

江西兴国水土流失治理区土壤有机质动态变化

舒建英^{1,2}, 张世熔^{1,2}, 孙 波^{1*}, 赵其国¹, 刘英华²

(1. 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008; 2. 四川农业大学资源环境学院, 四川 雅安 625014)

摘要:在 ArcGIS8.1 软件系统平台上,用普通克立格和概率克立格等多种方法研究湊水河流域土壤有机质含量的动态变化特征。结果表明,湊水河流域 106 个样点的土壤有机质平均含量增加,由 1981 年的 $18.16 \pm 7.23 \text{g/kg}$ 增加到 2002 年的 $19.14 \pm 11.25 \text{g/kg}$;2002 年土壤有机质含量为 II ($30.0 \sim 40.0 \text{g/kg}$)、III ($20.0 \sim 30.0 \text{g/kg}$)级地的面积扩大,所占流域面积比分别较 1981 年增加 11.38%和 28.54%。近 20 年来该流域内水田、旱地和林地的土壤有机质平均增加量分别为 2.3g/kg 、 3.5g/kg 和 3.1g/kg ,坡度 $\leq 2^\circ$ 、 $2 \sim 6^\circ$ 、 $6 \sim 15^\circ$ 、 $15 \sim 25^\circ$ 和 $> 25^\circ$ 的土壤有机质平均增加量分别为 1.8g/kg 、 2.6g/kg 、 3.3g/kg 、 3.6g/kg 和 4.0g/kg 。结合概率克立格法和加权平均法探讨了 $< 10.0 \text{g/kg}$ 含量水平下区域土壤有机质的概率分布特征,其几何平均概率由 1981 年的 0.2008 下降到 2002 年的 0.1503。

关键词:有机质;时空变化;普通克立格;概率克立格

文章编号:1000-0933(2005)06-1240-07 中图分类号:S153.6, S154.1 文献标识码:A

Dynamic analysis of soil organic matter contents in soil and water conservation region of Xingguo County, Jiangxi Province

SHU Jian-Ying^{1,2}, ZHANG Shi-Rong^{1,2}, SUN Bo^{1*}, ZHAO Qi-Guo¹, LIU Ying-Hua² (1. *Nanjing Institute of Soil, Chinese Academy of Science, Nanjing 210008, China*; 2. *College of Resources and Environment of Sichuan Agricultural University, Sichuan, Yaan 625014, China*). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(6): 1240~1246.

Abstract: Soil organic matter (SOM) is of primary importance for maintaining soil productivity, and an important indicator of soil quality. It helps to prevent erosion and desertification and is a driving variable in environment changes since it acts as the source and sink of carbon dioxide. In this paper, the temporal-spatial variability of SOM contents was analyzed in the Lianshui Basin (Xingguo County, Jiangxi Province, China) over an area of 579km^2 from 1981a to 2002a. It not only can help us to understand the dynamics of SOM during soil and water conservation, but also provide a theoretical basis of soil and water conservation, ecosystem restoration and ecosystem rebuilding for southern hill region in China. The SOM contents in 1981 came from the map of SOM contents in the second national soil survey. According to the natural environment and social economy differences, the sampling point scheme in 2002 was devised by combining grid sampling points with a hierarchical sampling method. 106 spots were sampled and their positions were located by GPS (Global Position System). The topsoil samples of three random sites in the same field ($0 \sim 30 \text{cm}$) were mixed together for the chemical analysis. The SOM contents in 2002 were analyzed by the Walkley-Black wet combustion while the SOM contents in 1981 were looked up in the map of SOM contents in 1981 which was provided by agricultural bureau of Xingguo County. Spatial analyses were performed by the software ArcGIS8.1 such as semivariance, ordinary kriging (OK) and probability kriging (PK). Conventional analytical results indicated that the topsoil organic matter content was $19.14 \pm 11.25 \text{g/kg}$ in 2002, comparing to $18.16 \pm 7.23 \text{g/kg}$ in 1981. The coefficient of variation changed from 39.4% in 1981 to 58.8% in 2002, which was attributed to the changes in managements such as the quality and quantity of applied manure. The results indicated that the spatial random variability of

基金项目:中国科学院创新工程资助项目(KZCX2-413;ISSASIP0110)

收稿日期:2004-01-12;修订日期:2004-10-26

作者简介:舒建英(1980~),女,四川省富顺县人,硕士生,主要从事土壤质量时空演化特征研究。E-mail:zsr01@263.net

* 通讯作者 Author for correspondence.

Foundation item: the Innovation Program of Chinese Academy of Sciences (No. KZCX2-413; ISSASIP0110)

Received date: 2004-01-12; Accepted date: 2004-10-26

Biography: SHU Jian-Ying, Master condidate, mainly engaged in the spatial and temporal variability of soil quality. E-mail: zsr01@263.net

SOM contents became more apparent after 21 years. Trend distribution maps of SOM contents by geostatistics of ArcGIS reflected the golden trend of SOM contents on the east-west and north-south. The results showed that SOM contents on the east-west and north-south both approximately presented linear and increased gradually from southwest to northeast in 1981; SOM contents in 2002 almost presented parabola, the southwest and northeast were both higher than the center. The results indicated that SOM contents in the southwest and northeast increased generally while the center kept constant. The ratio of nugget to sill of SOM spatial variability in the topsoil in 1981 was 0.22, indicating that the random variability was small or structural variability was apparent. But the range is only 1.55km in 1981. However, the percentage of random variability in the spatial variability of SOM got to 0.74, and the range increased to 6.23km in 2002. It showed that land managements had obviously impacted on the spatial heterogeneity degree of SOM during the closing hillsides to facilitate afforestation and forest rehabilitation in the basin. Spatial analyses that were through overlapping the grid layers of two ages indicated that SOM contents of local regions varied greatly in the Lianshui Basin. SOM contents of 74.8% of the basin area increased and the other decreased. After the application of closing hillsides to facilitate afforestation in the recent 20 years, the woodland became dense, and the accumulation of SOM contents increased apparently. At the same time, the application of forest rehabilitation in part steep slopland resulted in the reduction of dry land and the expansion of woodland, forest coverage rose. Hence, SOM contents of 74.8% of the basin area increased which were mainly distributed in the west and along the north border of the basin. By contrast, SOM contents in 25.2% of the basin area decreased which stretched from the south outskirts of Gulonggang Town to the groove of Gulonggang syncline due to the distribution of granite that resulted in the sparse vegetation and soil and water loss. Based on the accessing criteria of SOM contents, the percentage of grade II (30.0~40.0g/kg), III (20.0~30.0g/kg), IV (10.0~20.0g/kg) and V (<10.0g/kg) were 0.1%, 42.01%, 57.87% and 0.02% in 1981, comparing to 11.48%, 70.55%, 17.94% and 0.03% in 2002, respectively—a change of 11.38%, 28.54%, -39.93% and 0.01%, correspondingly. The results indicated that the grade of SOM contents generally improved which reflected that the application of soil and water conservation measures had attained some achievements. Different land use types have different effects on SOM contents. In the Lianshui Basin, there are mainly three kinds of land use types. Paddy field, dry land and woodland occupied 21.60%, 0.22% and 74.28% of the basin area, the average increase of SOM of that were 2.3g/kg, 3.5g/kg and 3.1g/kg, respectively. Slope is one of the most important factors that influence SOM contents. Average increase of SOM generally increased with slope (1.8g/kg, 2.6g/kg, 3.3g/kg, 3.6g/kg and 4.0g/kg for $\leq 2^\circ$, $2^\circ\sim 6^\circ$, $6^\circ\sim 15^\circ$, $15^\circ\sim 25^\circ$ and $> 25^\circ$ slope interval, respectively) due to the measurements such as forest rehabilitation, closing hillsides to facilitate afforestation, etc. In addition, the paper also used probability kriging and geometric mean probability to analyze the spatial probability distribution of SOM<10.0g/kg. The results indicated that the percentage of probability grades which were 0.00~0.10, 0.10~0.20, 0.20~0.40, 0.40~1.00 changed from 33.14%, 25.73%, 31.39% and 9.74% in 1981 to 46.17%, 30.74%, 18.11% and 4.98% in 2002, respectively. The geometric mean probability of SOM<10.0g/kg decreased from 0.2008 in 1981 to 0.1503 in 2002 in the whole basin. The results reflected that the probability of SOM<10.0g/kg and deficit grade of SOM contents fell.

Key words: organic matter; temporal and spatial variability; ordinary kriging; probability kriging

土壤有机质是表征土壤肥力和土壤质量的一个重要指标,它也是陆地生态系统中碳循环的重要源与汇^[1~5]。近年来,它被许多研究者用于评价不同土地利用条件下的土壤肥力变化^[6,7]。同时,由于土壤有机质与未知碳汇的关系密切,也常被作为反映土壤对全球气候变化响应的重要指标而引起广泛关注^[8,9],甚至被认为是环境变化的驱动变量之一^[10~12]。因此,采用合理有效的措施,保持和提高土壤有机质含量,是提高陆地生态系统生产力和保持系统稳定性的的重要途径^[13]。尽管有机质是陆地生态系统中的重要组成成分,在土壤肥力演化和生态重建过程中均发挥着关键作用,但是现有的研究多集中于森林重建前后土壤有机质的变异或耕地有机质的定位监测方面,而鲜见特定流域内因采取封山育林等水土保持措施导致区域土壤有机质动态变化的研究报道。

潯水河流域位于江西省兴国县境内,为我国南方丘陵的典型分布地区。该流域地质构造较为复杂,平坝、低丘、中丘及高丘地貌皆有分布,土壤、植被和社会经济条件复杂多样。流域内水土流失严重,导致自然生态平衡失调,耕地面积不断减少,土壤有机质含量下降,土壤肥力衰退。自从兴国县 1983 年被列为全国 8 个水土流失治理重点县以来,中国科学院南京土壤研究所和当地政府等单位长期将潯水河流域作为中国南方丘陵水土流失治理与生态环境重建的试验区,在退耕还林、植树造林和天然林保

护等方面开展了大量的研究,实行人为干预重建植被,加速植被群落的顺向演替;通过封禁,靠系统自身能力恢复,建立起地带性森林生态系统等措施。近 20a 后,水土流失面积由 1899.07km² 减少到 1166.7km²,森林覆盖率从 28.8% 提高到 56.5%,区域生态环境明显改善。因此,研究该流域土壤有机质的动态变化不仅可以弄清其在水土流失治理前后的变化特征,而且也为中国南方丘陵区水土流失治理和生态恢复与重建提供理论依据。

1 研究区域概况与研究方法

1.1 研究区域概况

湓水河流域位于江西省兴国县的东北部,地理位置位于东经 115°30′50″至 115°52′12″,北纬 26°18′04″至 26°36′48″,流域面积 579.3km²。区内水系发达,呈树枝状。地形为东北高西南低,流域最大高差 965m。流域内各地貌分布面积比例为低丘 21%,中丘 27%,高丘和低山 42%,河谷平原 10%。气候类型为中亚热带季风湿润气候,年均降雨量 1500mm,多集中在 4~6 月份,年均气温为 18.9℃,1 月份平均气温 7.2℃,7 月份平均气温 29.3℃。植被主要为常绿阔叶林和针叶林,针叶林以马尾松林为主。土壤母质主要是花岗岩残坡积物和第四系近代河流冲积物,局部有千枚岩残坡积物分布。其土壤主要以水稻土、棕红壤为主,局部有红壤、石灰岩土分布。在 20 世纪 80 年代以前,该流域水土流失严重,是中国土壤侵蚀最剧烈的地区之一。但近 20a 来,国家投入大量资金进行流域生态环境重建和水土流失治理。

1.2 土壤样品的采集及分析

2002 年土壤样点的设计参照 1981 年的样点分布图并根据研究区的自然环境及社会经济差异进行了不同精度的网格采样和分层抽样样点方案设计,在野外结合实际情况运用 GPS 进行调整、定位,共采取了 106 个土样(图 1)。每个样点待测土样由同一地块 3 个随机位点 0~30cm 的表层土样混合而成。

2002 年土壤有机质含量的测定方法与第 2 次土壤普查时的测定方法相同,均为重铬酸钾容量法中的外加加热法^[14]。1981 年土壤有机质含量数据由兴国土壤普查绘制的土壤有机质含量图查得原始数据后换算而成。

1.3 GIS 与地统计学分析

假设区域化变量满足二阶平稳和本征假设,其变异函数的计算可用下式表示:

$$r(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

式中, $r(h)$ 为变异函数; h 为样点的空间间隔距离; $N(h)$ 为间隔距离为 h 的样点数; $Z(x_i)$ 和 $Z(x_i + h)$ 分别是区域化变量 $Z(x)$ 在空间位置 x_i 和 $x_i + h$ 处的实测值。在 ArcGIS8.1 平台上,利用地统计学 Geostatistical 模块获得土壤有机质含量的变异函数和等值线图^[15]。

概率克立格法(probability kriging)是在一定风险条件下可以给出未知点达到某一水平值的概率及空间分布的方法。本文用该法评估湓水河流域土壤有机质含量<10g/kg 的风险概率。

不同土地利用类型和不同坡度对土壤有机质含量变化的影响用 ArcGIS8.1 空间分析中的迭置分析、网格计算、带状统计等方法计算。

2 结果与分析

2.1 土壤有机质含量的常规统计

1981 年和 2002 年样品统计分析结果表明(表 1),该流域土壤有机质平均含量总体呈增长趋势,由 1981 年的 18.16±7.23g/kg 增加到 19.14±11.25g/kg。1981 年的土壤有机质含量的变异系数为 39.4%,明显小于 2002 年 58.8%,这主要是土地利用管理的制度不同所致。21a 前该流域主要采取以村或组为单位的土地利用管理模式,其均一性程度必定高于目前以家庭联产承包责任制。

2.2 有机质含量的动态变化总体特征

图 2 为湓水河流域 1981 年和 2002 年土壤有机质含量的趋势分布图,图中 X 轴表示正东方向,Y 轴表示正北方向,Z 轴表示各样点的有机质含量。该图左后投影面上的浅色线表示东-西向的全局性的趋势效应变化情况,右后投影面上深色线表示的是南-北向全局性的趋势效应变化情况。图 2a 表明 1981 年流域内土壤有机质含量从南向北和从西向东总体上呈线性增加,或

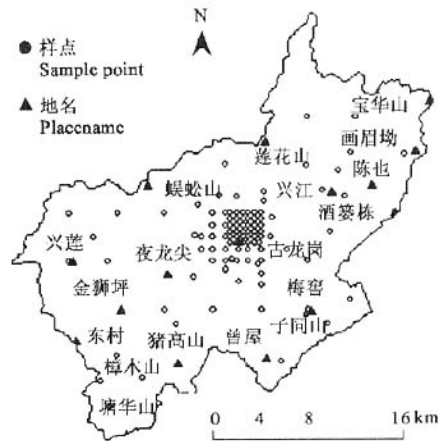


图 1 土壤样点分布图

Fig. 1 Distribution map of sample points

者由西南部向东北部逐渐增加。图 2b 表明 2002 年流域内土壤有机质含量分布呈抛物线,西南部和东北部土壤有机质含量较高,中部较低。对比分析表明,近 20a 来,东北部、西南部土壤有机质含量普遍增高,中部维持不变,局部地区土壤有机质含量下降。

表 1 土壤有机质统计特征值
Table 1 Statistical characters of SOM

年份 Year	样本数 Sampling No.	最小值(g/kg) Min.	最大值 Max. (g/kg)	均值 Mean(g/kg)	变异系数(%) C. V.	偏度 Skewness	峰度 Kurtosis
1981	106	7.0	40.0	18.16	39.4	0.366	2.467
2002	106	2.7	50.9	19.14	58.8	0.527	2.794

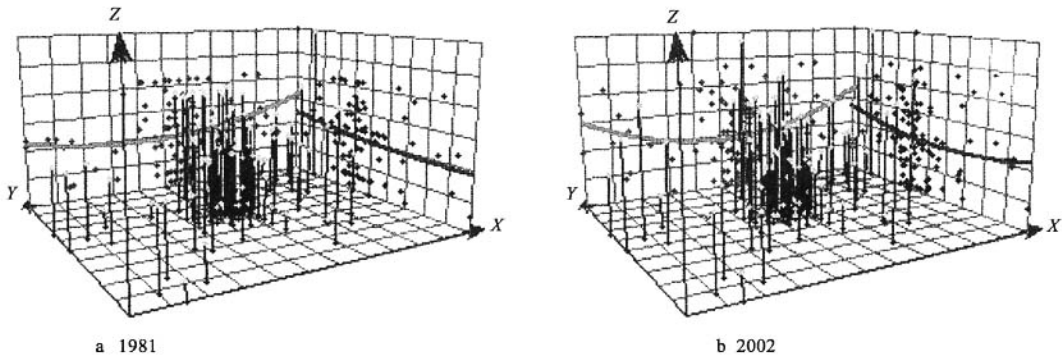


图 2 土壤有机质含量的趋势分布图
Fig. 2 Trend distribution map of SOM contents

在湫水河流域 1981 年表层土壤有机质含量空间变异中,块金值与基台值之比为 0.22(表 2),表明其随机变异引起的空间变异小,而结构性变异明显,其变异函数的变程也较短,仅 1.55km。与此相比,在 2002 年土壤有机质含量的空间变异中,随机变异所占比例大幅提高,达到 0.74,变程扩大为 6.23km。两个年代土壤有机质含量的空间变异中随机变异的差别在一定程度上反映了实施退耕还林和封山育林措施前后土地管理方式对土壤有机质含量空间异质程度的影响。

表 2 土壤有机质的地统计学参数
Table 2 Geostatistical parameters of SOM

年份 Year	变异函数模型 Semivariance	内插法* Interpolated method	变程(km) Range	基台值 C_0+C	块金值 C_0	块金值/基台值 $C_0/(C_0+C)$	预测误差 Predicated error	
							平均误差 Mean error	平均标准差 Mean standardized error
1981	球状 Spherical	OK	1.55	52.82	11.65	0.22	-0.240	-0.028
2002	球状 Spherical	OK	6.23	120.42	89.58	0.74	-0.168	-0.013

* OK 普通克里格法 ordinary kriging

根据 1981 年与 2002 年各样点表层土壤有机质含量及其变化值的空间分布,采用 ArcGIS8.1 中的地统计学组件中的普通克里格法进行内插获得二者的空间分布等值线图及其动态变化图(图 3)。1981 年整个流域内高值区主要集中分布于流域东北部画眉坳以北的宝华山西坡、兴江乡中部两个小区域;低值区主要分布于流域西南边缘、古龙岗至梅窖镇公路一带。2002 年高值区的范围有所扩大,不仅东北部,西南部的莲塘等地也有所分布;低值区则变得相对集中,主要分布于古龙岗镇南郊。图 3c 是土壤有机质 2002 年图形栅格值与其 1981 年对应的栅格值之差的空間分析结果。该图表明,21a 来全流域土壤有机质含量总体呈上升趋势,但局部地区土壤有机质含量有所下降。从总体上看,占流域面积 74.8% 的土壤表层有机质含量增加,而 25.2% 的土壤有机质含量减少。其中,有机质含量增加的土壤主要分布于区内西半部兴莲乡和樟木乡一带、兴江至陈也以及区域东南缘部分,因这部分土地实施封山育林措施近 20a 后,部分林地的林木从稀疏变得茂密,林下的有机质累积明显增加。此外,封山后实施了部分陡坡地的退耕还林,土地利用/覆盖发生较大变化,旱地面积减少,林地面积增大,使得森林覆盖率提高。这两种水土保持措施都为区域土壤有机质含量的增加创造了条件。有机质含量减少的土壤主要分布于区内古龙岗镇南郊至兴江的古龙岗向斜槽部以及流域东北缘部分,因这部分土地以耕地、裸地和长势极差的稀疏马尾松老头林地为主,其侵蚀情况仍较严重,所以土壤有机质含量有所减少。

2.3 分级评价

在土壤有机质含量的评价中,不同土地利用方式下土壤有机质的 s 型隶属函数曲线的转折点的取值是不同的^[16]。但本文

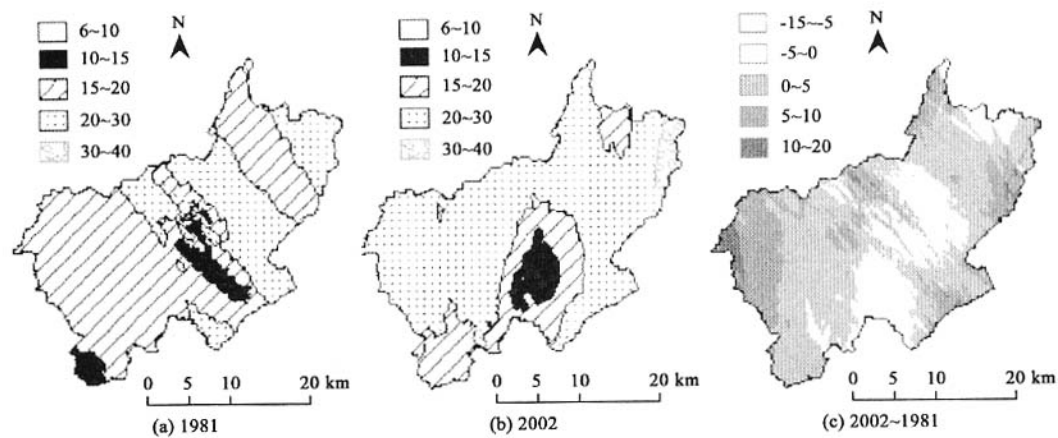


图 3 21a 间土壤有机质含量(g/kg)及其变化的分级图

Fig. 3 Grading maps of SOM contents(g/kg) and their changes during 21 years

采用全国第 2 次土壤普查有机质分级标准统计,对该流域土壤有机质含量进行评价。评价结果表明(表 3),1981 年土壤有机质含量以Ⅲ、Ⅳ级为主,分别为 224.00km²和 308.56km²,各占全流域面积的 42.01%和 57.87%;Ⅱ、Ⅴ级地仅有少量分布,面积分别为 0.53km²和 0.11km²,各占全流域面积的 0.10%和 0.02%。2002 年表层土壤有机质含量虽然仍以Ⅲ、Ⅳ级为主,但Ⅱ、Ⅲ和Ⅴ级地的面积扩大,为 61.21km²、376.17km²和 0.16km²,各占全流域面积的 11.48%、70.55%和 0.03%,较 1981 年分别增加 11.38%、28.54%和 0.01%;Ⅳ级地面积减小,为 95.66km²,占 17.94%,比 1981 年下降 39.93%。从变化区域来看,封山育林实行较好的东北部和西南樟木乡一带土壤有机质含量增加明显。

2.4 影响因子分析

2.4.1 土地利用类型与有机质含量变化 湫水河流域主要有水田、旱地和林地 3 种土地利用类型,其中林地分布面积最广,其次是水田,旱地多为零星分布。它们对土壤有机质含量变化的影响有所不同(图 4)。

(1)水田 水田面积占全流域 21.60%,分布较广,包括淹育型水稻土、潜育型水稻土、表潜型水稻土和潜育型水稻土 4 个亚类。由于水田受人为主观因素影响较为直接,人们长期实行较高的施肥管理水平,增施有机肥、实行秸秆还田等措施使得大量的作物残体和其它有机物质归还土壤,使得每年进入土壤的有机物料量较大,且该区域水田有机质分解速率较低,因而有利于土壤有机质的积累和腐殖质的形成^[17]。在 21a 中水田的土壤有机质含量平均增加 2.3g/kg,这对整个流域土壤有机质含量的增加贡献较大。

(2)旱地 旱地分布面积占全流域面积的 0.22%,主要为石灰岩土。土壤有机质平均增加量是 3 种土地利用类型中最多的,为 3.5g/kg。这是由于在流域水土流失治理过程中,退耕还林后剩下的旱地都是质量较好的旱地,因而现有旱地土壤有机质平均含量增加。但由于其分布面积较少,对区域土壤有机质含量变化的贡献也就较小。

(3)林地 林地主要由森林红壤、森林棕红壤和森林黄红壤 3 种类型组成。其分布面积占全流域面积的 74.28%,土壤有机质含量平均增加 3.1g/kg。因此,林地表层土壤有机质含量 21a 间增加总量占全流域增加总量的比例远高于其它两种土地利用类型,是流域内对区域土壤有机质累积增加贡献最大的土地利用类型。其中,东北部的林地土壤有机质含量增长的幅度最大。这是因为东北部植被覆盖率高,有机质矿化速率慢以及近 20a 来长期实行封山育林,水土流失治理已初见成效的结果。但由于湫水河流域内自然社会经济条件的差异,实施水土流失治理措施和封山育林力度的不同,尽管流域内林地土壤有机质含量总体上增加,但古龙岗镇南郊等部分小区的土壤有机质含量却减少。由于这部分有机质含量减少的土地分布于花岗岩区,土壤类型以林地侵蚀花岗岩棕红壤为主,其植被为稀疏的马尾松老头林,长势差。因其水土流失仍较重,中度侵蚀以上的达 48.4%。所以,它们的土壤有机质含量没有增加,反而有所下降。

2.4.2 坡度与有机质含量变化 坡度是影响土壤有机质含量变化的重要因素之一。坡度对土壤有机质含量的影响主要表现为影响降雨入渗的时间和降雨径流的速度,从而影响土壤的侵蚀速率和水土流失的速度,进而影响土壤有机质含量的变化。

表 3 有机质含量分级统计

Table 3 Grading statistics of SOM contents					
分级标准 Grading standard			占流域面积(%)		变化率(%)
级别	土壤有机质	评级	% of the basin area		% of
Grade	SOM(g/kg)	Grade	1981	2002	change
Ⅱ	30~40	上 Good	0.10	11.48	+11.38
Ⅲ	20~30	中上 Medium to good	42.01	70.55	+28.54
Ⅳ	10~20	中下 Deficient to medium	57.87	17.94	-39.93
Ⅴ	<10	下 Deficient	0.02	0.03	0.01

为更好地反映出坡度对该流域土壤有机质含量的影响,本文研究将湫水河流域坡度划分为 $\leq 2^\circ$ 、 $2\sim 6^\circ$ 、 $6\sim 15^\circ$ 、 $15\sim 25^\circ$ 和 $>25^\circ$ 5个等级(表4)。由表4可知,近20a来土壤有机质含量在一定坡度范围内随着坡度的增大而增幅变大。这是由于长期以来,该流域实行封山育林,植被得以恢复,使得较大坡度上的土壤有机质随水土流失的量大大减少,有机质累积增加。其中, $2\sim 6^\circ$ 和 $6\sim 15^\circ$ 两个坡度等级分布面积较大,占流域面积的58%,其土壤有机质平均增加量分别为2.6g/kg和3.3g/kg,对全流域土壤有机质含量的增加贡献较大。坡度 $\leq 2^\circ$ 的土壤有机质平均增加量最少,仅为1.8g/kg。这是由于该坡度分布区水土流失情况仍较严重,有机质含量减少的土地多集中于该坡度级,因此有机质含量增加和减少的土壤都有,所以其土壤有机质平均增加量较小。 $>25^\circ$ 等级面积虽小,但由于多分布在该流域山体和丘体的中上部,封山育林实施较好,所以其土壤有机质含量的增幅较大,为4.0g/kg。

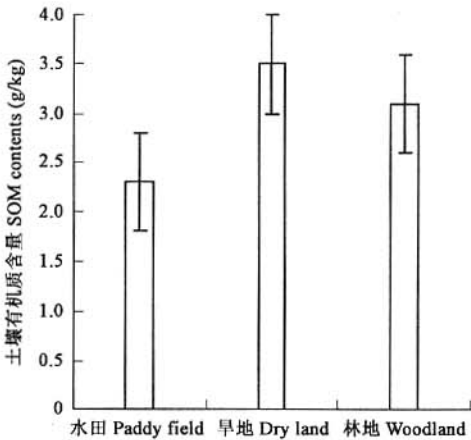


图4 不同土地利用类型土壤有机质平均增加量
Fig.4 Average increase of SOM in different land use types

表4 坡度与土壤有机质含量变化

坡度 Slope($^\circ$)	≤ 2	$2\sim 6$	$6\sim 15$	$15\sim 25$	>25
分布面积 Distribution area (km 2)	150.3	159.6	174.2	71.2	24.0
占流域百分比 % of the basin area(%)	26	28	30	12	4
土壤有机质平均增加量 Average increase of SOM(g/kg)	1.8	2.6	3.3	3.6	4.0

2.5 有机质含量的风险评价

为了弄清该流域内土壤有机质含量 $<10.0\text{g/kg}$ 的分布概率,更好地反映区域土壤有机质含量变化的特征,本文研究应用地统计学中的概率克立格原理对该流域有机质含量 $<10.0\text{g/kg}$ 的概率分布进行探讨,分别作出了1981年和2002年有机质含量 $<10.0\text{g/kg}$ 的概率分布图(图5)。1981年湫水河流域土壤有机质含量 $<10.0\text{g/kg}$ 的概率以低值分布为主,其中 $0.00\sim 0.10$ 级分布最广,占流域的33.14%,其次是 $0.20\sim 0.40$ 级,占流域的31.39%, >0.40 级的区域集中在中部南面的梅窑一带及中部古龙岗镇南郊一带,占流域面积的9.74%。2002年土壤有机质含量 $<10.0\text{g/kg}$ 的概率分布仍以低值为主,其中, $0.00\sim 0.10$ 级分布仍为最广,占流域的46.17%,较1981年所占比例增高,其次是 $0.10\sim 0.20$ 级,占流域的30.74%,仅在中部古龙岗镇附近一带有概率为 $0.40\sim 0.60$ 级和 $0.60\sim 1.00$ 级两个级别分布,总共占流域面积的4.98%,较1981年所占流域面积下降4.76%,概率下降的区域主要是位于中部南面的梅窑一带,而中部古龙岗镇南郊的概率仍为 $0.60\sim 1.00$ 级。同时,本文运用加权平均法计算1981年和2002年土壤有机质含量 $<10.0\text{g/kg}$ 的几何平均概率,结果表明2002年的几何平均概率由1981年的0.2008下降到0.1503,表明流域内土壤有机质含量 $<10.0\text{g/kg}$ 的概率下降,流域内的土壤有机质含量缺乏等级的概率降低。

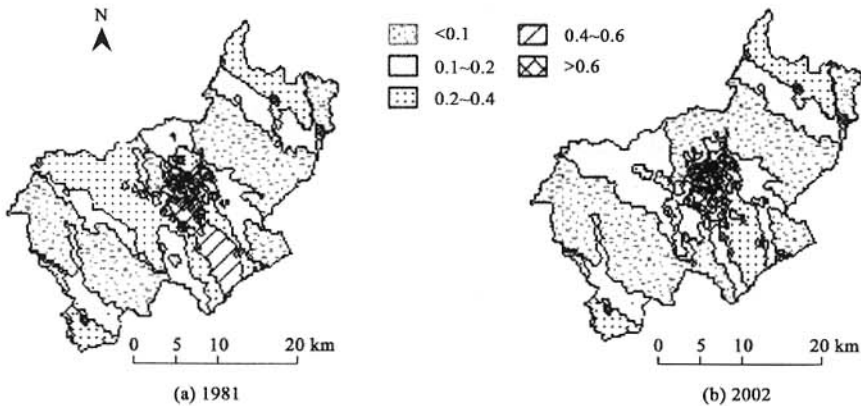


图5 1981年和2002年土壤有机质含量 $<10.0\text{g/kg}$ 的概率分布图
Fig.5 Probability maps of SOM contents $<10.0\text{g/kg}$ in 1981 and 2002

但在中部古龙岗镇南郊土壤有机质含量 $<10.0\text{g/kg}$ 概率仍较高,土地利用管理者应引起注意。

3 结论与讨论

(1) 江西兴国县湫水河流域在区域气候变化的条件下,近 20a 来实施水土保持工程和生态环境重建工程取得明显成效。通过采取封山育林、退耕还林等水土保持措施,使得土地利用/覆盖发生明显变化,全流域土壤有机质含量总体有所增加。但是,应当引起关注的是流域内局部区域水土流失仍然严重,占流域面积 25.2% 的土壤有机质含量在近 20a 中呈下降趋势。

(2) 要改善湫水河流域水土流失仍较严重的花岗岩林地的治理效果,可增加林木树种结构的改良措施。本文建议适当引入优良阔叶树种对马尾松林进行改造,加速纯松林向混交林,乃至常绿阔叶林演替,以快速有效提高当前林业经济效益、生态效益和社会效益。同时,在中国南方其他类似的水土保持治理区,除考虑一些单项工程和管理等措施外,还应注意治理区域的系统设计和规划,把各项技术措施与实际情况相结合,做到因地制宜,提高技术措施组合的综合效益。

References:

- [1] Li K R. *Responses of carbon cycle in terrestrial ecosystem to landuse change and net emission of greenhouse gas*. Beijing: Meteorological Press, 2002. 22~28.
- [2] Uri N D. Conservation practices in U. S. agriculture and their impact on carbon sequestration. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2001, **70**(3):323~344.
- [3] Six J, Callewaert P, Lenders S, *et al.* Measuring and understanding carbon storage in afforested soils by physical fractionation. *Soil Science Society of America Journal*, 2002, **66**(6):1981~1987.
- [4] Yang J C, Han X G, Huang J H, *et al.* The dynamics of soil organic matter in cropland responding to agricultural practices. *Acta Ecologica Sinia*, 2003, **23**(4):787~796.
- [5] Mcdonagh J F, Thomsen T B, Magid J. Soil organic matter decline and compositional change associated with cereal cropping in southern tanzania. *Land Degradation & Development*, 2001, **12**:13~26.
- [6] Ding G, Novak J M, Amarasiriwardena D, *et al.* soil organic matter characteristics as affected by tillage management. *Soil Science Society of America*, 2002, **66**:421~429.
- [7] Pulleman M M, Bouma J, van Essen E A, *et al.* Soil organic matter content as a function of different land use history. *Soil Science Society of America Journal*, 2000, **64**:689~693.
- [8] West T O, Post W M. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: a global data analysis. *Soil Science Society of America Journal*, 2002, **66**(6):1930~1946.
- [9] Morrison I K, Foster N W. Fifteen-year change in forest floor organic and element content and cycling at the Turkey Lakes Watershed. *Ecosystems*, 2001, **4**(6):545~554.
- [10] Spaccini R, Piccolo A, Haberhauer G, *et al.* Transformation of organic matter from maize residues into labile and humic fractions of three European soils as revealed by ^{13}C distribution and CPMAS-NMR spectral. *European Journal of Soil Science*, 2000, **51**:583~594.
- [11] Schimel D, Melillo J, Tian H, *et al.* Contribution of increasing CO_2 and climate to carbon storage by ecosystems in the United State. *Science*, 2000, **287**:2004~2006.
- [12] Caspersen J P, Pacala S W, Jenkins J C, *et al.* Contribution of land-use history to carbon accumulation in U. S. forests. *Science*, 2000, **290**:1148~1150.
- [13] Li Z P, Zhang T L, Chen B Y, *et al.* Soil organic matter dynamics in a cultivation chronosequence of paddy fields in subtropical China. *Acta Pedologica Sinica*, 2003, **40**(3):344~352.
- [14] Institute of Soil Science, CAS, Nanjing. *Analysis for soil physical and chemical properties*. Shanghai: Science and Technology Press, 1983. 132~136.
- [15] Hou J R, Yi Z N, Li W M, *et al.* *Practical geostatistics*. Beijing: Geology Press, 1998. 27~50.
- [16] Su B, Zhang T L, Zhao Q G. Comprehensive evaluation of soil fertility in the hilly and mountainous region of southeastern China. *Acta Pedologica Sinica*, 1995, **32**(4):362~369.
- [17] Li Z P, Chen L L, Lin X X. Variability character of red soil humus and relation between it and fertility evolvement. *Soil*, 2002, **1**:9~15.

参考文献:

- [1] 李克让. 土地利用变化和温室气体净排放与陆地生态系统碳循环. 北京: 气象出版社, 2002. 22~28.
- [4] 杨景成, 韩兴国, 黄建辉, 等. 土壤有机质对农田管理措施的动态响应. 生态学报, 2003, **23**(4):787~796.
- [13] 李忠佩, 张桃林, 陈碧云, 等. 红壤稻田土壤有机质的积累过程特征分析. 土壤学报, 2003, **40**(3):344~352.
- [14] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科技出版社, 1983. 132~136.
- [15] 侯景儒, 伊镇南, 李维明, 等. 实用地质统计学. 北京: 地质出版社, 1998. 27~50.
- [16] 孙波, 张桃林, 赵其国. 我国东南丘陵山区土壤肥力的综合评价. 土壤学报, 1995, **32**(4):362~369.
- [17] 李忠佩, 程励励, 林心雄. 红壤腐殖质组成变化特点及其与肥力演变的关系. 土壤, 2002, **1**:9~15.