

小流域土地利用变化对土壤养分的影响^{*}

何建林¹, 何丙辉¹, 陈晓燕¹, 史志民², 马云¹

(1. 西南大学 资源环境学院 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400715; 2. 云南润滇节水技术推广咨询有限公司, 昆明 650000)

摘要:运用统计学方法, 研究重庆市长寿区代家沟小流域土地利用变化对土壤养分的影响。结果表明: 经过三年的小流域综合治理, 坡耕地向其它土地利用类型转变, 其土壤养分平均含量变化表现为有机质全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷和速效钾分别增加了 9.2%、12.9%、0.7%、5.2%、42.8%、12.8% 和 9.9%。退耕还林还草、坡改梯等治理措施, 不仅改变了土地覆盖、微地形, 防治了水土流失和土地退化, 而且还在一定程度上提高了土壤养分。特别是有机质的增加很明显, 改变了土壤的结构, 更有效的控制了水土流失的发生, 提高了土壤的质量。

关键词:土地利用变化; 土壤养分; 代家沟小流域; 综合治理

中图分类号: F301.24; S153.61

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)06-0220-04

Impact of Land Use Type Changes on Soil Nutrient in Small Watershed

HE Jian-lin¹, HE Bing-hui¹, CHEN Xiao-yan¹, SHI Zhi-min², MA Yun¹

(1. College of Resources and Environment, Southwest University Key Laboratory of Ecvironments in Three Gorges Reservoir Region, Ministry of Education, Chongqing 400715, China; 2. Yunnan Rundian Water Saving Technology & Dissemination Consulting Co. Ltd, Kunming 650000, China)

Abstract: Using the statistical method, the influence of land utilization change on the soil nutrient is studied in Chongqing Changshou County Daijiagou small basin. The results showed that slope farmland altered to other land use types after three years of small watershed comprehensive control. Soil organic matter showed an increase of 9.2%, total N, P, K, alkaline hydrolysis N, available P, available K increased by 12.9%, 0.7%, 5.2%, 42.9%, 12.8% and 9.9% respectively. Returning farmland to forest and grassland, terracing and other control measures not only changed land cover, micro-topography, control of soil erosion and land degradation, but also improve the soil nutrients to some extent. In particular, the increase of soil organic matter obviously changed the soil structure, effectively controlled soil erosion and improved the soil quality.

Key words: land use type change; soil nutrient; Daijiagou small watershed; comprehensive improvement

土地利用变化是自然条件和人为活动的综合反映, 它的变化可以引起许多自然和生态过程的变化, 如土壤养分和水分的变化^[1-2], 地表径流与土壤侵蚀^[3], 生物多样性和生物地球化学循环^[4]。土地利用变化可导致水土流失、沙漠化、土壤养分含量降低等土地退化现象。如在热带森林向农田转变过程中, 所采用的土地利用方式和耕作技术通常会导致

土壤有机质和养分含量下降^[5-6], 土壤变化呈现“C源”趋势, 引起土地退化, 从而影响农业生产。土地利用变化也可以在一定程度上控制水土流失, 避免土壤侵蚀的发生, 提高农业用地的土壤质量。因此, 研究土地利用变化的生态环境效应具有主要的理论意义和实用价值。

本文旨在分析研究代家沟小流域综合治理前后

^{*} 收稿日期: 2009-06-03

基金项目: 国家自然科学基金 (40671115, 40971166); 重庆市自然科学基金重点项目 (2007BA1015); 国家科技支撑计划重点项目 (2008BAD98B01); 西南大学生态学重点学科“211工程”建设经费

作者简介: 何建林 (1980-), 男, 云南沾益人, 硕士, 助理工程师, 主要从事城市水土保持研究。E-mail: hejianlin1999@126.com

通信作者: 何丙辉 (1966-), 男, 湖南汨罗人, 教授, 博士生导师, 主要从事土壤侵蚀与小流域综合治理等方面研究。E-mail: hebinghui@swu.edu.cn

土地利用变化与土壤养分变化之间的关系以及相互作用机制,为退耕还林还草、流域综合治理、合理优化利用有限的土地资源提供科学依据。

1 研究区概况

代家沟小流域位于重庆市长寿区北部的云台镇,地处 $107^{\circ}15'18''$ - $107^{\circ}16'20''$ E, $30^{\circ}07'35''$ - $30^{\circ}09'02''$ N。小流域面积 38.53 km^2 ,水土流失面积 20.24 km^2 ,东西长 6.7 km ,南北宽 10.9 km ,海拔 $310 \sim 550 \text{ m}$,相对高差 240 m 。小流域地处长垫向斜丘陵区,以浅丘为主。流域内主要地貌为表面浑圆的馒头状小丘,具有明显的相对高差而有别于平原,是一种位于山地与平原之间的过渡地貌形态。属四川盆地热带湿润季风气候,具有气候温和,降雨充沛,四季分明。土壤主要为水稻土、冲积土、紫色土和黄壤土 4 大类。自然植被有阔叶林、竹林、灌丛、稀树草丛等 4 种类型。

代家沟小流域于 2003 年 1 月开始进行综合治理,2005 年 12 月综合治理结束。据代家沟小流域综合治理初步设计及治理成果等资料显示,2003 年耕地面积为 3101.8 hm^2 (其中水田 1276.0 hm^2 ,梯平地 46.6 hm^2 ,坡耕地 1779.2 hm^2),林地 293.2 hm^2 (其中经果林 93.9 hm^2 ,疏林 199.3 hm^2),荒山荒坡 45.5 hm^2 ,水域 87.7 hm^2 ,建设用地 324.8 hm^2 ;到 2005 年耕地面积减少为 2273.1 hm^2 (其中水田仍为 1276.0 hm^2 ,梯平地增加为 107.7 hm^2 ,坡耕地减少为 889.4 hm^2),林地增加为 1167.4 hm^2 (其中新增有林地 199.3 hm^2 ,经果林增加为 400.7 hm^2 ,疏林增加为 567.4 hm^2),荒山荒坡消失,水域仍为 87.7 hm^2 ,建设用地仍为 324.8 hm^2 。

2 材料与方法

2.1 土样的采集与分析

为反映土地利用类型转变对土壤养分的影响,分两次进行土样采集,在研究区综合治理前(2003 年 1 月)进行第一次采样,即对将采取措施的地块取样(流域综合治理主要采取了坡改梯、退耕还林、封禁治理等措施),测试土壤养分的本底数据;在研究区综合治理后(2006 年 1 月)对前一次取样点位进行第二次采样。在梯平地、坡耕地、有林地、经果林、疏林、荒草地等 6 种土地利用方式的地块上,每种土地利用方式选择 5 个取样点,共取 30 个样点。采用“X”点法取样,取 $0 \sim 20 \text{ cm}$ 的表层土壤,然后将每

种土地利用方式下所取 5 个样点的土样均匀混合,取 1 kg 带回实验室进行室内测试。

从野外取回的土样登记编号,去除砾石和草根等杂物,经风干、过筛后装瓶备用。分别进行有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷和速效钾的测定。

有机质测定采用重铬酸钾容量法;全氮测定采用浓硫酸消化-半微量开氏蒸馏法;全磷测定采用碱熔融-钼蓝比色法;全钾测定采用碱熔融-火焰光度法;碱解氮测定采用碱解扩散法;有效磷测定采用 Olsen-钼蓝比色法;速效钾测定采用 NH_4AC -火焰光度法。

2.2 研究方法

数据分析方法采用修正的转移概率法,利用一系列转移贡献率参数详细分析不同土地利用组分的转出和转入特征,以及特定转移过程在土地利用动态变化过程中的地位与作用。基于组分转移概率矩阵,首先计算了综合治理前后项目区小流域土地利用组分的总体变化情况,以及不同时段组分的保持率(土地利用组分未发生变化的比例),然后重点进行了特定组分转入贡献率参数、特定组分转出贡献率参数、特定转移过程贡献率参数、组分保留率 4 个方面的转移贡献率计算。

此外,采用景观生态学中有关结构数量分析的方法,进行项目区小流域综合治理前后景观结构分异的定量分析,分析了多样性指数(H)、集中化指数(I)、优势度指数(D)、均匀度指数(E)。

3 结果分析

3.1 治理前后小流域土地利用变化结构分析

由表 1 和表 2 可知,除水田、水域、建设用地和难利用地综合治理前后没有发生变化,其他土地利用类型均发生了显著的变化。

(1) 坡耕地中只有坡度较小、土层较厚的 49.99% 得以保留, 3.43% 转变为梯平地, 17.24% 转变为经果林, 29.34% 转变为疏林。

(2) 小流域疏林经过封禁治理,全部转为有林地。

(3) 小流域荒山荒坡全部得到治理,转为疏林。

(4) 综合治理作用下,小流域内梯平地增加了 61.10 hm^2 ,有林地增加了 199.30 hm^2 ,经果林增加了 306.80 hm^2 ,疏林增加了 368.10 hm^2 。

由表 3 和表 4 可知,疏林的增长是小流域最主要的土地利用转入过程,坡耕地的减少是最主要的土地利用转出过程。就土地利用变化过程而言,坡耕地向

疏林的转变是变化幅度最大的土地利用变化过程,占土地利用变化总量的 46.00%;其次是坡耕地向经果林的转变,占土地利用变化总量的 27.04%;接下来依次为疏林向有林地的转变、坡耕地向梯平地的转变以及荒山荒坡向有林地的转变,分别占土地利用变化总量的 17.57%、5.39%和 4.01%。

表 1 2003 - 2005 年土地利用类型变化转移矩阵 hm²

土地利用		治理前							
		耕地			林地		荒山荒坡	水域	建设用地
		水田	梯平地	坡耕地	经果林	疏林			
治理后	水田	1276.0	-	-	-	-	-	-	-
	耕地 梯平地	-	46.6	61.1	-	-	-	-	-
	坡耕地	-	-	889.4	-	-	-	-	-
	有林地	-	-	-	-	199.3	-	-	-
	林地 经果林	-	-	306.8	93.9	-	-	-	-
	疏林	-	-	521.9	-	-	45.5	-	-
	水域	-	-	-	-	-	-	87.7	-
	建设用地	-	-	-	-	-	-	-	324.8
	总面积	1276.0	46.6	1779.2	93.9	199.3	45.5	87.7	324.8

表 2 2003 - 2005 年土地利用类型转移概率矩阵 %

土地利用		治理前							
		耕地			林地		荒山荒坡	水域	建设用地
		水田	梯平地	坡耕地	经果林	疏林			
治理后	水田	100.00	-	-	-	-	-	-	-
	耕地 梯平地	-	100.00	3.43	-	-	-	-	-
	坡耕地	-	-	49.99	-	-	-	-	-
	有林地	-	-	-	-	100.00	-	-	-
	林地 经果林	-	-	17.24	100.00	-	-	-	-
	疏林	-	-	29.34	-	-	100.00	-	-
	水域	-	-	-	-	-	-	100.00	-
	建设用地	-	-	-	-	-	-	-	100.00

表 3 小流域修正的转移概率

指 标	耕地			林地				荒山荒坡	水域	建设用地
	水田	梯平地	坡耕地	有林地	经果林	灌木林	疏林			
特定组分转入贡献率	-	0.0539	-	0.1757	0.2704	-	0.5001	-	-	-
特定组分转出贡献率	-	-	0.7842	-	-	-	0.1757	0.0401	-	-
组分保留率	1.00	1.00	0.4999	1.00	1.00	1.00	-	-	1.00	1.00

表 4 小流域特定服从转移过程贡献率参数

土地利用		治理前		
		坡耕地	疏林	荒山荒坡
治理后	耕地 梯平地	0.0539	-	-
	有林地	-	0.1757	-
	林地 经果林	0.2704	-	-
	疏林	0.4600	-	0.0401

3.2 治理前后小流域景观结构变化

与综合治理前相比,项目区小流域综合治理后土地利用结构的多样性指数(*H*)和均匀度指数(*E*)均有

所增加,集中化指数(*I*)和优势度指数(*D*)有所减小。具体分析:多样性指数(*H*)由 1.366 9 增加到 1.769 7,集中化指数(*I*)减少了 0.197 8,优势度指数(*D*)由 0.830 3 减小到 0.427 6,均匀度指数(*E*)由 49.773 2 增加到 71.784 2。结合分析小流域土地利用变化,小流域土地利用结构多样性指数(*H*)和均匀度指数(*E*)的增加主要是受坡耕地向有林地、疏林和经果林地的转移过程制约,集中化指数(*I*)和优势度指数(*D*)的减少主要也是小流域内占主导地位的坡耕地向其他土地利用类型转变引起的。

3.3 土地利用变化对土壤养分的影响

由第 5 表可知:

(1) 坡耕地转变为梯平地后,土壤中有有机质、全量养分和速效养分均呈增加的趋势。其中有有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷和速效钾分别对应增加了分别增加了 5.6 %、5.0 %、0.4 %、6.0 %、37.3 %、12.6 %和 14.4 %;即碱解氮增加最为明显,其次为全钾、速效钾,全磷增加最少。

表 5 2003 年 1 月与 2006 年 1 月相比对应点位土壤养分的变化情况

土地利用变化 (2003 - 2005 年)	有机质/ (g · kg ⁻¹)	全氮/ (g · kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg · kg ⁻¹)	全磷/ (g · kg ⁻¹)	有效磷/ (mg · kg ⁻¹)	全钾/ (g · kg ⁻¹)	速效钾/ (mg · kg ⁻¹)
坡耕地 - 梯平地	10.8 ~ 11.4	1.41 ~ 1.48	59 ~ 81	0.705 ~ 0.708	51.5 ~ 58.0	14.9 ~ 15.8	44.5 ~ 50.9
坡耕地 - 经果林	11.7 ~ 11.8	1.45 ~ 1.62	43 ~ 64	0.701 ~ 0.708	42.0 ~ 55.5	14.5 ~ 15.5	40.2 ~ 46.3
坡耕地 - 疏林	11.3 ~ 13.6	1.52 ~ 1.85	43 ~ 62	0.684 ~ 0.689	44.8 ~ 42.5	15.2 ~ 15.7	47.4 ~ 48.0
荒草地 - 疏林	16.5 ~ 17.6	1.76 ~ 1.88	47 ~ 53	0.701 ~ 0.710	45.9 ~ 46.2	16.6 ~ 15.8	44.2 ~ 47.8
疏林 - 有林地	18.9 ~ 23.4	1.92 ~ 2.17	59 ~ 64	0.709 ~ 0.745	43.9 ~ 46.4	16.3 ~ 18.8	46.8 ~ 48.8

(3) 坡耕地转变为疏林后,土壤中除有效磷下降外,其它有机质、全量养分和速效养分均呈增加的趋势。其中有有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷和速效钾分别对应增加了 20.4 %、21.7 %、0.7 %、3.3 %、44.2 %、5.1 %和 1.3 %;即碱解氮增加最为明显,其次为有机质和全氮。

(4) 荒草地转变为疏林后,土壤中除全钾下降外,其它有机质、全量养分和速效养分均呈增加的趋势。其中有有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷和速效钾分别对应增加了 6.7 %、6.8 %、1.3 %、4.8 %、12.8 %、0.7 %和 8.1 %;即碱解氮增加最为明显。

(5) 疏林转变为有林地后,土壤中有有机质、全量养分和速效养分均呈增加的趋势。其中有有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷和速效钾分别对应增加了 23.8 %、13.0 %、5.1 %、15.3 %、8.5 %、5.7 %和 4.3 %;即有机质增加最为明显,全磷和速效 K 增加最少。这可能是因为凋落物量大大增加,促使有机质含量呈明显的增加趋势。

通过以上的分析表明,流域综合治理过程,对土地进行了退耕还林还草、封禁治理、坡改梯等治理措施,对原有的土地利用方式造成了改变,土壤养分总体水平均有提高,但仍具有细微差异,具体为:

(1) 坡耕地转变为梯平地,碱解氮、有效磷和速效钾增长较快,主要原因在于坡耕地转变为梯平地,减少坡面土壤流失,养分随土壤流失减少所致。与有机质增加不明显对照,可能是由于人为的干扰及农田归还土壤的生物量较少有关。

(2) 坡耕地转变为经果林后,土壤中有有机质、全量养分和速效养分均呈增加的趋势。其中有有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷和速效钾分别对应增加了 0.9 %、12.4 %、1.0 %、6.9 %、48.8 %、32.1 %和 15.2 %;即碱解氮增加最为明显,其次为有效磷,有机质增加最不明显。这可能是因为坡耕地转变为经果林不久,土壤还未接收较多的林地凋落物及仍可能受到人为活动影响有关系。

(2) 坡耕地转变为经果林,碱解氮增加显著,说明经果林及林下草地覆盖在保持土壤肥力方面有一定效果,但是全磷和有机质水平的基本持平,有效磷和速效 K 的增长明显。

(3) 坡耕地转变为疏林,有机质、全氮、碱解氮增长均较明显,而有效磷反而下降,说明了疏林能够逐渐增加土壤肥力,并可以增加土壤氮库容量,但效果缓慢。

(4) 荒草地转变为疏林,各项指标均缓慢增长,且增长平衡,对土壤质量提高有积极作用,但仍显效果缓慢。

(5) 疏林转变为有林地,有机质增加极为显著,速效钾增长明显,其它指标较为平均,说明有林地对于土壤质量与肥力增长的积极作用,并具有相当良好的土壤保持作用,使得土壤中的速效钾能够逐渐富集。

4 结 论

本研究以重庆市长寿区北部的云台镇代家沟小流域作为研究对象。分析了研究区小流域土地利用变化对土壤养分的影响,主要结论如下:

(1) 疏林经过封禁治理后全部转为有林地,荒山荒坡得到治理后转为疏林。坡耕地向疏林的转变是变化幅度最大的土地利用变化过程;其次是坡耕地向经果林的转变;接下来依次为疏林向有林地的转变、坡耕地向梯平地的转变以及荒山荒坡向疏林的转变。

(下转第 228 页)

均径流系数由 0.09 下降为 0.07,下降了 22.22%。在相同的降水条件下,根据不同土地利用降水与径流的拟合曲线进行预测,发现 1981 - 2000 年间土地利用产流比 1968 - 1980 年间减少了 15% ~ 30%。

(3) 不同土地利用在相同降水条件下的产流仅在生长季节具有明显差异^[8-9],也就是说土地利用变化对产流的影响具有季节性,在枯水季节无显著影响。但是径流的峰值滞后于降水的峰值,可能与植被的削洪减洪作用有关。

参考文献:

- [1] 陆军锋,李秀彬. 森林植被变化对流域水文影响的争论[J]. 自然资源学报, 2001, 16(5): 474-480.
- [2] 黄明斌,康绍忠,李玉山. 黄土高原沟壑区森林和草地小流域水文行为的比较研究[J]. 自然资源学报, 1999, 14(3): 226-231.
- [3] 王礼先. 面向 21 世纪的山区流域经营[J]. 山地研究, 1998, 16(1): 3-7.
- [4] 刘贤赵,宿庆,宋孝玉,等. 黄土高原长武试验区土地利用变化对产水量的影响[J]. 农业现代化研究, 2004, 25(1): 59-63.
- [5] 郝芳华,陈利群,刘昌明,等. 土地利用变化对产流和产沙的影响分析[J]. 水土保持学报, 2004, 18(3): 5-8.
- [6] Boothd B, Karr J R, Schauman S, et al. Reviving urban streams: land use, hydrology, biology, and human behavior[J]. Journal of the American Water Resources Association, 2004, 40(5): 1351-1364.
- [7] 王礼先,张志强. 干旱地区森林对流域径流的影响[J]. 自然资源学报, 2001, 16(5): 439-444.
- [8] 王盛萍,张志强,孙阁,等. 黄土高原流域土地利用变化水文动态响应:以甘肃天水吕二沟为例[J]. 北京林业大学学报, 2006, 28(1): 48-54.
- [9] 张晓明,余新晓,武思宏,等. 黄土丘陵沟壑区典型流域土地利用/土地覆被变化水文动态响应[J]. 生态学报, 2007, 27(2): 415-424.

(上接第 223 页)

(2) 流域综合治理后,根据坡耕地转变梯平地、坡耕地转变为经果林和坡耕地转变为疏林后对土壤养分的改变情况,可以计算出坡耕地向其它土地利用类型转变后,其土壤养分平均含量提高情况。其中有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷和速效钾分别对应增加了 15.77%、13.03%、0.7%、5.4%、43.4%、16.6%和 9.4%

(3) 流域综合治理退耕还林还草、坡改梯等治理措施,不仅改变了土地覆盖、微地形,防治了水土流失和土地退化,而且还在一定程度上提高了土壤养分。特别是有机质的增加很明显,改变了土壤的结构,更有效的控制了水土流失的发生,提高了土壤的质量。

参考文献:

- [1] Fu B J, Chen L D, Ma K M, et al. The relationship between land use and soil conditions in the hilly area of loess plateau in northern Shaanxi, China[J]. Catena, 2000, 39: 69-78.
- [2] Fu B J, Ma K M, Zhou H F, et al. The effect of land use structure on the distribution of soil nutrients in the hilly area of the Loess Plateau, China[J]. Chinese Science Bulletin, 1999, 44(8): 732-736.
- [3] Burel F, Baudry J, Lefeuvre J C. Landscape structure and the control of water runoff [C]// Bunce R G H, Ryszkowski L, Paoletti M Geds. Landscape Ecology and Agroecosystems. Boca Raton, FL: Lewis, 1993: 41-47.
- [4] 陈利顶,傅伯杰. 干扰的类型、特征及其生态学意义[J]. 生态学报, 2000, 20(4): 581-586.
- [5] Lai R. Mechanized tillage systems effects on properties of a tropical Alfisol in watershed cropped to maize[J]. Soil & Tillage Research, 1985, 6: 149-162.
- [6] Rooss M. Organic matter in tropical soils: current conditions, concerns and prospects for conservation[J]. Progress in Physical Geography, 1993, 17: 265-305.