

Soil Organic Matter Distribution and the Relationship between Physicochemical Properties of Hedgerow Systems in the Three Gorges Reservoir Area*

Jianqiang Li¹, Hongjiang Zhang², Qibo Chen¹, Hongfen Zhou³

¹School of Environmental Science and Engineering, Southwest Forestry University, Kunming

²School of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing

³Department of Soil and Water Conservation Technology, Kunming Engineering & Research Institute of Nonferrous Metallurgy Co., Ltd., Kunming

Email: JQ-Lee83125@hotmail.com

Received: Nov. 7th, 2013; revised: Nov. 19th, 2013; accepted: Nov. 24th, 2013

Copyright © 2013 Jianqiang Li et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. In accordance of the Creative Commons Attribution License all Copyrights © 2013 are reserved for Hans and the owner of the intellectual property Jianqiang Li et al. All Copyright © 2013 are guarded by law and by Hans as a guardian.

Abstract: To achieve the soil organic matter distribution characters and the relationship between physicochemical properties of hedgerow systems in the Three Gorges reservoir area, soil organic matter and physicochemical properties of soil collected from different position in hedgerow systems with different species were tested, and the coefficient between soil organic matter and physicochemical properties was analyzed. The result revealed that 1) the mean value of soil organic matter of the steep land between hedgerows was $6.33 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, and the soil organic matter of soil before, within and behind the hedgerows were higher than that of soil in steep land between hedgerows, by 27.9%, 67.3% and 31.6% respectively. 2) The organic matter of soil in hedgerow systems was correlated positively and highly significantly ($P < 0.01$) with the soil porosity, water content, soil saturated water conductivity, anti-erodibility, anti-scourability and soil water stable aggregates content, and correlated negatively with soil bulk density. In addition, the organic matter of soil in hedgerow systems was highly correlated with soil nutrients, containing total and exchangeable nitrogen, total and exchangeable phosphorus, total and exchangeable potassium, and cation exchangeable capacity.

Keywords: Hedgerow; Soil Organic Matter; Soil Physicochemical Properties; Correlation

三峡库区植物篱系统土壤有机质分布及其与土壤理化性质的关系*

黎建强¹, 张洪江², 陈奇伯¹, 周红芬³

¹西南林业大学环境科学与工程学院, 昆明

²北京林业大学水土保持学院, 北京

³昆明有色冶金设计研究院股份公司水土保持工程技术部, 昆明

Email: JQ-Lee83125@hotmail.com

收稿日期: 2013年11月7日; 修回日期: 2013年11月19日; 录用日期: 2013年11月24日

摘要: 在调查分析长江上游现有坡耕地植物篱的配置方式、生长状况和室内分析植物篱系统内土壤有机质和土壤理化性质分析的基础上, 对3种植物篱系统中土壤有机质分布特征及其与土壤理化性质的关系进行了研究, 结果表明: 坡耕地系统中不同位置土壤有机质含量存在显著差异, 3种植物篱带

*基金项目: 国家科技支撑计划重点项目(2008BAD98B01-03); 西南林业大学生态学校级重点学科项目(XKX200902)。

间坡耕地土壤有机质平均含量为 $6.33 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，植物篱带上、带内和植物篱带下土壤有机质含量比植物篱带间坡耕地土壤有机质平均含量分别增加 27.9%，67.3%和 31.6%；植物篱系统内土壤有机质与土壤孔隙度、土壤含水量、饱和导水率、土壤抗冲指数、土壤抗蚀指数、水稳性团聚体极显著正相关，而与土壤容重呈显著负相关关系。土壤有机质与土壤全氮、水解氮、土壤全钾、有效钾、全磷、有效磷和阳离子交换量具有极显著正相关关系。

关键词：植物篱；土壤有机质；土壤理化性质；相关关系

1. 引言

植物篱是实现山区农业可持续发展的一项适宜模式和种植技术，是一种坡地改良和可持续利用的生物工程措施^[1]，植物篱在改善土壤物理性质，减少土壤养分流失，增加土壤肥力、控制非点源污染等方面具有良好的效果^[2-4]。植物篱刈割的枝叶，可为坡耕地提供绿肥，提高土壤有机质含量，土壤养分的逐渐释放，可以增加土壤养分^[5,6]。植物篱通过增加土壤有机质含量，亦能显著改善耕层土壤的物理性状，增强土壤入渗能力和提高土壤抗冲性从而增强了土壤的抗冲、抗蚀性能^[5,7]。植物篱的等高带状分布形式对于植物篱-坡耕地系统内，对不同位置有机质含量具有显著性影响，其次植物篱系统内不同位置有机质含量与土壤理化性质也具有一定的相关关系。但对于植物篱系统的有机质分布及其与土壤理化性质相关关系的研究较少，为此本文以长江三峡库区不同类型植物篱为研究对象，对植物篱系统的有机质分布及其与土壤理化性质相关关系进行了研究，以期对长江三峡库区坡耕地植物篱模式的确定、植物篱物种的筛选和植物篱建设提供依据。

2. 研究区与研究对象概况

2.1. 研究区概况

本研究主要试验点布设在重庆市江津区。江津区位于长江中上游，三峡库区尾端，属北半球亚热带季风气候区，年平均气温 18.4°C 。年日照时数 1273.6 h，年降雨量 1030.7 mm，无霜期 341 d，年湿度 81%。土壤主要为沙溪庙组沙页岩发育形成的紫色土。

2.2. 植物篱概况

根据植物篱的外貌特征和物种组成，将不同的植物篱划分为乔木类、灌木类和草本类植物篱。乔木类

植物篱物种主要为桑树(*Morus alba*)、柑橘(*Citrus reticulata*)、花椒(*Zanthoxylum bungeanum*)、梨树(*Pyrus sorotina*)和李子(*Prunus cerasifera*)。灌木类植物篱物种包括：黄荆(*Vitex negundo*)、臭椿(*Ailanthus altissima*)、八角枫(*Alangium chinense*)。草本类植物篱以紫背天葵(*Gynura bicolor*)、旱菜(*Herba Rorippae*)、空心莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)、毛豆(*Glycine max*)为主。调查区内植物篱种植年限为 5~7 年，植物篱带宽 0.5~2 m，乔木类植物为单行种植，株距为 2 m，灌木类植物篱株行距为 0.2 m，植物篱盖度均 > 90%，带间耕地平均宽度在 4~6 m，种植的农作物以玉米(*Zea mays*)和红薯(*Ipomoea batatas*)为主。

3. 研究方法

3.1. 采样点布设

在调查区域随机布设调查样地 42 个，在每个调查样地植物篱带上(冠层投影带上 $\pm 20 \text{ cm}$ 范围内)、植物篱带内(冠层投影中点处)、植物篱带下(冠层投影带下 $\pm 20 \text{ cm}$ 范围内)和植物篱带间坡耕地(两植物篱带间距的中点处)土壤耕层(0~20 cm)采集土样，每个采样点重复 3 次取样，对土壤有机质含量和土壤理化性质进行测定。

3.2. 测定项目及方法

通过测定土壤团聚体在静水中的分散程度来比较土壤的抗蚀性能，用水稳性指数(K)表示^[8]；采用原状土冲刷水槽法测定土壤抗冲性^[8]；土壤容重和孔隙度采用环刀法测定^[9]；土壤饱和导水率采用定水头法测定^[10]；土壤水稳性团聚体含量采用 Yoder 法测定^[9]；土壤颗粒组成采用激光颗粒分析仪(Fritsch Particle Sizer “analysette 22”)进行测定^[11]。土壤养分含量采用常规方法进行测定^[9,12]，土壤有机质含量测定采

用重铬酸钾容量法；土壤全氮采用半微量凯氏定氮法分析；水解氮采用碱解扩散法；土壤全磷采用酸溶-钼锑抗比色法；有效磷采用碳酸氢钠浸取-钼锑抗比色法分析；土壤全钾采用酸溶-火焰光度计法；速效钾采用醋酸铵浸提-火焰光度计法分析；阳离子交换量采用醋酸铵交换法测定。

3.3. 数据处理

采用 Microsoft Excel 2007 和 SPSS 11.5 软件进行数据处理。采用单因素方差分析(one-way ANOVA)进行差异显著性检验, 利用 Pearson 相关系数评价土壤有机质及土壤理化性质各指标之间的相关性。

4. 结果与分析

4.1. 植物篱系统内土壤有机质的分布

植物篱系统内不同位置土壤有机质含量分布见表 1。

在植物篱带内, 土壤有机质含量显著增加, 不同植物篱带间坡耕地土壤有机质平均含量分别为 $6.46 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $5.58 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $6.94 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 与植物篱带前、带内和植物篱带下土壤有机质均有显著性差异, 3 种植物篱带间坡耕地土壤有机质平均含量为 $6.33 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 植物篱带上、带内和植物篱带下土壤有机质含量比植物篱带间坡耕地土壤有机质平均含量分别增加 27.9%, 67.3%和 31.6%, 说明植物篱带内土壤有机质含量比植物篱带间坡耕地显著增加。

4.2. 植物篱系统内土壤有机质含量与土壤理化性质之间的关系

土壤有机质含量与土壤理化性质各指标相关关

Table 1. Organic matter concentration in hedgerow systems with different species
表 1. 不同植物篱系统内土壤有机质含量

不同位置	有机质含量/ $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$		
	乔木类	草本类	灌木类
带间坡耕地	$6.46 \pm 1.36\text{c}$	$5.58 \pm 1.35\text{c}$	$6.94 \pm 1.70\text{c}$
植物篱带上	$8.28 \pm 2.20\text{b}$	$7.40 \pm 0.49\text{b}$	$8.58 \pm 0.89\text{b}$
植物篱带内	$10.14 \pm 2.46\text{a}$	$9.79 \pm 2.49\text{a}$	$11.82 \pm 1.85\text{a}$
植物篱带下	$8.09 \pm 2.08\text{b}$	$7.32 \pm 0.80\text{b}$	$9.56 \pm 0.64\text{b}$

相同植物篱类型中同列不同字母表示差异显著($P < 0.05$) Different letters within the same column in the same hedgerow intercropping indicated significant difference at 0.05 level.

系见表 2 和表 3。

土壤有机质与土壤孔隙度、土壤含水量、饱和导水率、土壤抗冲指数、土壤抗蚀指数、水稳性团聚体均达到了极显著正相关, 其间相关系数分别为 0.449、0.575、0.635、0.549、0.288、0.420 和 0.376, 而与土壤容重呈显著负相关关系, 相关系数为 0.450。土壤有机质含量与土壤沙粒和粘粒含量在显著性水平为 $P < 0.05$ 时, 无相关关系。

土壤有机质与土壤全氮和水解氮含量的相关系数最大, 分别为 0.678、0.672, 均达到了极显著($P < 0.01$)相关, 与土壤全钾、有效钾、全磷、有效磷和阳离子交换量的相关系数分别为 0.291、0.521、0.373、0.355、0.345, 均大于 $r_{0.01}(128) = 0.230$, 即土壤有机质与土壤全钾、有效钾、全磷、有效磷和阳离子交换量具有极显著相关关系。

5. 讨论

3 种植物篱系统内不同位置土壤有机质含量存在显著差异, 植物篱带土壤有机质的含量均高于植物篱带间坡耕地, 这是因为物篱对植物篱系统中不同位置输入的刈割枝叶和凋落物的量存在差异。其次, 植物篱的拦截作用影响着径流泥沙在坡面的搬运、沉积过程^[13], 植物篱带间坡耕地土壤侵蚀作用使植物篱系统内富含土壤有机质的土壤向坡面下部移动, 在植物篱带前和带内沉积, 引起土壤有机质在植物篱系统内不同位置存在差异。3 种植物篱系统内土壤有机质的含量也存在一定的差异, 乔木类和灌木类植物篱系统内土壤有机质含量显著高于草本类植物篱, 这是因为乔木类植物篱主要以经济树种为主, 其主要生物量以果实的形式输出, 修剪的枝叶作为薪柴也被输出植物篱系统; 而草本类植物篱生物量较小, 输入植物篱带内的植物残体量较少, 导致土壤有机质含量较小; 灌木类植物篱带内密度较大, 输入物篱带的植物残体量相对较高, 因此其土壤有机质含量也较高。

植物篱系统内土壤物理性质和水分参数的改善, 主要是由于植物篱引入坡耕地生态系统后, 对植物篱带和植物篱带间坡耕地输入大量植物篱的刈割枝叶和凋落物, 显著增加土壤有机质。土壤有机质对于土壤物理性质的改善具有重要的作用, 因此土壤有机质与土壤物理性质各指标显著相关。有机质的增加有利于改善土壤团粒结构, 从而改善土壤物理性质^[14], 使

Table 2. Correlation coefficients between soil organic matter and soil physical properties in hedgerow systems (n = 128)
表 2. 植物篱系统内土壤有机质含量与土壤物理性质各指标之间的相关系数(n = 128)

变量	OM	BD	SP	WC	SC	AS	AE	WSA	SAND	SILT	CLAY
土壤有机质(OM)	1										
土壤容重(BD)	-0.450**	1									
土壤孔隙度(SP)	0.449**	-0.998**	1								
土壤含水量(WC)	0.575**	-0.671**	0.671**	1							
导水率(SWC)	0.635**	-0.460**	0.460**	0.504**	1						
土壤抗冲指数(AS)	0.549**	-0.394**	0.393**	0.537**	0.703**	1					
土壤抗蚀指数(AE)	0.288**	-0.307**	0.307**	-0.026	0.502**	0.308*	1				
水稳性团聚体(WSA)	0.420**	-0.233*	0.233*	0.598**	0.681**	0.561**	-0.037	1			
沙粒(SAND)	-0.086	0.323**	-0.323**	-0.01	-0.218	-0.299	-0.451**	0.301**	1		
粉粒(SILT)	-0.025	-0.221*	0.221*	-0.139	-0.037	0.094	0.401**	-0.522**	-0.960**	1	
粘粒(CLAY)	0.376**	-0.288**	0.287**	0.528**	0.709**	0.559**	0.069	0.858**	0.096	-0.370**	1

**P < 0.01; *P < 0.05. 下同 the same below.

Table 3. Correlation coefficients between soil organic matter and soil nutrients in hedgerow systems (n = 128)
表 3. 植物篱系统内土壤有机质含量与土壤养分特征各指标之间的相关系数(n = 128)

变量	SOM	TN	AN	TK	AK	TP	AP	CEC
土壤有机质(OM)	1							
土壤全氮(TN)	0.678**	1						
土壤有效氮(AN)	0.627**	0.555**	1					
土壤全钾(TK)	0.291**	0.428**	0.152	1				
土壤有效钾(AK)	0.521**	0.457**	0.399**	0.04	1			
土壤全磷(TP)	0.373**	0.250**	0.055	0.088	0.359**	1		
土壤有效磷(AP)	0.355**	0.124	0.247**	0.057	0.382**	0.451**	1	
阳离子交换量(CEC)	0.354**	0.426**	0.240**	0.394**	0.334**	0.491**	-0.042	1

土壤容重减小, 孔隙度增加、土壤含水量增加, 饱和导水率增大、水稳性团聚体含量增加。土壤有机质与土壤养分元素的含量具有显著的相关性, 由于植物篱引入坡耕地种植系统后, 对植物篱带输入大量植物篱的刈割枝叶和凋落物, 显著增加土壤有机质^[15,16], 而植物生长所必需的养分, 如 N、P、K 等, 通过于机质的矿化和分解^[17,18], 而归还给土壤, 因此在坡耕地-植物篱系统中, 植物篱输入了大量的植物残体, 表现为对土壤有机质和土壤养分的归还, 而提高植物篱系统的土壤养分含量。

参考文献 (References)

[1] 祝其丽, 孙辉, 何道文, 等 (2007) 植物篱种植模式综合效益研究. *四川环境*, **26**, 41-45, 54.

[2] 林超文, 涂仕华, 黄晶晶, 等 (2007) 植物篱对紫色土区坡耕地水土流失及土壤肥力的影响. *生态学报*, **27**, 2191-2198.

[3] 涂仕华, 陈一兵, 朱青, 等 (2005) 经济植物篱在防治长江上游坡耕地水土流失中的作用及效果. *水土保持学报*, **19**, 1-5.

[4] Lal, R. (1989) Conservation tillage for sustainable agriculture: Tropics vs. temperate environments. *Advanced in Agronomy*, **42**, 85-197.

[5] 唐亚 (2001) 等高固氮植物篱技术在坡耕地可持续耕作中的应用. *水土保持研究*, **8**, 104-109.

[6] 林超文, 庞良玉, 陈一兵, 等 (2008) 牧草植物篱对紫色土坡耕地水土流失及土壤肥力空间分布的影响. *生态环境*, **17**, 1630-1635.

[7] 李新平 (2002) 红壤坡耕地人工模拟降雨条件下植物篱笆水土保持效应及机理研究. *水土保持学报*, **16**, 36-40.

[8] 黎建强, 张洪江, 程金花, 等 (2011) 长江上游不同植物篱系统的土壤物理性质. *应用生态学报*, **22**, 418-424.

[9] 中国科学院南京土壤研究所 (1978) 土壤理化分析. 上海科技出版社, 上海.

[10] 邵明安, 王九全, 黄明斌 (2006) 土壤物理学. 高等教育出版社, 北京.

[11] 魏孝荣, 邵明安 (2007) 黄土高原沟壑区小流域坡地土壤养分分布特征. *生态学报*, **27**, 604-612.

[12] 中国农学会 (2000) 土壤农业化学分析方法. 中国农业出版

三峡库区植物篱系统土壤有机质分布及其与土壤理化性质的关系

- 社, 北京.
- [13] 朱远达, 蔡强国, 张光远, 等 (2003) 植物篱对土壤养分流失的控制机理研究. *长江流域资源与环境*, **12**, 345-351.
- [14] 孙辉, 谢嘉穗, 唐亚, 等 (2004) 农林复合经营模式对于热河谷退化坡地土壤水分参数的影响. *水土保持研究*, **11**, 25-27.
- [15] 孙辉, 唐亚, 陈克明, 等 (1999) 固氮植物篱改善退化坡耕地土壤养分状况的效果. *应用与环境生物学报*, **5**, 473-477.
- [16] 陈治谏, 廖晓勇, 刘邵权, 等 (2004) 三峡库区坡耕地持续性利用技术及效益分析. *水土保持研究*, **11**, 85-87.
- [17] Charles, K. (1985) Perspective on hedgerow intercropping. *Agroforestry Systems*, **3**, 339-356.
- [18] 孙辉, 唐亚, 赵其国, 等 (2002) 植物篱枝叶有机碳分解研究. *土壤学报*, **39**, 361-367.