

长武县退耕还林对土壤有机质和团聚体水稳性的影响

冯珍, 董莉丽*, 胡丹 (咸阳师范学院旅游与资源环境学院, 陕西咸阳 712000)

摘要 [目的] 研究渭北旱地退耕还林工程在提高土壤质量和改善土壤结构方面的作用。[方法] 选取位于渭北旱地的长武县马坊村人工林地、荒地和农地3种土地利用类型, 利用快速湿润法测定表层土壤各粒级水稳性团聚体质量百分含量, 并测定全土样和水稳性团聚体各组分有机质和速效磷含量。[结果] 水稳性团聚体平均质量直径、几何平均直径和土壤有机质含量在林地和荒地较农地大。有机质和速效磷含量在粒级<0.05 mm的土壤团聚体中最小, 0.5~0.1 mm土壤团聚体有机质含量最高, 0.2~0.5 mm土壤团聚体速效磷含量最高。[结论] 农地转化为人工林地后, 土壤质量具有不同程度的提高, 且小粒级团聚体向大粒级转化。土壤有机质和速效磷含量主要分布在较大粒级的水稳性团聚体中, 并随着粒级由小变大, 二者先增大后略微减少。

关键词 水稳性团聚体; 土壤有机质; 退耕还林

中图分类号 S153.6² **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)31-10947-03

Effects of Converting Farmland to Forest or Grassland on Soil Organic Matter and Soil Water Stable Aggregates

FENG Zhen, DONG Li-li*, HU Dan (College of Tourism and Resource Environment, Xianyang Normal University, Xianyang, Shaanxi 712000)

Abstract [Objective] The functions of returning farmland to forests or grassland on improving soil quality and structure were studied in Weibei dry land. [Method] Selecting three land-uses types including planted forest, waste land and crop land from Mafang Village of Changwu County at Weibei dryland, the percentage of water stable aggregates with different sizes was measured by fast wetting and soil organic matter and available phosphorus of whole soil samples and water stable aggregates with different sizes were measured. [Results] Mean weight diameter, geometric mean diameter of water stable aggregates and content of soil organic matter were higher at forest and waste land than those of crop land. The content of soil organic matter and available phosphorus was the least at water stable aggregate whose size was smaller than 0.05 mm and was the highest at 0.5-0.1 and 0.2-0.5 mm water stable aggregate respectively. [Conclusion] Soil quality was improved with different degree and smaller size aggregate was transformed to larger one after crop land converting to forest. Soil organic matter and available phosphorus were distributed mainly in larger water stable aggregates, which were increased firstly and then decreased slightly with the increase of grade size.

Key words Soil water stable aggregates; Soil organic matter; Converting farmland to forest or grassland

土壤是地球表层最大的有机碳库, 在全球碳循环中起着关键作用^[1]。土地利用方式影响土壤的功能和性质, 能增加或降低土壤碳的数量, 并且改变生物多样性, 使得土壤成为碳的源或汇, 从而影响大气中CO₂浓度。自1950年以来, 各级政府开展了大量的退耕还林等生态环境建设工作。研究退耕还林对土壤碳固定及其养分和水稳性的影响, 不仅可以丰富土壤科学的研究内容, 而且可以评价退耕还林工程在提高土壤质量、增加水分入渗、减少土壤流失等方面产生的效益。

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^[2]。土壤有机质对土壤结构稳定性和土壤养分状况有多重影响, 对土壤资源的可持续利用非常重要^[3]。土壤有机质是土壤质量的核心, 也是土壤团聚体与土壤功能体现的基础^[4]。土壤团聚体的组成及其基本特征是决定土壤侵蚀、压实、板结等物理过程与作用的关键指标之一, 是土壤肥力的基础, 也是评价土壤质量的重要指标^[5]。稳定性土壤团聚体可维持较好的土壤结构, 进而改善土壤通气性, 增加水分入渗, 减少地表径流与侵蚀^[6]。土壤团聚体是土壤有机碳稳定和保护的载体。土壤有机碳的固定效应与团聚体的保护机制密切相关, 因而有关不同土地利用方式对有机碳在土壤团聚体中的分布及其变

化的影响研究备受关注^[4]。董莉丽等^[7-8]研究退耕还林工程对土壤有机质和水稳性团聚体含量的影响及水稳性团聚体不同粒级土壤有机质含量。马瑞萍等^[9]研究认为, 土壤有机碳含量和酶活性在团聚体间均表现为随团聚体粒级的增大而增大或先增大再减少的趋势, 并且认为土壤微团聚体中有机碳主要以腐殖质碳的形态存在。而周纯亮等^[4]研究认为, 各森林类型同土层不同粒径团聚体中有机碳含量随粒径大小变化, 团聚体粒径越小, 有机碳含量越高。可见, 土壤有机质在不同粒级团聚体中的变化规律还不明确。笔者测定了长武县马坊村6块样地土壤水稳性团聚体质量百分含量、土壤有机质含量、速效磷含量, 并且计算了水稳性团聚体平均质量直径(MWD)、几何平均直径(GMD)及不同样地和不同粒级水稳性团聚体中有机质和速效磷的含量。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 研究区位于陕西省咸阳市长武县马坊村, 气候类型属暖温带半湿润大陆性季风气候, 是典型的雨养农业区, 年均气温9.1℃, 无霜期171 d, 多年平均降水量584 mm, 春季少雨, 夏季多雨, 主要集中在7~9月, 土壤类型为黑垆土^[10]。该次野外调查共选取6个样地, 包括栽种15、25年的刺槐(*Robinia pseudoacacia*)林地、25年的核桃(*Juglans regia*)林地及10、1年的自然撂荒地, 并且以农用地为对照。

1.2 采样及测定方法 土壤样品的采集、土壤水稳性团聚体的测定方法见参考文献[7]; 土壤有机质含量的测定采用重铬酸钾容量法(外加热法); 速效磷含量的测定采用0.5 mol/L碳酸氢钠浸提比色法。所用试剂及测定步骤见参考文献[11]。

基金项目 陕西省大学生创新创业训练计划项目(1805); 陕西省普通高等学校优势学科建设项目资助(0602)。

作者简介 冯珍(1990-), 女, 陕西延安人, 本科生, 专业: 地理科学。
* 通讯作者, 讲师, 博士, 从事生态修复和环境效益评价方面的研究。

收稿日期 2014-09-23

1.3 计算方法 土壤水稳性团聚体平均质量直径和几何平均直径的计算方法见参考文献[12]。

2 结果与分析

2.1 退耕还林对土壤团聚体水稳性的影响 由图1可知,不同粒级土壤水稳性团聚体百分含量在不同样地差异较大。农地土壤团聚体在快速湿润后,大部分被分散为小团聚体, <0.10 mm 团聚体为 66.10%,说明农地土壤团聚体水稳性差^[7]。农地退耕后, >2.00 mm 土壤水稳性团聚体含量具有不同程度的增加,在25年刺槐林地、25年核桃林地、15年刺槐林地和10年荒地分别为7.71%、44.61%、12.03%、9.65%,相对农地分别增加了31.59%、651.88%、105.31%和64.66%。

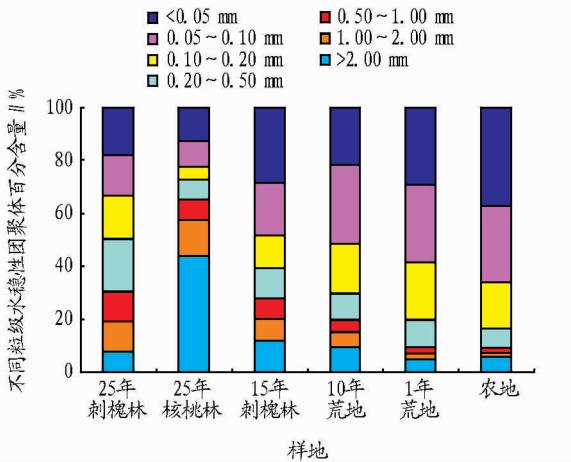


图1 土壤水稳性团聚体粒级分布

平均质量直径(MWD)和几何平均直径(GMD)是反映土壤团聚体稳定性的重要指标。MWD和GMD作为土壤团聚体状况的综合评价指标已被广泛使用^[13]。MWD和GMD越大,土壤团聚体稳定性越大,土壤抗侵蚀能力越强。由图2可知,MWD在25年核桃林地最大,为1.85 mm,是农地的5.60倍,在农地和1年荒地中最小,分别为0.33和0.32。MWD在25年刺槐林地、15年刺槐林地和10年荒地中分别为0.67、0.68和0.55 mm,相对农地分别增加了103.03%、106.06%和66.67%。GMD在25年核桃林地中最大,为0.78 mm,是农地的8.67倍,在农地和1年荒地中最小,分别为0.09和0.10 mm。GMD在25年刺槐林地、15年刺槐林地和10年荒地中分别为0.23、0.17和0.15 mm,相对农地分别增加了155.56%、88.89%和66.67%。可见,退耕还林还草使得土壤团聚体水稳性提高,进而提高了土壤的抗蚀性,并且恢复时间越长,土壤抗侵蚀能力越强^[14]。

2.2 退耕还林对土壤有机质和速效磷含量的影响 由图3可知,土壤有机质含量在25年刺槐林地中最高,为52.65 mg/kg,是农地的4.82倍;在25年核桃林地中较高,为35.63 mg/kg,是农地的3.26倍;在15年刺槐林地、10年荒地和1年荒地次之,分别是农地的2.97、2.24和1.28倍;在农地最小,为10.92 mg/kg。可见,通过退耕还林,土壤有机质含量显著提高。表层土壤速效磷含量在25年刺槐林地中最高,为29.84 mg/kg,在15年刺槐林地中最低,为5.48 mg/kg;而1年荒地和农地土壤速效磷含量较高,仅次于25年刺槐林地的。

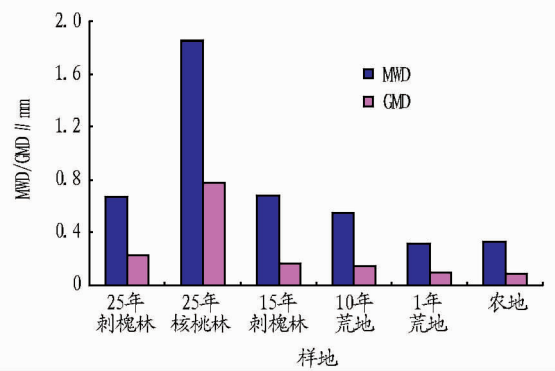


图2 不同样地土壤水稳性团聚体平均质量直径和几何平均直径

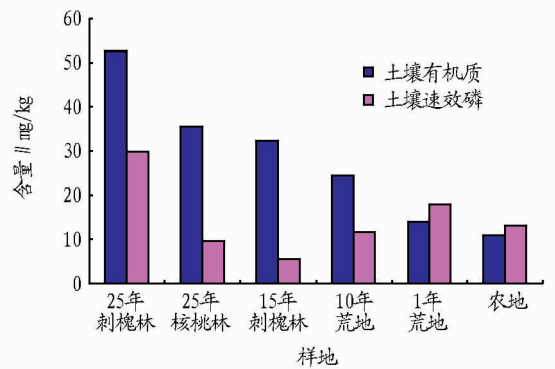


图3 土壤有机质与速效磷含量

2.3 不同粒级团聚体土壤有机质和速效磷含量 水稳性团聚体不同粒级土壤有机质和速效磷含量见图4。不同粒级水稳性团聚体中有机质含量与速效磷含量和粒级之间的关系可分别利用函数 $y = 0.371 4x^3 - 5.176 9x^2 + 16.864x + 19.248$ 和 $y = -0.747 4x^2 + 5.202 6x + 10.867$ 进行很好地拟合。由图4可知,粒级 <0.05 mm 的土壤团聚体中有机质含量最小,为11.24 mg/kg;粒级为0.05~0.10、0.10~0.20和

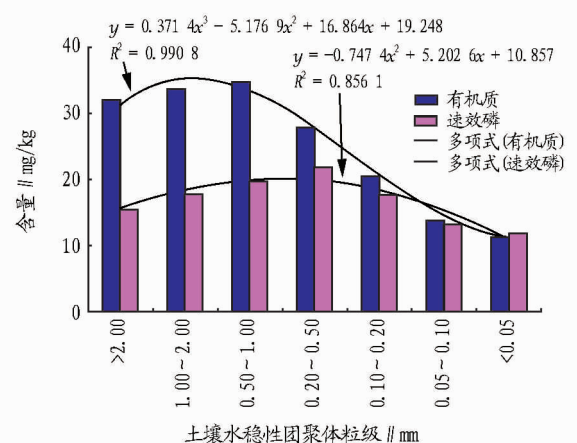


图4 不同粒级水稳性团聚体中土壤有机质和速效磷含量

0.20~0.50 mm 的土壤团聚体有机质含量依次增加,分别为13.88、20.34和27.80 mg/kg;0.50~0.10 mm 土壤团聚体有机质含量最高,为34.61 mg/kg。土壤速效磷在各粒级含量的变化规律与有机质基本相同。粒级 <0.05 mm 的土壤团聚体中速效磷含量最小,为11.83 mg/kg;粒级为0.05~0.10、0.10~0.20和0.20~0.50 mm 的土壤团聚体速效磷含

量依次增加,分别为 13.13、17.60 和 21.82 mg/kg; 粒级 0.50 ~ 1.00 mm 土壤团聚体中含量较大,为 19.58 mg/kg。可见,土壤有机质和速效磷含量主要分布在较大粒级的水稳性团聚体土壤中,并且随着粒级由小变大,二者先增大再略微减少。

3 结论与讨论

研究表明, >2.00 mm 土壤水稳性团聚体百分含量及其平均质量直径和几何平均直径在 25 年核桃林地最大,在 25 年刺槐林地、15 年刺槐林地和 10 年荒地中次之,在 1 年荒地和农地中最小。可见,相对农用地,几种人工林地和多年撂荒地土壤团聚体更加稳定,土壤吸持水分和抗侵蚀的能力更强。农地退耕后,小粒级团聚体向大粒级团聚体转化。土壤有机质含量在 25 年刺槐林地中最大,在农地最小。这主要是由于地上植物的枯枝落叶是土壤有机碳的主要来源之一,地表植物的生长状况和生物量影响土壤有机碳含量^[9]。而农地耕种、除草、施肥、收获等人为干扰频繁,导致地表植被、凋落物数量少。一方面,有机质的归还量减少;另一方面,加速土壤有机碳的分解,最终使得土壤有机质含量降低,进而影响土壤中团聚体的稳定性。可见,有机质分解加快或补充减少是导致团聚体稳定性下降和水稳性团聚体减少的主要原因^[4]。土壤速效磷含量在 25 年刺槐林地中最大,而在农地和 1 年荒地中大于 25 年核桃林地、15 年刺槐林地和 10 年荒地。这主要与农地使用磷肥有关。周纯亮等^[4]认为,不同森林类型下各层土壤水稳性团聚体的质量分数大致呈“V”字形分布,从 >5.00 mm 至 0.25 ~ 0.50 mm,团聚体粒径越小,有机碳含量越高。李娟等^[15]研究认为,随团聚体粒径的降低,各土地利用方式下团聚体活性有机碳含量呈现“W”形分布,以 2.00 ~ 1.00 mm 和 0.50 ~ 0.25 mm 团聚体最低。而研究中,粒级 <0.05 mm 的土壤团聚体中有机质和速效磷含量最

小,分别为 11.24 和 11.83 mg/kg。0.50 ~ 0.10 mm 土壤团聚体有机质含量最高,为 34.61 mg/kg。0.20 ~ 0.50 mm 土壤团聚体速效磷含量最高,为 21.82 mg/kg。可见,不同粒级团聚体对有机碳累积的影响研究所得结论不一致。这可能与土壤水稳性团聚体的测定方法及粒径分级不同有关。

参考文献

- [1] 张金波,宋长春. 土地利用方式对土壤碳库影响的敏感性评价指标[J]. 生态环境,2003,12(4):500-504.
- [2] 赵其国,孙波,张桃林. 土地质量的定义及评价方法[J]. 土壤,1997(3):113-120.
- [3] SU Y Z, LIU W J, YANG R, et al. Changes in soil aggregate, carbon, and nitrogen storages following the conversion of cropland to alfalfa forage land in the marginal oasis of Northwest China[J]. Environmental Management, 2009, 43:1061-1070.
- [4] 周纯亮,吴明. 中亚热带四种森林土壤团聚体及其有机碳分布特征[J]. 土壤,2011,43(3):406-410.
- [5] RATTAN L. Physical management of soils of the tropics; priorities for the 21 century [J]. Soil Science, 2000, 165:191-207.
- [6] MOEBIUS-CLUNEB N, VAN ES H M, LDOWU O J. Long-term soil quality degradation along a cultivation chronosequence in western Kenya[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2011, 4:80-99.
- [7] 董莉丽,陈益娥,李晓华. 吴起县退耕还林对土壤团聚体水稳性和养分含量的影响[J]. 林业科学,2014,50(5):140-146.
- [8] 董莉丽. 渭北旱塬植被恢复对土壤有机质和水稳性团聚体含量的影响[J]. 干旱区研究,2014,31(4):709-714.
- [9] 马瑞萍,安韶山,党廷辉,等. 黄土高原不同植物群落土壤团聚体中有机碳和酶活性研究[J]. 土壤学报,2014,51(1):104-113.
- [10] 王旭刚,郝明德,张春霞,等. 王东沟小流域土壤养分变化研究[J]. 水土保持研究,2003,10(1):78-80.
- [11] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:上海科学技术出版社,1978.
- [12] ZHOU H, LU Y Z, YANG Z C, et al. Influence of conservation tillage on soil aggregates features in north china plain[J]. Agricultural Sciences in China, 2007, 6(9):1099-1106.
- [13] 祁迎春,王益权,刘军,等. 不同土地利用方式土壤团聚体组成及几种团聚体稳定性指标的比较[J]. 农业工程学报,2011,27(1):340-347.
- [14] 马祥华,焦菊英,白文娟. 黄土丘陵沟壑区退耕植被恢复地土壤水稳性团聚体聚集的变化特征[J]. 干旱地区农业研究,2005,23(3):69-74.
- [15] 李娟,廖洪凯,龙健,等. 喀斯特山区土地利用对土壤团聚体有机碳和活性有机碳特征的影响[J]. 生态学报,2013,33(7):2147-2156.
- [16] LEHMANN J, JOSEPH S. Biochar for Environmental Management: Science and Technology [M]. London: Earthscan Ltd, UK, 2009.
- [17] LEHMANN J, RILLING M C, THIES J, et al. Biochar effects on soil biota—A review [J]. Soil Biology & Biochemistry, 2011, 41:1812-1836.
- [18] WARDLE D, NILSSON M, ZACKRISSON O, et al. Fire-derived charcoal causes loss of forest humus [J]. Science, 2008, 320:629.
- [19] LIANG B, LEHMANN J, SOHI S P, et al. Black carbon affects the cycling of non-black carbon in soil [J]. Organic Geochemistry, 2010, 41(2):206-213.
- [20] DELUCA T H, MACKENZIE M D, HOLBEN W E, et al. Wildfire-produced charcoal directly influences nitrogen cycling in ponderosa pine forests [J]. Soil Science Society of American Journal, 2006, 70:448-453.
- [21] RONDON M A, LEHMANN J, RAMIREZ J, et al. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with bio-char additions [J]. Biology and Fertility of Soils, 2007, 43:699-708.
- [22] STEINBEISS S. Effect of biochar amendment on soil carbon balance and soil microbial activity [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2009, 41:1301-1310.
- [23] PIETIKAINEN J, KIIKKILA O, FRITZE H, et al. Charcoal as a habitat for microbes and its effect on the microbial community of the underlying humus [J]. Oikos, 2000, 89:231-242.
- [24] KOLTON M, HAREL Y M, PASTERNAK, et al. Impact of biochar application to soil on the root-associated bacterial community structure of fully developed greenhouse pepper plants [J]. Applied Environment Microbiology, 2011, 77(14):4924-4930.

(上接第 10943 页)

- [38] WARNOCK D D, LEHMANN J, KUYPER T W, et al. Mycorrhizal responses to biochar in soil—concepts and mechanisms [J]. Plant Soil, 2007, 300:9-20.
- [39] GHEORGHE C, MARCULESCU C, BADEA A, et al. Effect of pyrolysis conditions on biochar production from biomass [C]. // Proceedings of the 3rd WSEAS International Conference on Renewable Energy Sources. Bucharest, Romania, 2009.
- [40] KOLB S E, FERMANICH K J, DORNBUSH M, et al. Effect of charcoal quantity on microbial biomass and activity in temperate soils [J]. Soil Science Society of American Journal, 2009, 73(4):1173-1181.
- [41] KNICKER H. How does fire affect the nature and stability of soil organic nitrogen and carbon—A review [J]. Biogeochemistry, 2007, 85(1):91-118.
- [42] 韩光明,孟军,曹婷,等. 生物炭对菠菜根际微生物及土壤理化性质的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2012,43(5):515-520.
- [43] 孙大荃,孟军,张伟明,等. 生物炭对棕壤大豆根际微生物的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2011(5):521-526.
- [44] CASTALDI S, RIONDINO M, BARONTI S, et al. Impact of biochar application to a mediterranean wheat crop on soil microbial activity and greenhouse gas fluxes [J]. Chemosphere, 2011, 85(9):1464-1471.
- [45] DEMPSTER D N, GLEESON D B, SOLAIMAN Z M, et al. Decreased soil microbial biomass and nitrogen mineralisation with Eucalyptus biochar addition to a coarse textured soil [J]. Plant and Soil, 2011, 354(1/2):311-324.
- [46] 匡崇婷,江春玉,李忠佩,等. 添加生物炭对红壤水稻土有机碳矿化和微生物生物量的影响[J]. 土壤,2012,44(4):570-575.