

不同植被对土壤理化性质影响

——以王东沟小流域为例

杨亚辉^{1,2}, 赵文慧³, 木热提江·阿不拉³, 蔺鹏飞^{1,2}, 于艺鹏³, 陈利利³, 张晓萍¹

(1. 中国科学院 水利部 水土保持研究所 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100;
2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 西北农林科技大学 资源与环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: [目的] 分析陕西省长武县王东沟流域 9 个径流小区不同植被覆盖条件对土壤理化性质的影响, 为黄土高原生态建设提供科技支持。[方法] 采用环刀法、定水头法以及重铬酸钾外加热法等分层测定 0—40 cm 间土壤容重、毛管持水量、饱和持水量、饱和导水率以及有机质含量。[结果] 饱和持水量、毛管持水量、土壤有机质表现为草、灌地显著优于纯林和混交林, 而土壤容重、饱和导水率各小区间差异不显著。[结论] 草地和沙棘灌木林地土壤理化性质高于其他植被组合, 培肥土壤, 涵养水源, 利于保水保土。侧柏纯林的土壤理化性质最差, 水保效益最低。

关键词: 黄土塬区; 植被覆盖; 土壤理化性质; 水保效益

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2016)01-0249-04

中图分类号: S714.2

文献参数: 杨亚辉, 赵文慧, 木热提江·阿不拉, 等. 不同植被对土壤理化性质影响[J]. 水土保持通报, 2016, 36(1): 249-252. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2016.01.044

Impacts of Vegetation Cover on Soil Physic-chemical Properties

—A Case Study in Wangdonggou Watershed

YANG Yahui^{1,2}, ZHAO Wenhui³, ABLA Murat³,

LIN Pengfei^{1,2}, YU Yipeng³, CHEN Lili³, ZHANG Xiaoping¹

(1. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess

Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences, Yangling,

Shaanxi 712100, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3. College of Natural Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: [Objective] Nine runoff plots with various vegetation covers in the Wangdonggou watershed in Shaanxi Province were selected to analyze the effects of vegetation cover on the soil physical and chemical properties in order to provide support for ecological construction in Loess Plateau. [Methods] Soil bulk density was measured by using the cutting ring. Soil saturation moisture, the capillary moisture and the saturated hydraulic conductivity was measured by the constant head method. Soil organic were analyzed by the potassium dichromate external heating method. [Results] It showed that saturation moisture, capillary moisture, soil organic matter in grass and shrub land were significantly higher than that in the pure and mixed woodlands, while there was no significant change in soil bulk density and saturated hydraulic conductivity. [Conclusion] Grass combined with shrub are beneficial to maintain soil nutrition, keep water, and conserve soil. *Platycladus orientali* woodland are worse in improving physic-chemical properties and soil and water conservation.

Keywords: the table-gully region; vegetation cover; soil physic-chemical properties; soil and water conservation benefit

植被是陆地生态的主体,是控制和加速土壤侵蚀最敏感的因素^[1]。黄土高原地处半干旱半湿润气候

带,生态环境脆弱,土质疏松,暴雨强烈冲刷,土壤侵蚀严重^[2]。加之人类对土地的不合理利用,特别是陡

收稿日期: 2015-02-24

修回日期: 2015-03-07

资助项目: 国家自然科学基金项目“流域水沙对 LUCC 响应”(41440012),“气候变化背景下黄土高原土地利用影响径流的空间尺度效应”(41230852),“北洛河水沙动态过程及对退耕还林(草)响应机理”(41101265)

第一作者: 杨亚辉(1990—),男(汉族),河南省开封市人,硕士研究生,研究方向为水土保持与荒漠化防治。E-mail: yyhnwsuaf@163.com。

通讯作者: 张晓萍(1971—),女(汉族),河南省焦作市人,博士,研究员,主要从事区域水土流失规律和水土保持等研究。E-mail: zhangxp@ms.iswc.ac.cn。

坡地开垦^[3],破坏了原有植被,更加剧了水土流失。1999年黄土高原在退耕还林(草)政策的驱动下植被覆盖显著增加^[4-5]。显著的土地利用/覆被变化(LUCC),深刻地影响着侵蚀过程和水土流失。

不同区域的研究表明,植被恢复通过增加地表凋落物和地下有机物(细根及根系分泌物)输入,从而显著降低土壤容重,增强团聚体稳定性,改善土壤持水能力和入渗性能,从而改善土壤综合物理性质,并促进退化土壤理化性质的恢复^[6]。但是不同区域由于气候、土壤性质、人为干扰等环境的改变导致植被种类、分布等的变化,致使研究结果间具有差异。如武阿锋等^[7]研究长武塬面不同土地利用方式下(作物地,果园,苜蓿地)土壤水分表明:在0—300 cm的土层深度范围内土壤含水量分布表现为:果园>苜蓿地>小麦地。刘春利等^[8]在神木六道沟流域的研究也表明:在较长时间尺度内,土地利用方式会很大程度上影响土壤水分及剖面土壤水分分布状况。王光玉^[9]在福建省长泰岩溪林场板里工区研究得到:不同杉木混交林的水源涵养、土壤结构体孔隙状况、水分状况、和化学性质均有明显差异,针阔混交具有较强的培肥土壤和水源涵养作用。四川盆地地区高雪松等^[10]研究西缘山地得到:人工林与坡耕地、荒草地相比较,人工林更能增强土壤的结构性。毛天旭等^[11]在长武王东沟流域的研究得到土壤表层0—10 cm的供水能力:草地>沙棘>侧柏>油松。陈杰等^[12]综合了蒸发、水分利用效率、土壤侵蚀模数等指标,认为王东沟流域刺槐油松混交林是该区域较为适宜的造林树种之一。综合前人的研究结果,认为不同覆盖植被条件下,综合土壤容重、含水量、有机质含量等指标分层对土壤表层的理化性质进行的探讨和研究仍然不足。本文拟利用王东沟流域不同植被覆盖条件下的径流小区,测定土壤有机质含量和土壤物理性质,分析不同植被覆盖状况土壤的理化性质,以期为区域生态建设提供科技支持。

1 研究区简介

王东沟流域隶属于陕西省长武县洪家镇王东村。位于黄土高原中南部,经纬度为35°14'N,107°41'E,海拔940~1 220 m。属暖温带半湿润大陆性季风气候,年均降水584 mm,年均气温9.1℃,无霜期171 d,地下水埋深50~80 m。地带性土壤以黑垆土主,沟道中是直接发育于黄土母质上的黄绵土,0—40 cm深土壤质地为砂质壤土。于2004年,在西南坡向海拔1 150 m的自然坡面修建9个试验小区,覆盖类型包括刺槐、油松、侧柏等3种乔木纯林,刺槐和沙棘、侧柏和

刺槐、油松和沙棘、油松和刺槐等4种乔木混交林,以及沙棘灌木林和草地。沙棘(*Hippophae rhamnoides*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、油松(*Pinus tabulaeformis*)、侧柏(*Platycladus orientalis*)等均为黄土高原常见退耕还林树种^[13-14]。小区垂直投影面积100 m²(20 m×5 m),坡度35°。各小区地表均有禾本科植被生长,草种类型有:白羊草(*Bothriochloa ischaemum*)、野古草(*Arundinella hirta*)、异叶败酱(*Patrinia heterophylla*)、翻白草(*Potentilla discolor*)、艾蒿(*Artemisia argyi*)、赖草(*Leymus secalinus*)等。各个径流小区的基本资料统计如表1所示。

表1 王东沟小流域基本资料统计

覆被类型	坡度	株行距/ m	平均株 高/cm	郁闭度/ %	盖度/ %
草地	35°	—	44.6	—	70
沙棘	35°	—	191.8	—	74
油松	35°	1×1	244.7	62.5	65
油松×刺槐	35°	1×1	289	76.6	55
油松×沙棘	35°	1×1	317	82	40
刺槐×沙棘	35°	1×1	215.3	88	35
刺槐	35°	1×1	339.6	15	77
侧柏×刺槐	35°	1×1	282	39.7	23
侧柏	35°	1×1	438.3	78	30

注:草地小区草种为白羊草,野古草,异叶败酱,翻白草。株高、郁闭度、盖度均为目测值,测定区域统一选取小区内植被覆盖度较高的区块。混交林种中:油松刺槐林以刺槐为主要树种,油松沙棘林、刺槐沙棘林均以沙棘为主,侧柏刺槐林以侧柏种植为主。

2 研究方法

试验时间为2014年8月14—19号,对沟道内植被种类、盖度进行调查。对角线拉尺估计林地郁闭度和地表灌木和草被盖度。于径流小区中部按0—20, 20—40 cm这2个层次用环刀(高5 cm,直径5 cm)取土,各10个重复。随机取5次重复测定毛管持水量,其他5组重复测定饱和持水量和饱和导水率。另分别于两个层次取散状土用于测定土壤含水量和土壤有机质含量(均为3次重复)。用Excel 2013和SPSS 18.0处理试验数据和进行数据统计分析。

2.1 土壤容重和土壤有机质

采用环刀法测定土壤容重^[15];采用重铬酸钾外加加热法测定土壤有机总碳^[16]。

2.2 土壤饱和导水率

采用定水头法测定土壤饱和导水率。室内将原状环刀土样有孔盖一端朝下,覆上滤纸,盖上环刀孔盖,浸入水面与环刀上口接近平齐的水中,浸泡8 h。之后将环刀取出,揭去环刀盖,用特定固定装置(环刀

取土端在上),马氏瓶从下端供水,水从固定装置的上部流出,马氏瓶出水口距环刀底部的高度为 10 cm,持续供水 4 h 使土样达到稳定后测定,每隔 5 min 记录渗水量。当最终测定的渗水量基本不变或者循环出现时,停止测定。取最终稳定值计算稳定饱和导水率(K_s)。计算公式为:

$$K_s = \frac{Q \times L}{A \times t \times H}$$

式中: Q ——流量 (mm^3); L ——土柱高度 (取 50 mm); A ——土柱截面积 (mm^2); t ——时间 (min); H ——水头高度 (100 mm)。

2.3 土壤饱和持水量和毛管持水量

将测定饱和导水率使用过的土壤烘干计算含水量,即为饱和持水量。将环刀原状土样做饱和导水率同样的浸泡处理(水面高度约 2~3 mm),浸泡 8 h,烘干法测定含水量,即为土壤毛管持水量。

3 结果与分析

3.1 不同覆被下的土壤有机质

土壤有机质含量的多少受制于地上植被及其根系有机质的输入及分解的动态平衡^[17]。土壤有机质

除影响土壤的比表面积外,其自身结构疏松多孔,是形成土壤最基本的结构单元——团聚体的重要物质。土壤有机质含量的分析有利于理解土壤的保水保土性能。

不同植被覆盖条件下,土壤有机质存在极显著差异($p < 0.001$) (如表 2 所示),草地和沙棘林地的有机质含量显著优于乔木和混交林地,草地有机质含量明显高于沙棘林地。草被由于根系浅,细根多,生长密度大,枯枝落叶物多等原因,其生存提高土壤有机碳含量,这一结论与张玉岱等^[17]在渭北研究相一致。从深度来看,0—20 cm 土层土壤有机质含量明显大于 20—40 cm,这符合有机碳在土壤剖面的垂直变化趋势^[18]。

3.2 不同覆被下土壤容重的差异

土壤容重及孔隙度是土壤的基本物理性质,对土壤的透气性、入渗性能、持水能力、溶质迁移特征以及土壤的抗侵蚀能力都有非常大的影响^[19]。通过持水量的测定也可以反推土壤的孔隙度的情况。林分枯落物的分解和植物根系的腐烂,可以增加土壤肥力,改善土壤结构和物理性质,从而影响水分的入渗和土壤的抗冲性^[20]。

表 2 王东沟小流域土壤有机质测定结果

项目	土层/cm	草地	沙棘	油松	油松×刺槐	油松×沙棘	刺槐×沙棘	刺槐	侧柏×刺槐	侧柏
土壤有机质/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	0—20	13.6	10.7	10.8	8.7	8.6	10.7	10.2	11.2	8.3
	20—40	10.8	9.0	6.6	6.8	8.6	6.8	7.7	8.7	8.4

从表 3 中可以看出,不同植被类型条件下,土壤容重变化范围从草地小区的 1.171 g/cm^3 到油松刺槐小区的 1.313 g/cm^3 ,变异性比较大。 t 检验表明各小区平均土壤容重差异不显著。但整体上,仍可以分辨出草地和灌木林地容重较小,混交林次之,纯林最大的趋势。与陈杰等^[12]在造林初期的研究结果一致。油松刺槐小区土壤容重比较异常,其原因可能与小区内树种结构发生变化,个别树木死亡,其他物种入侵,土壤容重发生改变有关。长期在小区内测定水分的试验人员的踩踏也是导致土壤容重变异的重要原因。

从分布深度来看,草地、灌木林地表现出土壤容重从上至下依次增加的趋势,与其地表覆被茂密,根系集中于表层,影响了剖面土壤容重的分布有关。而混交林地表现出从上至下依次减少的趋势,与其地表草地稀疏,细根数量较少,而树种根系主要集中于深层有关。侧柏小区土壤容重的异常表现,还有待于以后深入研究。

表 3 王东沟小流域土壤水分常数测定结果

植被类型	深度/ cm	土壤容重/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	毛管持 水量/%	饱和持 水量/%	饱和导水率/ ($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$)
草地	0—20	1.17	39.3	49.6	0.23
	20—40	1.22	36.9	46.2	0.29
沙棘	0—20	1.18	40.2	45.9	0.28
	20—40	1.23	36.9	41.8	0.09
油松	0—20	1.22	40.2	44.4	0.16
	20—40	1.22	38.4	42.6	0.15
油松×刺槐	0—20	1.31	33.8	39.5	0.07
	20—40	1.31	38.0	43.9	0.16
油松×沙棘	0—20	1.20	38.2	43.1	0.13
	20—40	1.18	35.8	44.5	0.18
刺槐×沙棘	0—20	1.29	32.7	39.2	0.13
	20—40	1.23	35.0	41.7	0.05
刺槐	0—20	1.23	38.1	44.5	0.25
	20—40	1.20	41.6	46.4	0.12
侧柏×刺槐	0—20	1.20	36.0	44.0	0.22
	20—40	1.16	34.9	45.7	0.41
侧柏	0—20	1.19	38.1	42.8	0.31
	20—40	1.23	39.1	43.3	0.16

3.3 不同覆盖下土壤水文物理性质的变化

如表 3 所示,在 0—40 cm 范围内,小区间饱和持水量、毛管持水量和饱和导水率的平均值间变异性较大。剖面上平均饱和持水量最大的为草地小区,达到 47.9%,刺槐和沙棘混交林地最小,为 40.42%。平均毛管持水量最大的为刺槐林地,为 39.83%,刺槐沙棘混交林最小,为 33.82%。饱和导水率侧柏刺槐混交林最大,为 0.315,刺槐沙棘林地最小为 0.09。总体上看,草地和沙棘林地显示出较高的饱和持水量、毛管持水量和饱和导水率,其他乔木混交林和纯林地(除侧柏刺槐混交林)饱和持水量、毛管持水量和饱和导水率均较低,差异不显著,这与该地区草灌木生长茂盛程度有关系。魏婉等^[21]在徐州市的研究结果得到混交林地的土壤物理性质好于纯林地,可能是地理位置的不同,土壤气候等条件导致的研究结果差异。整体上,对于优化表层土壤物理性质,草地灌木林地较好,这和毛天旭等^[11]测得的结果基本一致,邱丽萍等^[22]在南小河流的研究也得到了草地对土壤理化性质改善作用较好的结论。

就深度变化而言,小区间变异性较大。草地、沙棘和油松小区表现出上层的毛管持水量、饱和持水量和饱和导水率较底层高,其他小区规律不显著。可能是由于植被为人工种(均不是本地区最优种),竞争力小,生长稀疏,枯落物和细根数量较少,对剖面上土壤物理性质的改善作用规律不明显^[9,12]。

4 结论

黄土塬区王东沟流域 10 a 龄不同植被覆盖下径流小区试验表明,0—40 cm 深度土壤中,草被和沙棘林覆盖小区表现出有机质、饱和持水量、毛管持水量显著高于其他覆被小区,而土壤容重较低,饱和导水率较高的特征。研究结果表明,草被和沙棘林覆被对土壤理化性质的改善作用大于纯林和乔木混交林。综合土壤有机质、土壤容重和土壤水文物理等指标,不同覆被的保水保土能力由高到低依次为:草地>沙棘>侧柏刺槐林>刺槐>油松>刺槐沙棘林>油松刺槐林>油松沙棘混交林>侧柏。由于黄土源区特定的气候土壤等外在环境影响,决定本地区草灌植被对表层土壤理化性质的影响大于乔木和乔木混交林。在黄土塬区沟道植被种植时应加强地表覆被的改善,遵循草本与灌木和乔木相结合的方式。

致谢:感谢潘雅文同学在试验过程中的帮助,感谢樊军老师对本文的批改指正。

[参 考 文 献]

[1] 唐克丽. 中国水土保持[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
[2] 张宝庆, 吴普特, 赵西宁. 近 30 a 黄土高原植被覆盖时空

演变监测与分析[J]. 农业工程学报, 2011, 27(4): 287-293.

- [3] 唐克丽, 张科利. 黄土高原人为加速侵蚀与全球变化[J]. 水土保持学报, 1992, 6(2): 88-96.
- [4] 吴门新, 钱拴, 侯英雨, 等. 利用 NDVI 资料估算中国北方草原区牧草产量[J]. 农业工程学报, 2009, 25(2): 149-155.
- [5] 李登科, 卓静, 孙智辉. 基于 RS 和 GIS 的退耕还林生态建设工程成效监测[J]. 农业工程学报, 2008, 24(12): 120-126.
- [6] 李裕元, 邵明安, 陈洪松, 等. 水蚀风蚀交错带植被恢复对土壤物理性质的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(16): 4306-4316.
- [7] 武阿锋, 刘文兆. 长武塬区不同土地利用条件下土壤水分剖面分布特征比较[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(5): 133-136.
- [8] 刘春利, 邵明安. 黄土高原六道沟流域不同土地利用方式下土壤水力特性及其对土壤水分的影响[J]. 应用生态学报, 2008, 19(11): 2400-2407.
- [9] 王光玉. 杉木混交林水源涵养和土壤性质研究[J]. 林业科学, 2003(S1): 15-20.
- [10] 高雪松, 邓良基, 张世熔. 不同利用方式与坡位土壤物理性质及养分特征分析[J]. 水土保持学报, 2005, 19(2): 53-56.
- [11] 毛天旭. 黄土塬区王东流域产流产沙过程研究[D]. 陕西 杨凌: 西北农林科技大学, 2012.
- [12] 陈杰, 刘文兆, 张勋昌. 黄土高原沟壑区不同树种的水土保持效益及其适应性评价[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2008, 36(6): 97-104.
- [13] 杨建伟, 梁宗锁, 韩蕊莲. 黄土高原常用造林树种水分利用特征[J]. 生态学报, 2006, 26(2): 558-565.
- [14] 及金楠, 张志强, 郭军庭, 等. 黄土高原刺槐和侧柏根系固坡的有限元数值模拟[J]. 农业工程学报, 2014, 30(19): 146-154.
- [15] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室. 土壤物理性质测定法[M]. 北京: 科学出版社, 1978.
- [16] 陈少锋. 黄土高原人工植被下土壤养分变化特征研究[D]. 陕西 杨凌: 西北农林科技大学, 2014.
- [17] 张玉岱. 生草对渭北苹果园土壤有机碳的影响[D]. 陕西 杨凌: 西北农林科技大学, 2014.
- [18] 刘效东, 乔玉娜, 周国逸. 土壤有机质对土壤水分保持及其有效性的控制作用[J]. 植物生态学报, 2011, 35(12): 1209-1218.
- [19] 郑纪勇, 邵明安, 张兴昌. 黄土区坡面表层土壤容重和饱和导水率空间变异特征[J]. 水土保持学报, 2004, 18(3): 53-56.
- [20] 侯喜禄, 白岗栓. 黄土丘陵区森林保持水土效益及其机理的研究[J]. 水土保持研究, 1996, 3(2): 98-103.
- [21] 魏婉. 不同植被恢复模式对土壤质量的影响[D]. 南京: 南京林业大学, 2010.
- [22] 邱莉萍, 张兴昌. 黄土高原沟壑区小流域不同植被覆被对土壤性质的影响[J]. 水土保持研究, 2010, 17(3): 64-68.