

# 吉林省低山丘陵区水土保持措施对土壤性质的影响

张玉斌<sup>1</sup>, 曹宁<sup>1</sup>, 苏晓光<sup>2</sup>, 许晓鸿<sup>3</sup>, 闫飞<sup>1</sup>, 杨振明<sup>1</sup>

(1. 吉林大学 植物科学学院, 吉林 长春 130062; 2. 吉林省梅河口市水利局,  
吉林 梅河口 135000; 3. 吉林省水土保持研究院, 吉林 长春 130033)

**摘要:** 研究了吉林省东部低山丘陵区水土保持措施对土壤性质的影响, 并对各水土保持措施的蓄水保土效益进行了分析。研究结果表明, 顺垄试验小区蓄水保土效果最差; 地埂植物带、灌木埂试验小区水土保持效益居中; 生态修复、横垄试验小区水土保持效益较高; 水平坑试验小区水土保持效益相当高。不同水土保持措施之间对土壤物理性质的影响存在差异, 以生态修复对土壤 pH、容重和田间持水量的修复最为明显; 各水土保持措施对土壤颗粒组成, 即土壤质地的修复效果均不明显, 可见水土保持措施并不能在较短时间内改善土壤质地。在进行水土保持措施较短时间内, 土壤 SOC 的消耗要大于其累积, 使其在较短时间内无法取得较好的 SOC 恢复效果。速效养分含量受水土保持措施影响非常大, 土壤速效养分一部分随土壤侵蚀流失, 一部分为植物所吸收利用, 从而导致各水土保持措施土壤速效养分含量差异较大, 其中生态修复措施对土壤速效养分的恢复效果最佳。在目前现有的水土保持措施下, 选择生态修复措施, 即自然撂荒是短时期内吉林省东部低山丘陵区进行小流域治理、退耕还林(草)工程和恢复土壤肥力质量较好的选择途径。

**关键词:** 低山丘陵区; 水土保持措施; 土壤性质; 吉林省

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2009)05-0224-06

中图分类号: S157.1

## Effects of Soil and Water Conservation Measures on Soil Properties in the Low Mountain and Hill Area of Jilin Province

ZHANG Yu-bin<sup>1</sup>, CAO Ning<sup>1</sup>, SU Xiao-guang<sup>2</sup>, XU Xiao-hong<sup>3</sup>, YAN Fei<sup>1</sup>, YANG Zheng-ming<sup>1</sup>

(1. College of Plant Science, Jilin University, Changchun, Jilin 130062, China; 2. Meihekou Bureau of Water Resources, Meihekou, Jilin 135000, China; 3. Institute of Soil and Water Conservation of Jilin Province, Changchun, Jilin 130033, China)

**Abstract:** Effects of soil and water conservation measures on soil properties in the low mountain and hill area of Jilin Province were studied and the benefits of soil and water conservation measures were analyzed. Results showed that the benefit of bedding ridge plot was the worst; the benefit of field bund floral zone and fell bush bund plot, in medium level; the benefit of ecology restoration and lagging ridge plot, very good; and the benefit of horizontal plat form field plot, the best. Study of soil and water conservation benefits from different measures can provide a foundation for local cultivation methods. There were differences in effects of different soil and water conservation measures on soil physical properties. The rehabilitation obviously improved soil pH, soil bulk density, and field water holding capacity and however, the effect of soil and water conservation measures on soil texture was unobvious. In short period, the rehabilitation of SOC by soil and water conservation measures could not get better effect. The differences of soil available nutrients resulted from different soil and water conservation measures were significant because of soil texture, vegetation, and other conditions. In view of current soil and water conservation measures, ecology restoration was the best choice to manage small watershed and restore soil quality.

**Keywords:** low mountain and hill area; soil and water conservation measure; soil property; Jilin Province

收稿日期: 2009-02-21

修回日期: 2009-03-08

资助项目: 吉林大学农学部引进人才启动基金项目(430505010299); 国家科技支撑计划项目(2006BAD09B01); 公益性行业(农业)科研专项(200803030)

作者简介: 张玉斌(1977—), 男(汉族), 山东省莒南人, 博士, 讲师, 主要研究方向为土壤侵蚀与水土环境效应。E-mail: ybzhang@jlu.edu.cn。

通信作者: 杨振明(1963—), 男(汉族), 吉林省柳河县人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为植物逆境生理分子生物学。E-mail: zmyang@jlu.edu.cn。

土壤质量是与土壤的各种形成因素及土壤耕作引起的动态变化有关的一种固有的土壤属性<sup>[1]</sup>,它不仅是自然属性,亦是人为作用的结果<sup>[2]</sup>。土地利用作为人类利用土地各种活动的综合反映<sup>[3]</sup>,是影响土壤质量变化最普遍、最直接、最深刻的因素<sup>[4]</sup>。土地利用变化可引起许多自然现象和生态过程变化,如土壤养分、土壤水分、土壤侵蚀、土地生产力、生物多样性和生物地球化学循环等。因此,研究土地利用变化对了解区域生态环境乃至全球环境变化具有重要的参考意义。近年来,不同利用方式下土壤质量变化已受到了广泛重视,不同领域的学者开展了一系列工作以研究土地利用与土壤质量之间的关系<sup>[5-6]</sup>,但在研究中对小流域治理中水土保持措施对土壤质量的影响等方面的报道较少。

吉林省低山丘陵区土壤贫瘠,农业生产活动剧烈,加之降雨多以夏季暴雨为主,造成了该地区严重的土壤侵蚀现象。该区土壤侵蚀主要受地形、人为耕作和夏季降雨集中等因素的影响,侵蚀模数远远大于土壤的生成速率,也远高于东北黑土区的允许年土壤流失量( $200 \text{ t/km}^2$ )<sup>[7]</sup>。迄今为止,关于吉林省东部低山丘陵区水土保持措施方面的研究多集中于水土流失状况、水土流失规律、土壤的退化机理,水土保持措施对土壤侵蚀强度等方面<sup>[8-12]</sup>,而关于该区水土保持措施对土壤质量的影响等方面的研究尚未见报道。鉴于此,本文选择了自2004年以来实施水土流失防治工程的吉兴小流域为研究区,研究该小流域土壤理化性质的变化,探讨不同水土保持措施方式下土壤质量状况,旨在了解前文所提及的进行了多年的水土流失治理小流域的土壤质量变化,研究水土保持措施对土壤质量的影响,为吉林省东部低山丘陵区进行小流域治理提供科学依据,也可以为当前生态文明建设、生态恢复和重建、土壤生态环境效应评价提供理论依据。

## 1 研究区基本情况<sup>[13]</sup>

吉兴小流域地处梅河口市吉乐乡境内,位于 $125^{\circ}28'13''\text{E}$ — $125^{\circ}31'34''\text{E}$ , $42^{\circ}10'26''\text{N}$ — $42^{\circ}14'32''\text{N}$ ,属于辉发河水系。海拔高度 $392.8\sim 969.1 \text{ m}$ ,高程差值达 $576.3 \text{ m}$ ,流域面积为 $12.68 \text{ km}^2$ 。流域内地势东、南、西部高,北部低,大部分地段坡度变化较大,为典型低山丘陵区。吉兴小流域地质分布主要为太古宙古老变质岩系。

吉兴小流域植被属于温带针、阔混交林,境内绝大部分是天然次生林,以阔叶林为主,林草覆盖率为 $81.4\%$ 。流域内的土壤类型主要是暗棕壤、白浆土、

草甸土、冲积土等。吉兴小流域属典型大陆性季风气候,多年平均降水量为 $708.8 \text{ mm}$ ,6—8月降水量占全年降水的 $70\%$ 以上,降雨集中,降水强度大,易产生地表径流。多年平均气温 $4.02^{\circ}\text{C}$ ,全年 $10^{\circ}\text{C}$ 积温 $2732.01^{\circ}\text{C}$ ,多年平均日照时数 $2556 \text{ h}$ ,年均大风日数 $25 \text{ d}$ 。目前,该流域水土流失面积达 $5.98 \text{ km}^2$ ,占总面积的 $47.2\%$ ,其中轻度侵蚀面积 $5.40 \text{ km}^2$ ,中度侵蚀面积 $0.16 \text{ km}^2$ ,强度侵蚀面积 $0.28 \text{ km}^2$ ,极强度侵蚀面积 $0.14 \text{ km}^2$ 。年平均侵蚀模数为 $1906.2 \text{ t/km}^2$ 。水土流失主要类型为水蚀,集中表现为坡耕地的面蚀和侵蚀沟的沟蚀。耕地中水土流失面积为 $76.2 \text{ hm}^2$ ,占耕地面积的 $77\%$ 。流域内现有9条侵蚀沟,总长度 $2.3 \text{ km}$ ,占地 $0.92 \text{ hm}^2$ ,沟壑密度 $0.21 \text{ km/km}^2$ 。

## 2 研究方法

### 2.1 小区布设<sup>[13]</sup>

试验区内共设7个试验小区,土壤类型为暗棕壤,坡度均为 $7^{\circ}$ ,每个径流小区长 $30 \text{ m}$ ,宽 $5 \text{ m}$ ,面积 $150 \text{ m}^2$ ,小区间距 $0.5 \text{ m}$ 。小区边界用砖石围成,下部为分级集流设备,由上到下依次为一级分水箱、二级分水箱、集流桶。分水箱和集流桶是按照20年一遇 $3\sim 6 \text{ h}$ 最大降雨标准设计,其中一级分水箱11孔,二级分水箱7孔。一、二级分水箱底面积 $1 \text{ m}^2$ ,可集水高度 $70 \text{ cm}$ ,集流桶底面积 $0.28 \text{ m}^2$ ,可集水高度 $77 \text{ cm}$ 。2枚探头与地表(垄沟下方)距离 $20 \text{ cm}$ ,与自动气象站相连,随时监测土壤水分状况。各小区水土保持措施安排见表1。裸地小区在整个观测季节按农事活动进行地面处理,但保持地表裸露,不种植任何作物,保持草被覆盖不超过 $5\%$ 。将各种水土保持措施下的水土流失量与裸地水土流失量进行对比,可以分析减水减沙效益;将顺垄与横垄小区侵蚀量做对比,可以分析改垄效益。

### 2.2 水土保持效益计算

植被和土地利用无疑是影响控制侵蚀产生的强度和频率的重要因素<sup>[12,14]</sup>。土壤侵蚀预报模型中所用的水土保持效益值 $P$ 是在坡度、土壤等其它影响因素都相同的情况下,该水保措施下的土壤侵蚀量与裸地土壤侵蚀量的比值,即各种水保措施的保土量与侵蚀模数和面积乘积的比值。它反映了不同水保措施保土效果的好坏,其值越小,则侵蚀愈强烈,保土效果越差。

由水利部颁布水土保持综合治理技术规范<sup>[15]</sup>可以计算各项水保措施相对于裸地试验小区的拦蓄径流和减少泥沙百分比,即减水效益和减沙效益。

### 2.3 土壤样品采集与分析方法

在坡面上按照坡上、坡中、坡下“S”型多点采集土壤样品的方法,在表层 0—20 cm 采集土壤样品供测试分析。

土壤理化性质分析参照文献[16],pH 值用酸度计法,土壤容重用环刀法,有机碳(SOC, soil organic

matter)用丘林法(即  $K_2Cr_2O_7-H_2SO_4$  外加热法),碱解氮用碱解扩散吸收法,速效磷用碳酸氢钠法(即 Olsen 法),速效钾用火焰光度法测定,土壤颗粒组成用比重计法测定。数据处理采用 SAS 统计分析软件,同水土保持措施之间的差异采用 LSD 法进行多重比较。

表 1 吉兴小流域水土保持措施小区布设及植被概况

编号	水土保持措施	布设形式	主要植被
1	裸地	保持地表裸露	杂草(覆盖率 < 5%)
2	生态修复(撂荒地)	自然撂荒,无人处理	蒿草( <i>Kobresia</i> )等杂草
3	地埂植物带	每 5 m 一条埂,共 5 条	黄花菜( <i>Themocallis citrina</i> )
4	灌木埂	每 5 m 一条埂,共 5 条	紫穗槐( <i>Amorpha fruticosa</i> )
5	水平坑	每 5 m 一组鱼鳞坑,共 5 条,坑中栽培李子树	李子( <i>Prunus</i> , spp.)、星星草( <i>Puccinellia tenuiflora</i> )及蒿草( <i>Kobresia</i> )等杂草
6	横垄	垄距 0.65 m	玉米( <i>Zea mays</i> L.)
7	顺垄	垄距 0.65 m	玉米( <i>Zea mays</i> L.)

注:小区规格:30 m × 5 m,坡度(7°),监测从 2004 年开始。

## 3 结果与分析

### 3.1 水土保持措施蓄水保土效益分析

由表 2 可以看出,采取水土保持措施的试验小区的水土保持效益显著。由径流小区实测资料可知,采取水土保持措施的试验小区的产流量和产沙量均小于裸地。由 2004 年<sup>[13]</sup>和 2007 年的试验资料可以看出,生态修复试验小区的保土效果非常好,平均土壤侵蚀模数只有 42.68 t/km<sup>2</sup>;水平坑试验小区几乎没有产生土壤流失。生态修复和横垄试验小区产流量较少,属于蓄水保土效益比较好的水土保持措施。水平坑试验小区几乎没有径流产生。相对于裸地试验小区,顺垄试验小区水土保持效益最差,2004 年减水

效益为 9.71%,减沙效益仅为 2.03%;而由于 2007 年降水量(5—9 月,490.4 mm)大于 2004 年降水量(6—10 月,76.3 mm),该措施小区的水、土流失量均高于裸地试验小区,所以顺垄措施在该区起不到或只能起到较小的蓄水保土效果。地埂植物带、灌木埂试验小区水土保持能力相当,水土保持效益居中等水准,在降水量较高的年份(2007 年)地埂植物带的保水效益要低于灌木埂试验小区;生态修复试验小区减水效益为 75.31%,减沙效益为 97.23%,属水土保持效益较高的水保措施;横垄试验小区水土保持效益很高,特别是在降水较多年份其效益更高,可见改垄效益相当明显;水平坑试验小区减水效益和减沙效益接近 100%,是水土保持效益最高的措施。

表 2 水土保持措施蓄水保土效益分析

水土保持措施	径流深/ mm	侵蚀模数/ (t · km <sup>-2</sup> )	减水效益		减沙效益		
			效益/ %	减水量/(m <sup>3</sup> · km <sup>-2</sup> )	效益/ %	减沙量/(t · km <sup>-2</sup> )	
2004 年	裸地	27.10					
	生态修复	6.70	85.20	75.31	136 000.00	97.23	2 985.50
	地埂植物带	9.20	629.50	66.09	119 333.30	79.50	2 441.20
	灌木埂	9.20	601.40	66.09	119 333.30	80.42	2 469.30
	水平坑	0.10	1.10	99.63	180 000.00	99.96	3 069.60
	横垄	4.10	297.20	84.89	153 333.30	90.32	2 773.50
	顺垄	24.50	3 008.40	9.71	17 333.33	2.03	62.30
2007 年	裸地	11.18	1 007.8				
	生态修复	0.28	0.15	97.50	10 903.33	99.98	1 007.65
	地埂植物带	3.80	307.93	66.02	7 383.33	69.44	699.87
	灌木埂	0.15	322.2	98.63	11 030.00	68.03	685.60
	水平坑	0.25	0.36	97.73	10 930.00	99.96	1 007.44
	横垄	0.10	0.09	99.11	11 083.33	99.99	1 007.71
	顺垄	12.20	2 422.87	- 9.09	- 1 016.67	- 140.41	- 1 415.07

从试验小区水土保持效益分析结果看,顺垄试验小区蓄水保土效果最差;地埂植物带、灌木埂试验小区水土保持效益居中;生态修复、横垄试验小区水土保持效益较高;水平坑试验小区水土保持效益相当高。

### 3.2 土壤物理特性变化

农田土壤侵蚀导致耕层土壤物理性黏粒 ( $< 0.01 \text{ mm}$ ) 流失,而物理性黏粒由于其巨大的比表面积成为有机质、水分和土壤养分的重要载体,因此土壤的不断侵蚀将导致土壤机械组成、容重、有机质、水分和土壤养分的连锁变化<sup>[17]</sup>。

由表 3 可知,不同水土保持措施之间对土壤物理性质的影响存在差异。相对于裸露坡地,除水平坑外,其它措施对土壤容重均有明显的改善,这有可能与进行水平坑措施操作时,将底层黏重的土壤翻压到表层,从而改变了土壤结构有关,这由土壤颗粒组成也可以看得出来。水土保持措施对土壤颗粒组成的修复效果较差,各措施黏粒含量均低于裸地;横垄与水平坑的黏粒略高于其它的措施,可能是由于其水土保持效益较好的原因。生态修复(撂荒地)和顺垄耕作对于提高土壤的田间持水量有较好的效果,而其它措施则在不同程度上降低了田间持水量。由田间持水量的影响因素可知,这与各措施的黏粒含量低于裸地基本上符合。顺垄耕作措施对土壤的物理性质产

生了较坏的影响,可能与该措施水土流失程度较为严重有关,土壤侵蚀带走了表层土壤,从而使下层较为黏重的土壤裸露出来;其容重有所改善,可能由于松土等耕作措施及较多植被进行生长有关。

由于坡面流失的土壤主要是物理性黏粒,颗粒较小,所以随流失量的增加,土壤中粉沙、黏土矿物的含量将减少,而沙粒的比例相应增加。由表 3 可知,研究区各小区土壤黏粒含量均较低;同时,裸地土壤黏粒含量高于其它水土保持措施小区,这一点与前文中各水土保持措施的水土保持效益分析结果不甚相符,即除顺垄小区外,其它小区的水土保持效益均为正效益,可以将侵蚀产生的细小颗粒部分或大部分保留在小区内;而表 3 中土壤颗粒组成与田间持水量的关系不符合土壤中黏粒含量与土壤的持水能力成正比这一关系。该结果表明,水土保持措施并不能在较短时间内改善土壤质地,其对土壤地质的影响机理有待于进一步研究。

各小区土壤 pH 值为中性偏酸,这与研究区土壤为暗棕壤有着密切的关系。由数据可以看出,相对于裸地,生态修复、地埂植物带、灌木埂等水土保持措施可以提高土壤的 pH;顺垄、横垄等措施则会降低土壤 pH;水平坑措施则没有差异。这种现象可能与植被以及土壤母质有关。

表 3 水土保持措施对土壤理化性状的影响

编号	pH	容重/ ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	田间持 水量/ %	有机碳/ ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	碱解氮/ ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	速效磷/ ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	速效钾/ ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	土壤颗粒组成/ %		
								2~0.02 mm	0.02~0.002 mm	<0.002 mm
1	5.44 ±0.24cd	1.29 ±0b	32.76 ±0.36bc	11.08 ±0.09a	42.0 ±0d	16.50 ±0.24d	109.28 ±0.19b	56 ±1.41a	29 ±1.41d	17 ±0a
2	6.15 ±0.04a	1.22 ±0.01c	37.14 ±0.20a	9.07 ±0.09c	129.5 ±12.37a	30.56 ±1.63a	306.13 ±0.23a	53 ±0ab	34 ±0b	13 ±0b
3	5.72 ±0.40bc	1.23 ±0.01c	32.38 ±1.93bc	10.29 ±0.37b	82.25 ±7.42c	20.53 ±0.32b	82.40 ±2.66c	57 ±0a	30 ±0cd	13 ±0b
4	5.80 ±0.01b	1.28 ±0.03b	29.72 ±2.52c	6.74 ±0.03e	24.5 ±0e	11.05 ±1.09e	43.19 ±0f	53 ±0ab	34 ±2b	13 ±0b
5	5.41 ±0.16cd	1.43 ±0.03a	31.28 ±0.66bc	5.63 ±0.13f	77.0 ±0c	9.83 ±0.09f	30.77 ±0.04g	43 ±6c	42 ±0a	15 ±0ab
6	4.12 ±0e	1.23 ±0.03c	31.78 ±3.24bc	7.91 ±0.02d	35.88 ±3.71de	18.85 ±0.39c	53.16 ±2.74e	51 ±0b	33 ±0b	15 ±0ab
7	5.35 ±0.01d	1.24 ±0.02c	33.12 ±0.02b	9.01 ±0.20c	96.25 ±2.47b	16.04 ±0.63d	55.30 ±0.01d	55 ±0ab	31 ±0c	13 ±0b

注:表中不同字母表示差异达 5% 显著水平。

### 3.3 土壤有机碳(SOC)变化

土壤有机碳含量与土壤质量和农业生产力密切相关,增加农业土壤有机碳含量是当前人们普遍接受的提高农业生产力的主要措施之一。土壤侵蚀、土壤结构破坏、有机质的矿化和氧化,以及人为因素会加速土壤有机碳的降低,合理的土壤管理措施可以增加土壤有机碳含量,进而提高土壤质量和增加生产力<sup>[18]</sup>。已有研究表明,土壤有机质减少除受侵蚀影响外,还受耕作活动的强烈影响<sup>[17]</sup>;农业耕作措施是导致土壤 SOC 下降的首要因素<sup>[19]</sup>。如表 3 所示,

各小区土壤 SOC 的含量较低;而且,各种水土保持措施的土壤 SOC 的含量均低于裸地土壤含量;相对其它措施来说,地埂植物带措施的 SOC 含量恢复较快;水平坑措施土壤 SOC 的含量最低。这说明,由于土壤侵蚀的影响,土壤有机质含量急剧降低,即使采取相应的水土保持措施也无法使土壤有机质的含量在短时间内得到较好的恢复。水土保持措施土壤 SOC 的含量低于裸地土壤,虽然水土保持措施有较好的水土保持效益,但这些措施实施时没有进行合理的管理,各小区由于在整个观测季节按农事活动仅进行地

面处理,即没有进行相关管理措施促进土壤 SOC 的恢复,导致土壤中 SOC 的消耗速率要大于其恢复的速率。由此可见,土壤侵蚀对土壤 SOC 的流失影响很大,且各措施没有进行相应的 SOC 的恢复管理措施,即只有消耗没有补充,频繁的翻耕加速了土壤 SOC 的矿化,从而导致各水土保持措施小区 SOC 的含量低于裸地小区。以上分析表明,在进行水土保持措施较短时间内,土壤 SOC 的消耗要大于其累积,使其在短时间内无法取得较好的 SOC 恢复效果。

### 3.4 土壤速效养分变化

一般情况下,土壤中速效 N、K 的含量与土壤粉粒和黏粒的含量成正比;而土壤速效 P 含量一般随黏粒、粉粒含量增加而均呈减少的趋势<sup>[20]</sup>。由分析结果(表 3)可知,受植被覆盖、土壤 pH 等因素的影响,不同水土保持措施对土壤速效养分的恢复效果差异较大。相对于裸地,生态修复、地埂植物带、水平坑和顺垄等措施对于土壤碱解氮的恢复有较好的效果,而灌木埂和横垄 2 种措施则消耗大于恢复,其碱解氮含量低于裸地;这说明土壤 N 素的恢复或流失不仅受到土壤质地的影响,还受到土壤侵蚀强度、植物等因素的影响。各小区土壤速效 P 含量都很低,生态修复、地埂植物带、横垄等措施土壤速效 P 的含量大于裸地,而灌木埂和水平坑措施的速效 P 含量则低于裸地,顺垄耕作措施土壤速效 P 的含量与裸地含量不大,无明显差异;这主要是由于土壤本身含 P 较低,各小区又无磷肥施入补充,不同植物吸收利用土壤速效 P 的速度不同所致。生态修复措施土壤速效 K 的含量明显高于裸地,其它措施速效 K 含量则低于裸地,特别是灌木埂和水平坑 2 种措施土壤速效 K 含量远远低于裸地,在各种措施中这种现象与土壤速效 K 含量一般随黏粒、粉粒含量增加而均呈增加的趋势相反,这可能与土壤 pH 值呈酸性有关,在酸性土壤中速效 K 的含量一般较低。由此可见,速效养分含量受水土保持措施影响非常大,土壤速效养分一部分随土壤侵蚀流失,一部分为植物所吸收利用,从而导致各水土保持措施土壤速效养分含量差异较大。

## 4 讨论

“建设生态文明”是党的十七大提出的一个新的科学命题,水土保持措施是完成这一课题必不可少的组成部分。水土保持措施是以工程、生物等手段为基础,以固土保水为目的。随着生态文明建设的发展,水土保持生物措施在我国生态建设中占有的比例将越来越大,它对土壤的保水培肥有重大作用,也是退耕还林(草)工程重要组成部分。因此,对不同水土保

持措施、水土保持措施生态系统模式及其环境效应、土壤质量演变机理进行研究,对指导生产和小流域综合治理及管理有重要的理论和现实意义。

(1) 从试验小区水土保持效益分析结果看,顺垄试验小区蓄水保土效果最差;地埂植物带、灌木埂试验小区水土保持效益居中;生态修复、横垄试验小区水土保持效益较高;水平坑试验小区水土保持效益相当高。

(2) 在土壤侵蚀过程中,较易流失掉的土壤首先是物理性黏粒等对土壤肥力有着很大影响的细小颗粒,由前文及以前研究结果来看,水土保持措施在蓄水保土效益方面有着不错的效果,必然会将细小颗粒保持在水土保持措施区域内,而直接或间接影响到土壤质地的变化。但由于关于水土保持措施对土壤物理性质的影响等方面的研究很少,其影响机理也没有得到深入透彻的研究。研究结果表明,不同水土保持措施之间对土壤物理性质的影响存在差异,以生态修复对土壤 pH、容重和田间持水量的修复最为明显;各水土保持措施对土壤颗粒组成,即土壤质地的修复效果均不明显,可见水土保持措施并不能在较短时间内改善土壤质地,其对土壤质地的影响机理有待于进一步研究,如对土壤团聚体和微团聚体等其它土壤物理特性的变化方面做进一步的研究。

(3) 研究结果表明,在进行水土保持措施较短时间内,土壤 SOC 的消耗要大于其累积,使其在短时间内无法取得较好的 SOC 恢复效果。黄绍文等研究表明,土壤 OM 含量一般随黏粒、粉粒含量增加而均呈增加的趋势,可能的原因是,土壤 OM 主要与土壤黏粒、粉粒结合成复合体,而土壤中黏粒、粉粒含量愈高,土壤与 OM 结合成复合体的可能性愈大<sup>[20]</sup>。而梁爱珍等人的研究表明<sup>[19]</sup>,黑土开垦后表层 SOC 含量迅速下降,农业管理措施对土壤 SOC 损失量的影响被过高估计。应采取耕作、培肥和工程措施相结合的方法,通过增施有机肥、化肥平衡施用、秸秆还田、深松、宽窄行交替休闲、轮作、保护性耕作、免耕、少耕等措施,增加土壤有机质,改善土壤理化性状和结构,提高地面覆盖,减少对土层扰动,增加抗蚀性,控制侵蚀。同时,广泛引进国内外水土保持先进技术,加强黑土区水土保持的科技投入,将黑土区水土流失防治纳入东北老工业基地振兴战略和国家科技发展战略中,不断总结开发适用的新技术,促进黑土区水土保持的发展<sup>[21]</sup>。

(4) 速效养分含量受水土保持措施影响非常大,土壤速效养分一部分随土壤侵蚀流失,一部分为植物所吸收利用,从而导致各水土保持措施土壤速效养分

含量差异较大,其中生态修复措施对土壤速效养分的恢复效果最佳。姚军等人<sup>[22-23]</sup>的研究结果表明,在一个乡(镇)的范围内,影响土壤养分含量的主要因素是质地,土壤有机质和速效钾含量均随土壤质地由砂壤至黏土,其含量亦由低至高递增,而土壤速效磷含量是轻壤土明显高于砂壤土、中壤土、重壤土和黏土。王岩等的研究结果显示,在酸性土壤中P主要分布在较细的粒级中,而在石灰性土壤中则主要分布在较粗粒级中。但值得指出的是,土壤养分空间变异与多种因素有关,土壤P、Mn、Zn等养分速效含量与不同粒级土粒含量之间的关系还需进一步研究。

(5) 综上所述,在目前水土保持措施下,选择生态修复措施,即自然撂荒是短时期内吉林省东部低山丘陵区进行小流域治理、退耕还林(草)工程和恢复土壤肥力质量较好的选择途径。为更全面的探讨水土保持措施对土壤质量的影响,应进行土壤酶活性的分布特征研究,并结合土壤理化性质,探讨不同水土保持措施方式下的土壤质量状况。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 赵其国,孙波,张桃林. 土壤质量与持续环境 I: 土壤质量的定义及评价方法[J]. 土壤, 1997(3): 113-120.
- [2] 郭旭东,傅伯杰,陈利顶,等. 低山丘陵区土地利用方式对土壤质量地影响: 以河北省遵化市为例[J]. 地理学报, 2001, 56(4): 447-455.
- [3] Turner II B L, Meyer W B. Global land-use and land-cover change: an overview [C]// Meyer W B, Turner II B L. Changes in Land Use and Land Cover: A Global Perspective [C]. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
- [4] 廖晓勇,陈治谏,刘邵权,等. 三峡库区小流域土地利用方式对土壤肥力的影响[J]. 生态环境, 2005, 14(1): 99-101.
- [5] 高中贵,彭补拙,喻建华,等. 经济发达区土地利用变化对土壤性质的影响: 以江苏省昆山市为例[J]. 自然资源学报, 2005, 20(1): 44-51.
- [6] Hobbs R J, Huenneke L F. Disturbance, diversity, and invasion: implications for conservation [J]. Cons. Biol., 1992(6): 324-327.
- [7] 水利部水土保持司. SL2190296, 土壤侵蚀分类分级标准[S]. 北京:中国水利水电出版社, 1997.
- [8] 代全厚,李秋梅,吴立军,等. 长白山江河源头区生态经济系统建设研究初探[J]. 中国水土保持, 2000(7): 21-22.
- [9] 胡维泰,金城. 长白山区域水土流失的防治对策[J]. 吉林水利, 1994(6): 34-36.
- [10] 王燕,宋凤斌,陈国双,等. 半山区小流域综合治理模式与可持续发展对策研究: 以吉林省柳河县圣水小流域为例[J]. 吉林农业大学学报, 2006, 28(1): 68-72.
- [11] 张军海. 大岭川小流域水土流失规律调查分析[J]. 吉林水利, 1996(7): 23-24.
- [12] 黎四龙,蔡强国,吴淑安,等. 次降雨侵蚀量的计算[J]. 泥沙研究, 1999, 25(1): 49-55.
- [13] 韩富伟,张柏,王宗明,等. 吉林省低山丘陵区水土保持措施减蚀效应研究[J]. 吉林农业大学学报, 2007, 29(6): 668-672.
- [14] 韦红波,李锐,杨勤科,等. 我国植被水土保持功能研究进展[J]. 植物生态学报, 2002, 26(4): 489-495.
- [15] 水利部水土保持司. GB/T 2164253, 水土保持综合治理技术规范[S]. 北京:中国水利水电出版社, 1996.
- [16] 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, 2002.
- [17] 闫百兴,汤洁. 黑土侵蚀速率及其对土壤质量的影响[J]. 地理研究, 2005, 24(4): 499-506.
- [18] 杨学明. 利用农业土壤固定有机碳: 缓解全球变暖与提高土壤生产力[J]. 土壤与环境, 2000, 9(4): 311-315.
- [19] 梁爱珍,张晓平,杨学明,等. 东北黑土有机碳的分布及其损失量研究[J]. 土壤通报, 2008, 39(3): 533-538.
- [20] 黄绍文,金继运,杨俐苹,等. 粮田土壤养分的空间格局及其与土壤颗粒组成之间的关系[J]. 中国农业科学, 2002, 35(3): 297-302.
- [21] 刘宝元,闫百兴,沈波,等. 东北黑土区农地水土流失现状与综合治理对策[J]. 中国水土保持科学, 2008, 6(1): 1-8.
- [22] 姚军. 乡(镇)级农田土壤肥力变化与推荐施肥分区[J]. 北京农业科学, 2000, 18(5): 25-29.
- [23] 王岩,杨振明,沈其荣. 土壤不同粒级中C、N、P、K的分配及N的有效性研究[J]. 土壤学报, 2000, 37(1): 85-93.