴明宏,王腊春,等.生态功能优先背景下的西南岩溶区石漠化治理问题[J].中国岩溶,2014,33(4):464-472.
- [25] 徐智,刘乃君,姚进忠,等.甘肃省水土保持生态补偿制度构建初探[J].中国水土保持,2015(8):3-6.

Temporal-spatial changes of soil erosion and their relation with precipitation since the project of returning farmland to forest in Guizhou Province

YANG Tingfeng, WU Xianchun, SHANG Hailong, HE Xiang

(Kaili University, Kaili, Guizhou 556011, China)

Abstract Since its initiation, the environmental effect of the project invested by the Chinese government, which is a major forestry ecological project for returning farmland to forest in Guizhou Province, has attracted much attention. This study attempts to clarify the temporal and spatial variation characteristics of soil erosion and their influence on distribution of precipitation on the ground, which can reflect the effect of this project and help further controlling of soil erosion. We analyze the spatial and temporal changes of amount of sediment transport, modulus of sediment transport, sediment concentration and their relationship with precipitation in Guizhou since 2000. The coefficient of variations is used as the index to measure the magnitude of the change and the Spearman correlation method is employed for analysis. Results show that the amount of sediment transport, modulus of sediment transport, and sediment concentration have a tendency to reduce since the project initiation, of which all the inter-annual amplitudes are small, but greater than that of precipitation change. From spatial differences, the average amount of sediment transport, modulus of sediment transport, and sediment concentration in the Yangtze River basin of Guizhou are larger than those in the Pearl River basin of Guizhou, whereas the inter-annual variations of these parameters are smaller than those in the Pearl River basin of Guizhou. The correlation of precipitation and amount of sediment transport is 0.897, indicating a close relationship. The regression equation model is $y = x^{1.223}$, which shows that the environmental effects of the project are insufficient and further efforts in construction are required.

Key words soil erosion, coefficient of variation, modulus of sediment transport, sediment concentration, precipitation, Guizhou Province

(编辑 黄晨晖)