

# 植被恢复对侵蚀坡地表层土壤性质的影响

孙丽芳<sup>1</sup>, 李勇<sup>1</sup>, 张晴雯<sup>1</sup>, 何福红<sup>2</sup>, 李嵘<sup>1</sup>

(1. 中国农业科学院 农业环境与可持续发展研究所, 北京 100081; 2. 鲁东大学 地理与资源管理学院, 山东 烟台 264025)

**摘要:** 为了评价表层土壤有机碳和养分对放牧和不同植被类型互作的反应, 选择四川省西昌市西溪乡牛郎村马家松坡放牧丘陵坡地, 分别在坡顶、上、中、下部各层采集有乔木(桉树)、灌木(米油枝)、草本 3 种植物覆盖以及无植被覆盖的 0—5 cm 表层土壤, 测定分析了土壤容重、土壤有机碳、速效氮含量。结果表明, 植被对改善表层土壤有机碳和速效氮含量的作用大小顺序为: 米油枝 > 草本植物 > 桉树。米油枝、草本植物能显著提高土壤有机碳和速效氮含量, 桉树改善表层土壤有机碳和速效氮含量的作用则比较小。不同坡位对土壤有机碳、速效氮含量无显著影响。不同植被类型下表层土壤容重变化为: 米油枝下土壤 < 桉树下土壤 < 草地 < 裸地。米油枝能显著降低表层土壤容重, 而在不同坡位间无显著差异。不同植被类型下表层土壤对放牧的反应不同。放牧显著降低了桉树林下表层土壤有机碳和速效氮的含量, 对米油枝和草本植物覆被下表层土壤性质的影响不显著。

**关键词:** 植被恢复; 放牧; 有机碳; 速效氮; 表层土壤

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2007)03—0013—05

中图分类号: S158.3

## Effect of Combining Actions of Grazing and Vegetation Rehabilitation on Surface Soil Property of an Eroded Hillslope Land

SUN Li-fang<sup>1</sup>, LI Yong<sup>1</sup>, ZHANG Qing-wen<sup>1</sup>, HE Fu-hong<sup>2</sup>, LI Rong<sup>1</sup>

(1. Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, CAAS, Beijing 100081, China;

2. College of Geography and Resource Management, Ludong University, Yantai, Shandong 264025, China)

**Abstract:** The purpose of this research was to estimate the response of surface soil organic carbon and soil nutrition to the combining actions of grazing and vegetation restoration. A grazed hillslope with four types of vegetation in the Majiasongpo catchment, Xichang, Sichuan Province was investigated to understand the effects of grazing on surface soil organic carbon (SOC), available nitrogen (N) and bulk density. The 0—5 cm surface soil samples at top, upper, middle and lower positions of the eroded hillslope were collected respectively. There were four treatments of tree-growth area, shrub-growth area, natural-grass re-growth area, and bareland at each slope position. Results show that surface SOC and available N are enhanced with restoration of vegetation. The improving effect of the vegetation ranks in the ascendant order of tree, grass and shrub. Grass and shrub can significantly improve the content of available N, while there is no significant difference found between tree and bare land. Differences in SOC and available N between slope positions are not significant. Treatments, in terms of increased soil bulk density, are shrub, tree, grass and bare land in turn. Significant difference exists between shrub and bare land, and there are no significant differences among other treatments. The response of surface soil to the combining actions is different. Surface SOC and available N are significantly decreased by grazing under the tree, while there are no significant influences under the shrub and grass.

**Keywords:** vegetation restoration; grazing; organic carbon; available nitrogen; surface soil

我国西南丘陵地区过度放牧和高强度人为耕作活动驱动的土壤侵蚀是土壤质量退化的重要原因,同时也造成了土壤碳库的大量损失。为了减缓西南地区严重的侵蚀状况,20 世纪 80 年代以来西南大部分

农耕地、坡耕地退耕后进行人工植被恢复,以修复被扰动破坏的土壤进而平衡生态系统。作为评价土壤质量的一个重要指标,土壤有机碳不仅能增强土壤的保肥和供肥能力、提高土壤养分的有效性,还可促进

收稿日期:2006-10-20

修稿日期:2007-03-02

资助项目:国家自然科学基金项目(40671097)

作者简介:孙丽芳(1982—),女(汉族),陕西府谷县人,硕士,主要从事植被恢复对土壤质量影响方面的研究。E-mail: S.Lifang@ymail.com。

通讯作者:李勇(1958—),男(汉族),陕西省蒲城县人,博士,研究员,主要从事土壤侵蚀方面的研究。E-mail: yongli32@hotmail.com。

团粒结构的形成,改善土壤的透水性,蓄水能力及通气性,增强土壤的缓冲性等<sup>[1]</sup>。土壤速效氮含量则反应了土壤的供氮水平,是表征土壤肥力的主要指标<sup>[2]</sup>。Lal 认为通过生态恢复侵蚀退化土壤能吸收保存 60%~75% 从土壤损失的碳<sup>[3]</sup>。桂林红壤侵蚀区人工植被恢复后有机碳含量和氮素含量呈增加趋势,土壤容重明显降低<sup>[4]</sup>。黄土高原坡耕地退耕后,遭侵蚀破坏的土体构型逐渐趋于恢复,有机碳增加了 27.29%,氮增加了 46.79%,土壤容重、pH 值降低<sup>[5]</sup>。黄和平在皇甫川的研究结果表明植被恢复能提高土壤有机碳、全氮、速效氮、有效磷含量,并且不同类型的植被对提高不同养分含量的效果也有差异<sup>[6]</sup>。这些研究都表明植被恢复能明显改善土壤理化性质。

近年来的研究发现,在我国西南丘陵地区,当地农民在部分人工植被恢复的坡地上放牧家畜。我们认为,放牧对西南丘陵侵蚀坡地不同植被类型下表层土壤性质的影响可能有明显差异。

本研究选择四川省西昌长山岭流域马家松坡典型人工植被恢复坡地进行采样分析,研究不同类型植被恢复以及不同空间因素对土壤理化性状的改善作用,阐明不同植被类型表层土壤有机碳和养分对放牧的反应,为我国西南丘陵放牧侵蚀坡地植被修复提供了科学依据。

## 1 研究地区概况与研究方法简介

### 1.1 研究区概况

研究区域马家松坡位于四川省西南部西昌市境内的长山岭地区,北纬 27°43'46",东经 102°13'20"。地区面积 3.2 km<sup>2</sup>,海拔 1642~1745 m。地处亚热带高原季风气候区,多年平均降水量为 1013.1 mm,但年内降水分布极不均匀。冬半年,受极地大陆气团影响,云雨稀少,降水量不到全年的 10%;夏半年,受印度洋暖湿气流的影响,集中降水 90%,降雨丰沛。气温年差较小,日差较大,年均气温 15.3~19。该区域沟壑纵横,地貌破碎,冲沟系统发达,土壤侵蚀为极强度土壤侵蚀,是典型的长江上游干热河谷区<sup>[7]</sup>。其主要土地利用类型为农业用地和林业用地,主要土壤类型为紫色土,母质为紫色页岩,农业生产依赖水坝蓄水灌溉,主要种植水稻、小麦和大麦,一般年份一年三熟。自然植被多被人工林草所替代,主要类型为桉树、松树、米油枝等。

本研究选取的采样点自 1978 年退耕还林后进行人工植被恢复,后期周边农民在此放养家畜(以水牛为主)。坡地表面有很多支离破碎深浅不一的浅沟和

冲沟,最深的可达 2 m 多,浅的仅 10 cm 左右,最宽的达 1.7 m。沟底、沟侧边都是裸露的土壤,无植被覆盖,整个坡地也都呈斑块状植被覆盖,覆盖密度低,约 60%左右。

通过实地观察、调查总结得出了马家松坡特殊地貌形成的主要原因。(1) 自然因素。该地区降雨量大,并集中在 6—8 月份之间,导致土壤侵蚀严重,冲沟系统发达;(2) 人为因素——放牧。据当地农民介绍,附近家养的水牛都在马家松坡上放养,坡地上几处特别深和宽的沟是牛群上、下坡的路线,经长年累月踩踏、磨蹭逐渐形成的。而且当地农民多选在雨后牧牛,这样更加剧了表土的流失;另外,牛群啃食破坏了植被覆盖,水土保持能力下降。我们还发现坡上形成的沟壑都避开了灌木和树,而且灌木枝条下表土的草丛未被破坏,生长状况要比别处的旺盛;相反,树干周围表土就基本没有草丛生长。从整体看,灌木的覆盖率比乔木和草本高。

### 1.2 样品采集

马家松坡共 9 级梯田,每级梯田的坡度、坡长、植被覆盖度、侵蚀程度均不相同。选择从坡顶部到坡底部的 1,3,5,8 级坡地(即坡顶部,上部,中部和下部)作为采样坡面。各级坡面分别按植被类型乔木(桉树)、灌木(米油枝)、草本以及裸地设置 4 个处理。用环刀采样(0—5 cm),每个处理 3 个重复。采集的土样密封运回实验室。

### 1.3 样品处理及分析

(1) 土壤容重测定——环刀法<sup>[8]</sup>。将环刀采取的新鲜土样称总重,而后取 10 g 土样置于烘箱中 105 过夜烘干,测定土壤水分含量(3 个重复)。计算土壤容重。

(2) 土壤有机碳的测定——重铬酸钾容量法<sup>[9]</sup>。取部分风干土样过 0.15 mm 筛,称取 0.50 g(精确到 0.000 1 g)于 500 ml 三角瓶中,准确加入 1 mol/L 重铬酸钾溶液 10 ml,混匀后加浓硫酸 20 ml,缓慢转动 1 min 使其充分作用,静置 30 min,加蒸馏水稀释至 250 ml,加 2—羧基代二苯胺指示剂 12~15 滴,0.5 mol/L 硫酸铁标准溶液滴定,终点为灰蓝绿色。

(3) 土壤碱解氮的测定——扩散皿法<sup>[9]</sup>。称取过 2 mm 筛的风干土样 2 g(精确到 0.01 g)置于扩散皿外室,加入 0.2 g 硫酸亚铁粉末,旋转扩散皿铺平土样。扩散皿内室加 2 ml 硼酸指示剂,而后扩散皿外室边缘涂上碱性胶液,盖上毛玻璃旋转使其粘合。再转开毛玻璃边上小孔,外室加入 1 mol/L 氢氧化钠溶液 10 ml,饱和硫酸银溶液 0.1 ml。立即盖严转动几下使其黏合,用橡皮筋圈紧,再轻轻摇动扩散皿使

其充分混合;置于40℃恒温箱碱解扩散24h;硫酸标准液滴定内室吸收液中的 $\text{NH}_3$ ,滴定终点为微红色。

#### 1.4 统计分析

本研究中所有数据采用Microsoft Excel软件进行统计分析。

## 2 试验结果

### 2.1 不同植被类型和坡位表层土壤有机碳的变化

由图1数据可知,桉树(9.21 g/kg)、米油枝(15.35 g/kg)、草本(14.73 g/kg)相对于裸地(5.39 g/kg)均显著提高了土壤有机碳含量,其增长的百分比分别为199.06%,340.33%,367.76%,其中桉树达到了显著水平( $p < 0.05$ ),米油枝和草达到了极显著水平( $p < 0.01$ ),米油枝土壤有机碳含量比草地略高,但二者之间有机碳含量没有显著差异。在不同坡

位,土壤有机碳含量的顺序依次为顶部>中部>上部>下部,顶部有机碳含量为14.72 g/kg,下部有机碳含量为8.95 g/kg。坡位对土壤有机碳含量的影响差异不显著。

### 2.2 不同植被类型和坡位表层土壤速效氮含量变化

图2结果显示,土壤速效氮含量依次为米油枝(128.27 mg/kg)>草本(68.87 mg/kg)>桉树(50.58 mg/kg)>裸地(49.64 mg/kg);桉树、米油枝、草本表层土壤速效氮含量比裸地增长的百分比分别为1.88%,158.38%,38.73%,其中土壤表层速效氮含量在米油枝和裸地之间差异达到极显著,草和裸地之间存在显著差异,桉树和裸地之间差异不显著。不同坡位土壤速效氮含量最高的是中部,为78.55 mg/kg,上部最低,为71.98 mg/kg;顺序依次是中部>下部>顶部>上部,4者之间没有显著差异。

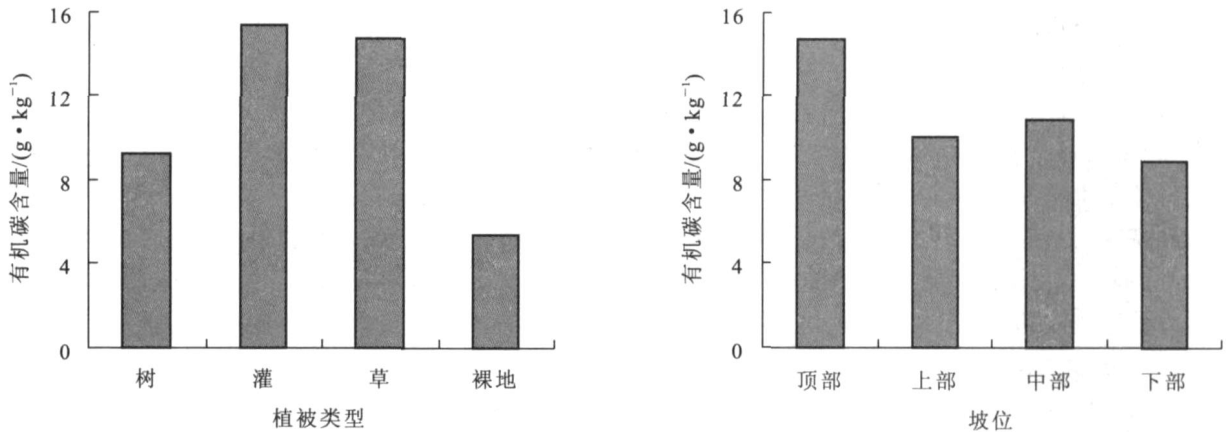


图1 不同植被类型和坡位土壤有机碳含量的变化

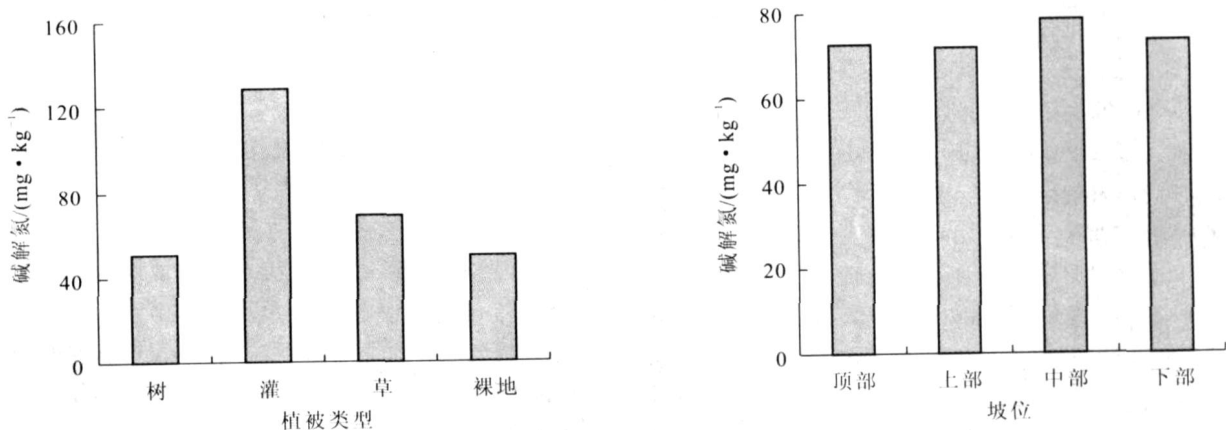


图2 不同植被类型和坡位土壤速效氮含量的变化

### 2.3 不同植被类型和坡位表层土壤容重的变化

桉树、米油枝、草本和裸地0—5 cm表层土壤容重分别为1.35,1.28,1.43,1.43 g/cm<sup>3</sup>,桉树、米油枝和草本之间没有显著差异,只有米油枝和裸地之间存在显著差异。米油枝土壤容重最低,土壤疏松,而桉

树和草本土壤比较紧实,最紧实的是裸地。在不同坡位表层土壤容重大小依次是上部>顶部>中部>下部,其中顶部为1.40 g/cm<sup>3</sup>,上部为1.43 g/cm<sup>3</sup>,中部为1.37 g/cm<sup>3</sup>,下部为1.29 g/cm<sup>3</sup>,4者之间没有显著差异(详见图3)。

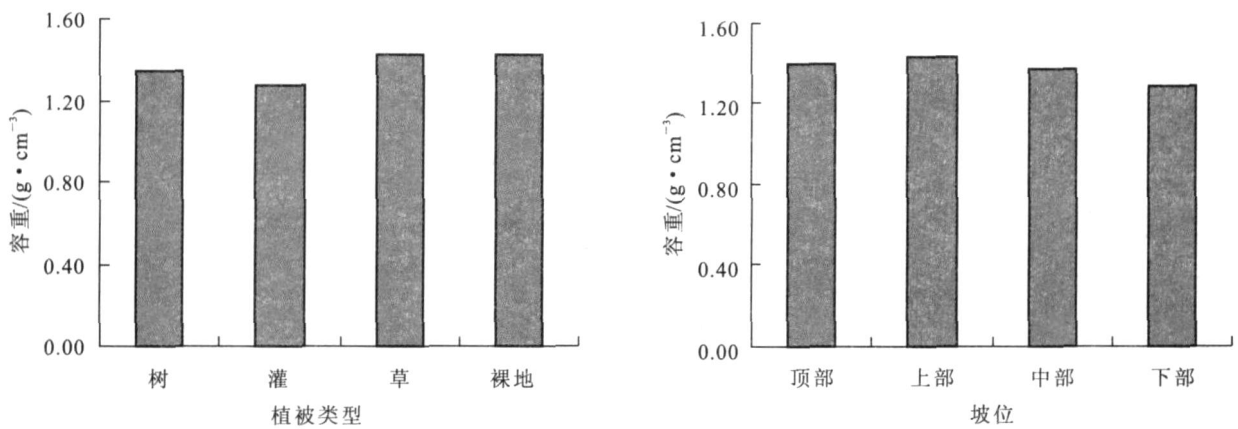


图 3 不同植被类型和坡位土壤容重的变化

### 3 讨论

由本研究结果可以看出,与裸地相比较植被恢复能显著提高土壤有机碳和速效氮的含量,改善土壤表层的性质,这与前人的研究结果相符。很多研究结果表明植被恢复后,土壤有机碳、全氮、速效氮、有效磷等养分含量都有不同程度的提高,土壤容重、水分、空隙度等物理性质也有显著的改善<sup>[4-6,10-12]</sup>。该研究中人工植被恢复对土壤养分有显著的改善作用,米油枝的效果最为显著,与裸地相比提高土壤有机碳和速效氮的能力都达到了极显著水平( $P < 0.01$ );其次,草本显著( $P < 0.05$ )地提高了土壤有机碳和速效氮的含量;桉树林显著( $P < 0.05$ )提高土壤有机碳的含量。大多数研究表明,不同类型植被恢复对提高土壤质量贡献的大小依次是乔木 > 灌木 > 草本 > 撂荒地<sup>[5,11-13]</sup>;较少研究表明,灌木对提高土壤质量的贡献比乔木高<sup>[14-15]</sup>。我们的研究结果显示,在放牧丘陵坡地,不同植被类型对土壤质量恢复的贡献大小依次为灌木 > 草本 > 乔木,其中灌木对放牧的反应比较小,桉树对放牧的反应比较显著。米油枝因为其物理形态的保护而避免了牛群的踩踏、啃食,减轻了表层植被和土壤受破坏程度,因而表土疏松,土壤有机碳和养分含量较高;米油枝同时也为草本植物提供了庇护场所;另外枯落物回归土壤后分解转化提高了有机碳和速效氮的含量。所以,米油枝下表层土壤的理化性质得到显著的恢复。相反,放牧对桉树和草本造成的负面影响比较明显。由于牛群的踩踏、啃食,桉树下几乎无植被覆盖,表土层被破坏,土壤有机碳和速效氮含量显著低于米油枝,土壤速效氮含量和容重与裸地土壤之间无显著差异。草本植物是牛群的主要啃食对象,坡地上大多数草本植物被啃食、踩踏,地表裸露。因此我们可以推断出,在西南地区放牧和植被

恢复互作下,不同植被类型对土壤有机碳和养分的贡献不一,米油枝有较强的生长优势,能显著改善表层土壤性质。

有研究表明,坡耕地景观土壤有机质和养分在径流冲刷和耕作侵蚀互作下汇集于坡下部,含量显著高于其它坡位,而其它坡位之间无显著差异<sup>[16-21]</sup>。本研究结果略有不同,显示坡位对土壤有机碳、速效氮含量和容重的影响不显著。研究地区因为 20 a 多的强度放牧活动,导致各坡位的地貌特征和植被覆盖率发生了很大变化,以沟蚀为主的侵蚀过程加剧<sup>[21,7]</sup>。因此单纯坡位因素对土壤有机碳、速效氮含量以及容重的影响差异不显著,这也导致土壤养分含量随坡位呈不规则变化。在坡下部坡度较陡、侵蚀严重、植被覆盖率最低,从坡顶冲刷下来的表土和水绝大部分进入了水田,很难在坡脚堆积。这可以解释坡下部土壤有机碳、速效氮含量相对其它坡位更低的原因。

总之,不同的植被类型恢复对土壤性质有明显的改善作用,不同的植被类型对放牧的反应也是不同的:桉树和草地土壤受放牧的影响比较大,对土壤养分的保存和提高能力受到了破坏,相比较而言,米油枝受影响比较小,主要因为其形态结构能有效阻挡家畜的踩踏和啃食。因此,在人工植被恢复的丘陵坡地放牧,不仅要控制放牧强度和改变雨后放牧的方式,还要扩大灌木的种植密度,这样不仅能保持植被恢复的效果更能促进草地的生长,草灌相结合能更好地达到改善土壤理化性质作用。

### 4 结论

在我国西南丘陵坡地实施的植被恢复工程,能显著提高有机碳和速效氮的含量,坡位对土壤表层性质影响不显著。与草类植物和乔木林(桉树)比较,灌木(米油枝)在放牧强度较大的丘陵地区不仅具有较强

的生长优势,而且具有较好的改良土壤性质的功能。不同植被恢复类型对表层土壤性质的不同反应表明:在西南丘陵侵蚀山地,一定要注意控制放牧的强度,并且选择合理的植被恢复类型,尤其应加强草灌结合的植被恢复方式,只有这样才能实现畜牧业发展与环境保护的双赢。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 李学垣. 土壤化学[M]. 北京:高等教育出版社,2001, 49.
- [2] 张俊华,常庆瑞,贾科利,等. 黄土高原植被恢复对土壤肥力质量的影响研究[J]. 水土保持报,2003,17(4): 38—41.
- [3] Lal R. Soil management and restoration for C sequestration to mitigate the accelerated greenhouse effect[J]. Progress in Environmental Science. 1999,1(4):307—326.
- [4] 陆树华,李先琨,吕仕洪,等. 桂林红壤侵蚀区植被恢复过程的土壤理化性质变化[J]. 广西科学,2006,13(1): 52—57.
- [5] 彭文英,张科利,陈瑶,等. 黄土坡耕地退耕还林后土壤性质变化研究[J]. 自然资源学报,2005,20(2):272—278.
- [6] 黄和平. 皇甫川流域植被恢复对改善土壤肥力的作用研究[J]. 水土保持通报,2005,25(3):37—40.
- [7] 何福红,李勇,李璐,等. 基于GPS技术的长江上游山地冲沟的分布特征研究[J]. 水土保持学报,2005,19(6): 19—22.
- [8] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,1999. 269—271.
- [9] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社出版,2000. 34—35,56—58.
- [10] 姜培坤,周国模,钱新标. 侵蚀型红壤植被恢复后土壤养分含量与物理性质的变化[J]. 水土保持通报,2004, 18(1):12—14.
- [11] 李勇. 黄土高原植物根系与土壤抗冲性[M]. 北京:科学出版社出版,1995. 112.
- [12] 张红. 不同植被覆盖下子午岭土壤养分状况研究[J]. 干旱地区农业研究,2006,24(2):66—69.
- [13] 王洪杰,李学文,史学正,等. 不同土地利用方式下土壤养分的分布及其与土壤颗粒组成关系[J]. 水土保持学报,2003,17(2):44—46.
- [14] 王国梁,刘国彬,许明祥. 黄土丘陵纸坊沟流域植被恢复的土壤养分效应[J]. 水土保持通报,2002,22(1): 1—5.
- [15] 巩杰,陈利顶,傅佰杰,等. 黄土丘陵区小流域植被恢复的土壤养分效应研究[J]. 水土保持学报,2005,19(1):93—96.
- [16] LI Y, Zhang Q W, D. C. Reicosky, et al. Using  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{210}\text{Pb}$  for quantifying soil organic carbon redistribution affected by intensive tillage on steep slopes[J]. Soil & Tillage Research,2006,86:176—184.
- [17] LI Y M. Lindstrom. Evaluating soil quality—soil redistribution relationship on terraces and cultivated steep hill slope[J]. Soil Science Society of America Journal, 2001, 65:1500—1508.
- [18] 高雪松,邓良基,张世熔. 不同利用方式与坡位土壤物理性质与养分特征[J]. 水土保持学报,2005,19(2): 53—56.
- [19] 刘世梁,傅佰杰,吕一河,等. 坡面土地利用方式与景观位置对土壤质量的影响[J]. 生态学报,2003,23(3): 414—420.
- [20] 郭胜利,刘文兆,史竹叶,等. 半干旱区流域养分分布特征及其与地形、植被的关系[J]. 干旱地区农业研究, 2003,21(4):40—43.
- [21] 李勇,张建辉,赵永涛,等. 长江上游干暖河谷冲沟景观的发生演变[J]. 世界科技研究与发展,2001,23(4): 58—62.