

Soil Particle Distribution and Relationship between Soil Silt Concentration and Physicochemical Properties of Hedgerow Systems in the Three Gorges Reservoir Area

Jianqiang Li¹, Hongjiang Zhang², Qibo Chen¹

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

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

Email: JQ-Lee83125@hotmail.com

Received: May 29th, 2014; revised: Jun. 3rd, 2014; accepted: Jun. 16th, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

To achieve the soil particle distribution characters and the relationship between physicochemical properties of hedgerow systems in the Three Gorges reservoir area, soil particle size composition and physicochemical properties of soil collected from different position in hedgerow systems with different species were tested, and the coefficient between soil silt concentration and physicochemical properties were analyzed. The result revealed that 1) the particle size concentration in the hedgerow systems diversified significantly. The soil sand concentration in the steep land between hedgerows with different species was higher than that of soil within hedgerows stipe, by 10.4%, 13.7% and 9.2% respectively. However, the soil silt concentration enriched within hedgerows strip, and the mean value of soil silt concentration with different species increased by 14.3%, 19.5% and 10.7% respectively compared with the soil between hedgerow steeps. 2) The silt concentration of soil in hedgerow systems were 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. 3) The silt concentration of soil in hedgerow systems were positively correlated with soil nutrients, containing total and exchangeable nitrogen, total and exchangeable phosphorus, total and exchangeable potassium, and cation exchangeable capacity.

Keywords

Hedgerow, Soil Particle Distribution, Soil Physicochemical Properties, Correlation

三峡库区植物篱系统土壤颗粒分布及粘粒与土壤理化性质关系

黎建强¹, 张洪江², 陈奇伯¹

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

Email: JQ-Lee83125@hotmail.com

收稿日期: 2014年5月29日; 修回日期: 2014年6月3日; 录用日期: 2014年6月16日

摘要

在调查分析长江三峡库区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颗粒组成和土壤理化性质的基础上, 对3种植物篱系统中土壤颗粒分布特征及土壤粘粒与土壤理化性质的关系进行了研究, 结果表明: 1) 植物篱系统中不同位置土壤颗粒含量存在显著差异, 乔木类、草本类和灌木类植物篱带间坡耕地土壤砂粒含量比其对应的植物篱带内土壤砂粒平均含量分别高10.4%, 13.7%和9.2%; 而粘粒含量在植物篱带内富集, 其平均含量比植物篱带间坡耕地土壤粘粒含量分别高14.3%, 19.5%和10.7%; 2) 植物篱系统内土壤粘粒含量与土壤孔隙度、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。3) 土壤粘粒含量与土壤全氮、有效氮、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, 土壤颗粒分布, 土壤理化性质, 相关关系

1. 引言

植物篱模式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], 在坡耕地资源可持续利用中具有显著的生态效益和经济效益[2]-[5]。植物篱间作技术作为控制土壤流失、增加土壤肥力的重要坡耕地水土保持措施, 对土壤颗粒的拦截作用和土壤颗粒在坡面的重新分布具有重要的影响。在水蚀严重地区, 土壤中细颗粒物伴随着养分容易受水蚀而发生流失, 而植物篱可拦截径流中的土壤颗粒[6], 从而影响径流泥沙在坡面的搬运、沉积过程, 改变坡面土壤颗粒的再分配模式, 使土壤粘粒在植篱带前和带内富集, 而带间坡耕地的土壤粘粒含减小[7]。植物篱带内土壤粘粒的增加对于土壤物理性质的改善和土壤的养分含量的增加具有一定的作用。本文在对三峡库区不同类型植物篱系统内土壤颗粒分布、土壤物理性质和养分含量测定的基础上, 对植物篱系统内土壤颗粒分布特征和土壤颗粒含量与土壤理化性质的关系进行了定量研究, 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, 属北半球亚热带季风气候区, 年平均气温 18.4℃。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

本研究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 ± 20 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 ± 20 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, 对土壤颗粒分布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 相关系数评价土壤颗粒含量及土壤理化性质各指标之间的相关性。

4. 结果与分析

4.1. 植物篱系统内土壤颗粒分布特征

植物篱系统内不同位置土壤颗粒含量见表 1。3 种植物篱系统内土壤砂粒含量在不同位置具有一定的差异性。乔木类、草本类和灌木类植物篱带间坡耕地土壤粘粒含量分别为 6.71%、6.07%和 7.42%, 除与乔木类和灌木类植物篱带下土壤粘粒含量无显著差异外, 均显著小于其对应的植物篱带内和带上土壤粘粒含量。植物篱系统内植物篱带内土壤粉粒含量比带间坡耕地土壤也有显著增加, 3 种植物篱带间坡耕地土壤粉粒含量平均为 42.67%, 而植物篱带内平均土壤粉粒含量为 48.31%, 比植物篱带间坡耕地土壤粉粒含量高 13.2%, 3 种植物篱带前和带下土壤粉粒含量也有增加, 比带间坡耕地土壤分别高 12.2%和 6.5%。

植物篱对土壤细颗粒物质的拦截, 导致植物篱带前和带内的土壤细颗粒物质增加, 土壤砂粒含量减小。3种植物篱带上、带内和带间坡耕地土壤砂粒含量平均分别为 44.14%、43.37%和 47.19%, 比植物篱带间坡耕地土壤砂粒含量分别减小 12.8%、14.3%和 6.7%。

4.2. 植物篱系统内土壤颗粒含量与土壤理化性质之间的关系

植物篱系统内土壤粘粒含量与土壤物理性质和土壤养分含量具有显著的相关性(表 2、表 3)。土壤粘粒含量与土壤孔隙度、土壤含水量、饱和导水率、土壤抗冲指数和水稳性团具体含量的相关系数分别为 0.287、0.528、0.709、0.559、0.859, 均大于 $r_{0.01}(128) = 0.230$, 即在显著性水平 $P < 0.01$, 土壤粘粒含量

Table 1. Soil particle size composition in different position of hedgerow systems involving different species (mean ± SD)
表 1. 不同植物篱系统内土壤颗粒含量

植物篱种类	位置	颗粒组成(%)		
		砂粒(0.25~0.02 mm)	粉粒(0.02~0.002 mm)	粘粒(<0.002 mm)
乔木类	带间坡耕地	50.56 ± 8.81a	42.73 ± 7.46b	6.71 ± 1.38c
	植物篱带上	45.45 ± 8.22ab	46.79 ± 7.18ab	7.76 ± 1.10ab
	植物篱带内	43.02 ± 8.11b	48.62 ± 6.89a	8.37 ± 1.36a
	植物篱带下	47.42 ± 7.15ab	45.23 ± 6.14ab	7.35 ± 1.10bc
草本类	带间坡耕地	55.67 ± 10.82a	38.26 ± 9.06b	6.07 ± 1.94b
	植物篱带上	44.80 ± 8.34b	47.26 ± 7.06a	7.95 ± 1.32a
	植物篱带内	47.29 ± 7.63ab	44.78 ± 6.58ab	7.93 ± 1.23a
	植物篱带下	52.10 ± 9.28ab	41.16 ± 7.83ab	6.74 ± 1.50ab
灌木类	带间坡耕地	45.56 ± 6.78a	47.03 ± 6.52c	7.42 ± 0.26d
	植物篱带上	42.17 ± 6.57b	49.55 ± 6.49b	8.29 ± 1.08b
	植物篱带内	39.83 ± 7.33c	51.56 ± 7.90a	8.62 ± 1.43a
	植物篱带下	42.06 ± 7.79b	49.93 ± 9.80ab	8.02 ± 1.01c

相同植物篱类型中同列不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Table 2. Correlation coefficients between soil clay concentration and soil physical properties in hedgerow systems (n = 128)
表 2. 植物篱系统内土壤粘粒含量与土壤物理性质各指标之间的相关系数

变量	CLAY	BD	SP	WC	SC	AS	AE	WSA
粘粒(CLAY)	1							
土壤容重(BD)	-0.288**	1						
土壤孔隙度(SP)	0.287**	-0.998**	1					
土壤含水量(WC)	0.528**	-0.671**	0.671**	1				
土壤饱和导水率(SWC)	0.709**	-0.460**	0.460**	0.504**	1			
土壤抗冲指数(AS)	0.559**	-0.394**	0.393**	0.537**	0.703**	1		
土壤抗蚀指数(AE)	0.069	-0.307**	0.307**	-0.026	0.502**	0.308*	1	
水稳性团聚体(WSA)	0.858**	-0.233*	0.233*	0.598**	0.681**	0.561**	-0.037	1

** $P < 0.01$; * $P < 0.05$ 。

Table 3. Correlation coefficients between soil clay concentration and soil nutrients in hedgerow systems (n = 128)**表 3.** 植物篱系统内土壤粘粒含量与土壤养分特征各指标之间的相关系数

变量	CLAY	TN	AN	TK	AK	TP	AP	CEC
土壤粘粒(CLAY)	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**	0.040	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

**P < 0.01; *P < 0.05.

与土壤孔隙度、土壤含水量、饱和导水率、土壤抗冲指数和水稳性团具体含量具有极显著的相关关系；而土壤粘粒含量与土壤容重之间的相关系数为-0.288，即在显著性水平 $P < 0.01$ ，土壤粘粒含量与土壤容重呈极显著负相关关系；土壤粘粒含量与抗蚀指数相关系数为 0.069，其间相关性不显著。土壤粘粒含量与土壤养分含量呈显著的正相关关系，土壤粘粒含量与土壤全氮、有效氮、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 0.678、0.627、0.291、0.521、0.373、0.355 和 0.354，均达到了极显著水平($P < 0.01$)。

5. 讨论

土壤颗粒含量在植物篱系统内不同位置具有一定的差异性，这种差异性主要表现为植物篱的拦截作用[13]，植物篱形成的生物梯局部影响着土壤侵蚀发生的强度和途径，从而影响径流泥沙在坡面的搬运-沉积过程[14] [15]。土壤颗粒在侵蚀的作用下，从植物篱带间坡耕地向下坡位移动，由于植物篱的物理拦截作用，土壤颗粒在植物篱带内和带前沉积、富集。而土壤细颗粒物质比粗颗粒物质在坡面径流的侵蚀作用下更容易流失[16]，因此，植物篱带间坡耕地土壤细颗粒物质减少，粗颗粒增加，而植物篱带土壤细颗粒物质富集，土壤粘粒含量增加。3种植物篱系统内土壤颗粒组成也存在一定的差异，灌木类植物篱带内土壤粘粒含量均高于乔木类和灌木类植物篱，这是由于灌木类植物篱密度大，植物篱带内近地表植物残体多，导致其拦截土壤细颗粒的能力较强；乔木类植物篱主要以经济树种为主，其修剪的枝叶作为薪柴被输出植物篱系统，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，因此拦截土壤细颗粒的能力较灌木类植物篱差。

土壤颗粒分布通常由不同粒级土壤，即土壤砂粒、粉粒和粘粒的重量百分含量确定[17]，它对土壤水分运动、土壤的养分的保持具有重要影响[18] [19]。土壤细颗粒物质有利于增加水土壤水分和土壤粒子的吸附力，土壤持水性能增强，阳离子交换量增大[20]。因此，在植物篱系统内土壤粘粒与土壤容重、孔隙度、土壤含水量和土壤饱和导水率具有显著的相关性。另一方面是土壤细颗粒物质是土壤氮、磷、钾等养分元素的主要载体[16] [21] [22]，土壤粘粒的增加有利于土壤养分含量的提高和土壤保肥能力的增强。因此，土壤粘粒含量和土壤养分含量具有显著的相关性。但是，植物篱系统内土壤物理性质的改善、养分含量的增加和土壤保肥能力的增强不仅仅是依赖于植物篱对土壤颗粒的拦截效益，植物篱的枯枝落叶提供的有机质亦有利于土壤团聚体的形成，促使土壤形成良好的结构从而土壤容重减小，土壤入渗性能得到改善和提高，从而改善土壤的物理性质。此外，植物篱枯枝落叶提供的土壤有机质，可以通过有机

质的矿化和元素得释放而增加土壤养分元素含量。因此土壤颗粒组成的变化在多大程度上能够改善土壤物理性质和土壤的养分状况还需进一步研究和探讨。

项目基金

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)。

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*, **3**, 41-45, 54.
- [2] 孙辉, 唐亚, 陈克明, 等 (2001) 等高固氮植物篱控制坡耕地地表径流的效果. *水土保持通报*, **2**, 48-51.
- [3] 王燕, 宋凤斌, 刘阳 (2006) 等高植物篱种植模式及其应用中存在的问题. *广西农业生物科学*, **4**, 369-373.
- [4] 王青杵, 王彩琴, 杨丙益 (2001) 黄土残塬沟壑区植物篱水土保持效益研究. *中国水土保持*, **12**, 25-26.
- [5] 袁远亮, 孙辉, 唐亚 (2001) 等高固氮植物篱脐橙园生态效益研究. *中国农业生态学报*, **4**, 76-78.
- [6] 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*, **6**, 2191-2198.
- [7] 黎建强, 张洪江, 程金花, 等 (2010) 不同类型植物篱对长江上游坡耕地土壤养分含量及坡面分布的影响. *生态环境学报*, **11**, 2574-2580.
- [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*, **2**, 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*, **2**, 604-612.
- [12] 中国农学会 (2000) 土壤农业化学分析方法. 中国农业出版社, 北京.
- [13] Young, A. (1989) *Agroforestry for soil conservation*. CAB International, Wallingford.
- [14] Lal, R. (1989) *Agroforestry systems and soil surface management of a tropical Alfisol: II: Water runoff, soil erosion and nutrient loss. Agroforestry Systems*, **8**, 97-111.
- [15] Pelleck, R. (1992) Contour hedgerows and other soil conservation interventions for hilly terrain. *Agroforestry Systems*, **17**, 135-152.
- [16] Magette, W.L., Brinsfield, R.B., Palmer, R.E., et al. (1989) Nutrient and sediment removal by vegetated filter strips. *American Society of Agricultural Engineering*, **32**, 663-667.
- [17] Martin, M.Á., Rey, J.M. and Taguas, F.J. (2001) An entropy-based parameterization of soil texture via fractal modeling of particle-size distribution. *Proceedings of the Royal Society*, **457**, 937-947.
- [18] Bevan, K. and German, P. (1982) Macropores and water flow in soils. *Water Resource Research*, **18**, 1311-1325.
- [19] Parton, W.J., Stewart, J. and Cole, V.C. (1998) Dynamics of C, N, P and S in grassland soils: A model. *Biogeochemistry*, **5**, 109-131.
- [20] 佟金, 任露泉, 陈秉聪, 等 (1994) 土壤颗粒尺寸分布分维及对粘附行为的影响. *农业工程学报*, **3**, 27-33.
- [21] 顾峰雪, 潘晓玲, 潘伯荣, 等 (2002) 塔克拉玛干沙漠腹地人工植被土壤肥力变化. *生态学报*, **8**, 1179-1188.
- [22] 徐阳春, 沈其荣 (2000) 长期施用不同有机肥对土壤各粒级复合体中 C、N、P 含量与分配的影响. *中国农业科学*, **5**, 1-7.