

黄土丘陵区典型草地土壤有机碳及微生物量碳的分布特征

邓瑞芬¹, 王百群^{1,2}, 刘普灵^{1,2}, 陈龙飞¹, 刘栋¹

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100;

2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所 土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 对黄土丘陵区植被恢复中柳枝稷、长芒草和白羊草这 3 种典型草地土壤有机碳、微生物量碳以及团聚体中有机碳的含量变化和分布特征进行了研究。结果表明, 土壤中有有机碳、微生物量碳以及不同粒级团聚体中有机碳均集中分布在土壤的表层; 不同草地类型下有机碳的含量大小顺序为: 柳枝稷草地 > 长芒草草地 > 白羊草草地; 相同土层深度土壤各粒级团聚体中有机碳的分布表现为 2~1 mm 粒级团聚体中有机碳含量明显高于其它粒级中有机碳的含量; 在 3 种典型草地中, 柳枝稷草地土壤中有有机碳含量和团聚体中有机碳含量高于长芒草和白羊草草地的含量, 柳枝稷草地土壤微生物量碳的含量仅低于长芒草中的含量。

关键词: 土壤有机碳; 微生物量碳; 土壤团聚体; 黄土丘陵区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)06-0098-04

中图分类号: S152.4

Distribution Characteristics of Soil Organic Carbon and Microbial Biomass Carbon in Loess Hilly Region

DENG Rui-fen¹, WANG Bai-qun^{1,2}, LIU Pu-ling^{1,2}, CHEN Long-fei¹, LIU Dong¹

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: A study was conducted to investigate the distribution of total soil organic carbon, soil microbial biomass carbon and organic carbon in different size soil aggregates in three typical grasslands that were dominated by *Panicum virgatum*, *Bothriochia ischaemum*, *Stipa bungeana* in hilly-gully region on the Loess Plateau. The results showed that total soil organic carbon, soil microbial biomass carbon and organic carbon content in soil aggregates was higher in the soil surface than in other layers. The organic carbon contents of different grasslands in a descending order were *Panicum virgatum* > *Bothriochia ischaemum* > *Stipa bungeana*. A clear relationship was found between the organic carbon contents and the sizes of soil aggregates. 2~1 mm aggregates had the highest soil carbon content. The total organic carbon content and organic carbon content in soil aggregates in *Panicum virgatum* grassland were higher than those in *Bothriochia ischaemum* grassland and *Stipa bungeana* grassland, while the microbial biomass carbon content was lower than that in *Bothriochia ischaemum* but higher than that in *Stipa bungeana* grassland.

Keywords: soil organic carbon; soil microbial biomass carbon; soil aggregates; loess hilly region

土壤有机碳是土壤肥力的物质基础, 同时在全球气候变化研究中具有重要地位^[1]。土壤微生物量碳是土壤碳转化的重要环节, 也是土壤有效碳库的重要组成部分。土壤团聚体是土壤结构的基本单元, 对土壤理化性质具有明显的影响。土壤团聚体有机碳的分布是土壤的重要地球化学过程之一, 随着温室效应

的加剧, 团聚体中有机碳固定的研究日益受到研究者的重视。国内外学者对有机碳、微生物量碳和团聚体中有机碳进行了大量研究^[2-11]。草地是陆地生态系统的重要组成部分, 其在区域气候变化及全球碳循环中起着重要的作用。我国在草地固碳潜力方面进行了大量的研究工作。但是, 这些研究主要对内蒙古地

收稿日期: 2011-12-08

修回日期: 2012-01-03

资助项目: 中国科学院战略性先导科技专项“应对气候变化的碳收支认证及相关问题”(XDA05050504)

作者简介: 邓瑞芬(1986—), 女(汉族), 宁夏回族自治区银川市人, 硕士研究生, 主要从事土壤—植被系统碳循环研究。E-mail: dengruifeng1@163.com。

通信作者: 王百群(1968—), 男(汉族), 陕西省渭南市人, 副研究员, 硕士生导师, 主要从事生态系统碳氮循环研究。E-mail: bqwang@ms.iswc.ac.cn。

区典型草原、内蒙古地区草甸草原、东北典型草原与草甸草原、青海高寒草原、高寒草甸草原、灌丛草地等草地有机碳循环进行了研究,而对面积广阔、自然条件恶劣、生态系统脆弱的黄土高原丘陵沟壑区不同草地群落土壤固碳潜力的对比研究相对较少,且对黄土丘陵区植被恢复过程中的草地群落土壤固碳潜力研究更加薄弱。

本研究对黄土丘陵区柳枝稷、长芒草和白羊草这 3 种典型草地土壤中有有机碳、微生物量碳和团聚体中有有机碳的含量变化和分布特征进行研究,以此来丰富我国在草地生态系统碳循环机制科学领域的观测数据,同时也为黄土高原植被恢复的效应评估提供依据。

1 研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于陕西省安塞县墩滩中国科学院安塞水土保持综合试验站,该站位于黄土高原中部,属典型的梁峁状丘陵沟壑区。地理位置为北纬 $36^{\circ}43' - 36^{\circ}46'$,东经 $109^{\circ}14' - 109^{\circ}16'$,海拔 $1\ 013 \sim 1\ 309$ m,属暖温带半干旱区。土壤类型为黄绵土,年平均气温为 9.11°C 。年平均降雨量 531.4 mm,其中 7—9 月占 60% 以上。年日照时数为 $2\ 375.5$ h,日照百分率达 54%,全年无霜期为 159 d,干燥度 1.46。该

区自 1998 年实施退耕还草政策以来,经过近 15 a 的保护,现今分布着多种植物群落。本研究中选择引进种柳枝稷,乡土种白羊草和长芒草草地为研究对象。

1.2 样品采集与处理

柳枝稷在黄土丘陵区引种多年,样地选取在安塞试验站,白羊草和长芒草为黄土丘陵区乡土种,样地选取在安塞墩山上(研究样地基本情况详见表 1)。每块样地随机选取 3 个样点,每个样点分层采取 0—100 cm 剖面中土样,每 10 cm 土层采取一个土样,在剖面中,从上到下,取 10 个土样,分别用 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 表示各层土样代号。土样采回后,分 3 部分处理。其中,取 0—10 cm 和 10—20 cm 的部分原状土样用湿筛法进行水稳性团聚体分析^[12],共分 5 个团聚体粒径: <0.25 mm, $0.5 \sim 0.25$ mm, $1 \sim 0.5$ mm, $2 \sim 1$ mm, >2 mm,将各粒级团聚体风干后过 0.25 mm 筛,用于测定有机碳。同时取 0—50 cm 各土层中部分土样放置在 4°C 冰箱中,用于测定土壤水分和微生物量碳含量,土壤微生物量碳的测定采用氯仿熏蒸浸提法^[13-15]。0—100 cm 各土层土样风干过 0.25 筛后采用 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - \text{H}_2\text{SO}_4$ 外加热氧化法测定有机碳的含量^[16]。

1.3 数据处理

利用 SAS 软件进行方差分析,并用 Duncan 法进行多重比较,采用 Excel 软件作图。

表 1 研究样地基本情况

土壤深度/cm	柳枝稷草地		白羊草草地		长芒草草地	
	有机碳/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	微生物量碳/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	有机碳/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	微生物量碳/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	有机碳/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	微生物量碳/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
0—20	2.81	100.92	4.93	175.54	4.93	175.54
20—50	2.02	29.35	4.08	40.38	4.08	40.38
50—100	1.98	—	3.22	—	3.22	—

2 结果与分析

2.1 草地土壤有机碳的含量变化和垂直分布特征

通过对黄土丘陵区安塞的柳枝稷、白羊草及长芒草 3 种草地土壤 0—100 cm 土层中有有机碳含量的分析(图 1),发现各草地土壤有机碳含量变化和分布存在显著差别。

从图 1 可以看出,3 种草地土壤有机碳含量基本上均表现出随土壤剖面深度的增加而减少,且差异显著($p < 0.05$)。3 种典型草地土壤有机碳含量共同之处是剖面上部存在着一定厚度的有机碳富集层,中部(10—50 cm)有机碳含量迅速下降,下部(50—100 cm)有机碳含量低而稳定,说明 3 种草地对土壤剖面

中有有机碳的影响主要集中在 0—50 cm 土层中。土壤有机碳含量在剖面上的这种分布格局与地上枯落物、植物地上地下物质分配、根系深度和根生物量密切相关。因为土壤有机碳主要来源于枯落物和根系分解所产生的有机质,其变化都将影响土壤有机碳输入的模式、速度、质量和数量。而且在草地生态系统中,枯落物集中在土壤表层,植被根系也主要集中在土体 0—50 cm 以上,土壤枯落物和根系分解所产生的有机质相对集中,相应的有机碳含量明显高于下层。因此,显示出了有机碳含量随着土层深度的增加而递减的趋势。

相同土层,草地类型不同,其土壤有机碳含量也不同。通过比较 3 种草地 0—100 cm 有机碳平均含

量发现柳枝稷草地最高,且差异显著($p < 0.05$),长芒草草地次之,白羊草草地最低。其中,柳枝稷草地平均含量为 3.75 g/kg ,分别是白羊草草地和长芒草草地的 1.18 和 1.25 倍。这可能与柳枝稷根系发达和生物量较大有关系。

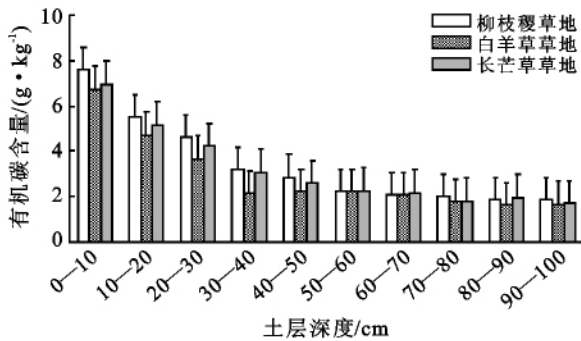


图 1 不同草地类型土壤有机碳含量随土层深度的变化

2.2 微生物量碳的含量变化和垂直分布特征

对安塞黄土丘陵区 3 种典型草地土壤 0—50 cm 微生物量碳进行了分析(图 2),由图 2 可以看出,3 种草地土壤微生物量碳都随土壤剖面深度的增加而减少,但不同草地类型的土壤微生物量碳含量随土壤深度的增加而减少的程度不同。3 种典型草地微生物量碳含量共同之处是剖面上部(0—10 cm)存在着一定厚度的富集层,中部(10—30 cm)微生物量碳含量迅速下降,下部(30—50 cm)微生物量碳含量低而稳定。由此可见,3 种典型草地土壤微生物量碳分布状况和有机碳分布状况有相似的规律。土壤微生物量碳含量在剖面上的这种分布格局与草地土壤较多的同化产物输入和较少的扰动有关系。

相同土层草地类型不同时,其土壤微生物量碳含量也不同。通过比较 3 种草地 0—50 cm 微生物量碳平均含量发现长芒草显著高于柳枝稷草地和白羊草

草地($p < 0.01$),柳枝稷草地和白羊草草地之间不显著($p > 0.05$)。3 种典型草地土壤微生物量碳含量变化和有机碳含量变化不同,柳枝稷草地有机碳含量高于长芒草草地,但微生物量碳含量却低于长芒草草地。

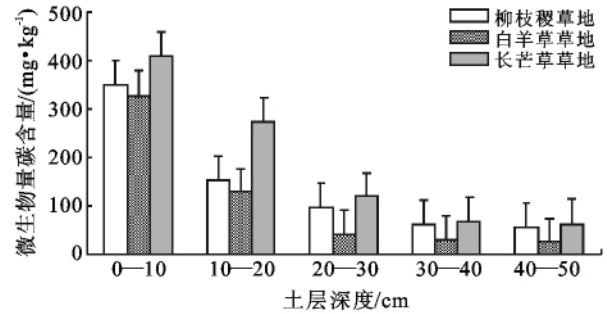


图 2 不同草地类型土壤微生物量碳含量随土层深度的变化

2.3 草地土壤团聚体中有机碳的含量变化和垂直分布特征

不同土壤团聚体因胶结物不同,其有机碳含量也不同,对安塞县黄土丘陵区 3 种典型草地土壤 0—20 cm 不同粒径团聚体中有机碳含量进行了分析(图 3)。

从图 3 可以看出,无论那种结构体,表层(0—10 cm)有机碳含量皆大于表下层(10—20 cm),与整体土壤剖面有机碳含量变化趋势相同。相同深度土层土壤各粒径团聚体中有机碳的分布,表现出 2~1 mm 粒径团聚体中有机碳含量明显要高于其它粒径中有机碳的含量,其中,柳枝稷草地 10—20 cm 尤为明显。此外,在大于 2~1 mm 的各个粒径团聚体中,随着粒径的增大有机碳的含量呈下降趋势。结构体中有机碳含量以 0.25~2 mm 粒径范围内最高,这与安韶山等^[17]的研究一致,说明土壤在团聚化过程中,特别是土壤颗粒从微团粒($< 0.25 \text{ mm}$)到团粒($> 0.25 \text{ mm}$)的转化过程中,有机碳起着极其重要的作用。

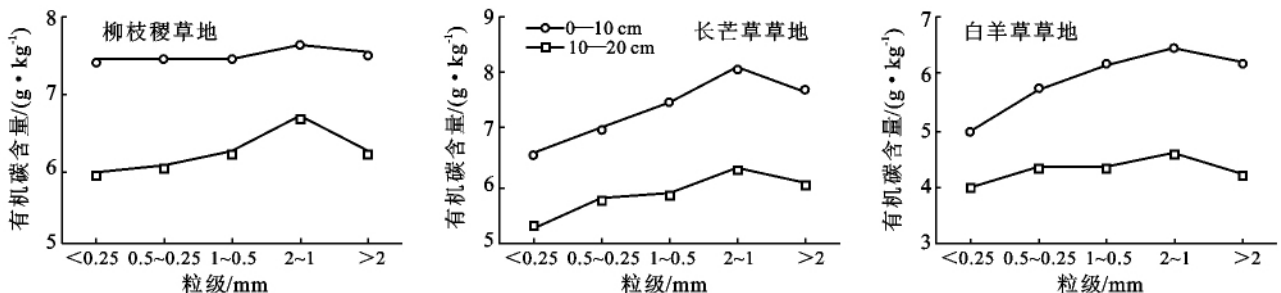


图 3 不同草地类型下土壤团聚体各粒径团聚体中有机碳的分布特征

相同土层草地类型不同时,各个粒径中的有机碳含量也不同。0—10 cm 和 10—20 cm 土层中有机碳

平均含量在 3 种草地中的排序均为:柳枝稷草地 > 长芒草草地 > 白羊草草地。在 $< 0.25 \text{ mm}$ 粒径中,柳枝

稷草地中有机碳含量是长芒草的 1.12 倍,是白羊草的 1.49 倍;0.5~0.25 mm 粒径中,柳枝稷草地中有机碳含量分别是长芒草和白羊草的 1.06 和 1.29 倍;1~0.5 mm 粒径中,柳枝稷草地中有机碳含量分别是长芒草和白羊草的 1.00 和 1.21 倍;在 2~1 mm 粒径中,柳枝稷草地中有机碳含量分别是长芒草和白羊草的 0.95 和 1.18 倍;在 >2 mm 粒径中,柳枝稷草地中有机碳含量分别是长芒草和白羊草,0.97 和 1.2 倍。在 10—20 cm 土层中,柳枝稷草地各个粒级中的有机碳含量基本都是长芒草和白羊草的 1 倍多。

3 结论

(1) 3 种典型草地土壤有机碳的分布具有一定的表聚性,有机碳集中分布在土壤的表层。0—10 cm 有机碳含量最高。不同草地类型下有机碳的含量大小顺序为:柳枝稷草地>长芒草草地>白羊草草地。

(2) 3 种典型草地微生物量碳含量共同之处是剖面上部(0—10 cm)存在着一定厚度的富集层,中部(10—30 cm)微生物量碳含量迅速下降,下部(30—50 cm)微生物量碳含量低而稳定。与有机碳分布状况有相似的规律。相同深度土层,草地类型不同,其土壤微生物量碳含量也不同。通过比较微生物量碳平均含量发现长芒草显著高于柳枝稷草地和白羊草草地($p < 0.01$)。

(3) 研究结果表明,表层(0—10 cm)各粒径团聚体有机碳含量皆大于表下层(10—20 cm),与整体土壤剖面有机碳含量变化趋势相同。相同深度土层土壤各粒级团聚体中有机碳的分布,表现出 2~1 mm 粒级团聚体中有机碳含量明显要高于其它粒级中有机碳的含量。相同土层,草地类型不同,各个粒级中的有机碳含量也不同。有机碳平均含量在 3 种草地中的排序为:柳枝稷草地>长芒草草地>白羊草草地。

(4) 安塞黄土丘陵区 3 种典型草地在植被恢复中,柳枝稷草地土壤中有机碳含量和团聚体中有机碳含量均高于长芒草和白羊草,微生物量碳的含量仅低于长芒草。这可能与柳枝稷地上生物量大、根系发达有关。

[参 考 文 献]

- [1] 党亚爱,李世清,王国栋,等.黄土高原典型土壤有机碳和微生物量碳分布特征的研究[J].自然资源学报,2007,22(6):936-945.
- [2] 吴金水.土壤有机质及其周转动力学[M]//何电源.中国南方土壤肥力及栽培作物施肥.北京:科学出版社,1994:28-62.
- [3] 何振立.土壤微生物量及其在养分循环和环境质量评价中的意义[J].土壤,1997,29(2):61-69.
- [4] Post W M, Izaurralde R C, Mann L K, et al. Monitoring and verifying changes of organic carbon in soil[J]. Climatic Change, 2001,51(6):73-99.
- [5] Larson W E, Pierce F J, Dowdy R H. The threat of soil erosion to long-term crop production[J]. Science, 1983, 219(9):458-465.
- [6] Ras mussen P E, All maras R R, Roager Jr N C. Crop residue influences on soil carbon and nitrogen in a wheat-fallow system[J]. Soil Science Society of American Journal, 1980,44(7):596-600.
- [7] Follett R F, Gupta S C, Hunt P G. Conservation practices: relation to the management of plant nutrients for crop production[C]//Follett R F, Stewart J W B, Cole C V. Soil Fertility and Organic Matter and Critical Components of Production Systems, 1987:19-49.
- [8] Unger P W. Aggregate and organic carbon concentration in terrelation of a Torrertic Paleustoll[J]. Soil and Tillage Research, 1997,42(9):95-113.
- [9] 彭新华,张斌,赵其国.土壤有机碳库与土壤结构稳定性关系的研究进展[J].土壤学报,2004,41(4):618-623.
- [10] Six J, Elliott E T, Paustian K. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: A mechanism for C sequestration under notillage agriculture[J]. Soil Biology Biochemistry, 2000,32(6):2009-2103.
- [11] 潘根兴,李恋卿,张旭辉.中国土壤有机碳库量与农业土壤固定动态的若干问题[J].地球科学进展,2003,18(4):609-618.
- [12] Hillel D. Fundamentals of Soil Physics[M]. New York: Academic Press, Inc., 1980:93-119.
- [13] Vance E D, Brookes P C, Jenkinson D S. An extraction method for measuring soil microbial biomass carbon[J]. Soil Biology and Biochemistry, 1987, 19(9): 703-707.
- [14] Brookes P C, Andrea L, Pruden G, et al. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil[J]. Soil Biology and Biochemistry, 1985, 17(6):837-842.
- [15] 林启美,吴玉光,刘焕龙.熏蒸法测定土壤微生物量碳的改进[J].生态学杂志,1999,18(2):63-66.
- [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,1999.
- [17] 安韶山,张玄,张扬,等.黄土丘陵区植被恢复中不同粒级土壤团聚体有机碳的分布特征[J].水土保持学报,2007,21(6):109-113.