

若尔盖高寒草地沙化对土壤活性有机碳组分的影响

费凯, 胡玉福, 舒向阳, 肖海华, 杨泽鹏, 何剑锋

(四川农业大学资源学院, 成都 611130)

摘要: 为了解若尔盖高寒草地沙化对土壤活性有机碳组分的影响, 采用空间代替时间的方法, 通过野外土壤采集, 并结合室内化验分析, 研究了若尔盖高寒草原不同沙化阶段土壤有机碳及其活性组分的含量和变化特征。结果表明: 沙化对高寒草地 0—60 cm 土层土壤有机碳含量具有显著影响, 随沙化程度加剧, 土壤总有机碳、溶解性有机碳、易氧化有机碳和微生物量碳含量均呈现显著下降的特征, 极重度沙化阶段较潜在沙化阶段分别减少了 74.76%, 80.24%, 76.02% 和 83.24%; 活性有机碳组分的损失较土壤总有机碳明显, 其中微生物量碳含量的下降幅度最大; 随土层深度的增加, 沙化草地土壤有机碳含量及其变化量均呈下降趋势, 其中, 0—20 cm 土层土壤有机碳含量变化最为显著; 土壤总有机碳、溶解性有机碳、易氧化有机碳和微生物量碳含量均呈极显著正相关关系 ($P < 0.01$)。

关键词: 沙化; 若尔盖高寒草地; 活性有机碳

中图分类号: S151.9

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2016)05-0327-04

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcbx.2016.05.054

Effects of Desertification on Soil Active Organic Carbon Fractions in Zoige Alpine-cold Grassland

FEI Kai, HU Yufu, SHU Xiangyang, XIAO Haihua, YANG Zepeng, HE Jianfeng

(College of Resources, Sichuan Agriculture University, Chengdu 611130)

Abstract: In order to reveal the effect of desertification on soil active organic carbon fractions in Zoige alpine-cold grassland, the soil total organic carbon (TOC), dissolved organic carbon (DOC), easily oxidized organic carbon (EOC) and microbial biomass carbon (MBC) contents during the process of desertification were analyzed by space-for-time substitution. The results showed that the contents of SOC and its active fractions in 0—60 cm depth in alpine-cold grassland significantly decreased during desertification, from potential desertification stage to severe desertification stage, the TOC, DOC, EOC and MBC decreased by 74.76%, 80.24%, 76.02% and 83.24%, respectively. Compared with TOC, the loss of soil active organic carbon fractions were more obvious with the biggest decline observed in MBC, soil organic carbon contents in different degrees of desertification grassland and this variation showed a trend of decrease with the increase of soil depth, TOC, DOC, EOC and MBC decreased most significantly in the 0—20 cm soil layer among all layers within 0—60 cm. In the process of grassland desertification, TOC, DOC, EOC and MBC were highly significant correlation with each other ($P < 0.01$).

Keywords: desertification; Zoige alpine-cold grassland; active organic carbon

沙漠化是土地荒漠化的类型之一, 是发生在干旱半干旱及部分半湿润地区的一种以风蚀为主要特征的土地退化过程, 在此过程中, 不仅会引起土壤生产潜力明显降低, 还会导致地表风沙地貌的出现^[1]。土壤有机碳对土壤物理、化学和生物学性质有着深刻的影响, 一直是国内外土壤肥力和土壤质量研究与评价的主要内容, 其含量是反映土壤质量退化程度的重要指标^[2]。土壤活性有机碳作为土壤有机碳对外界环境最敏感的一部分, 是土壤微生物活动和植物生长最直接吸收的

碳源和养分^[3]。近年来, 关于我国草地生态系统中沙化草地有机碳的研究已有很多报道, Zhao 等^[4]研究表明, 科尔沁草地土壤有机碳含量随土地沙化而逐渐降低; 李侠等^[5]研究表明, 盐池县草地沙化过程中土壤有机碳含量在潜在沙化草地最高, 极重度沙化草地最低; Sousa 等^[6]研究表明, 巴西东北部塞阿拉州草地沙化过程中 0—20 cm 土层土壤有机碳含量呈现大幅下降的特征。但这些研究多集中于干旱半干旱地区, 且多局限于有机碳总量的研究^[4-7], 关于高寒半湿润地区草地

收稿日期: 2016-03-11

资助项目: 国家科技支撑计划项目 (2015BAC05B01, 2015BAC05B02); 四川省科技计划项目 (2013SZ0110, 2014SZ0057, 2014SZ0159)

第一作者: 费凯 (1994—), 男, 山东日照人, 主要从事半湿润地区恢复生态学研究。E-mail: 291398261@qq.com

通信作者: 胡玉福 (1977—), 男, 四川西昌人, 博士, 副教授, 主要从事 3S 技术在资源环境中的应用研究。E-mail: 66433119@qq.com

沙化过程中土壤溶解性有机碳、易氧化有机碳和微生物量碳的研究相对缺乏。

若尔盖湿地地处青藏高原东部边缘半湿润地区,位于四川西北部,是我国长江、黄河两大水系的重要水源涵养地,还是世界上最大的高原泥炭沼泽湿地,对我国气候调节有极为重要的作用^[8]。自 20 世纪 70 年代以来,由于过度放牧等人为因素影响的逐渐加强,若尔盖高寒草原生态环境遭到巨大破坏,土地沙化日益严重,严重影响到了该地区经济的可持续发展^[9]。本文通过对若尔盖湿地不同程度沙化草地土壤总有机碳、溶解性有机碳、易氧化有机碳、微生物量碳含量进行研究,以期揭示高寒半湿润区草地沙化过程中土壤有机碳含量的变化特征,为该区域退化生态系统的恢复和管理提供科学依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于四川省四川阿坝藏族羌族自治州红原县,地处青藏高原东部边缘,地理坐标 $N31^{\circ}51' - 33^{\circ}19'$, $E101^{\circ}51' - 103^{\circ}23'$, 境域分属长江、黄河两大水系。地势由东南向西北倾斜,海拔 3 210~4 857 m,气候属大陆性高原寒温带季风气候,春秋短促,长冬无夏。年均降雨量 791.95 mm,降雨主要集中在 5—10 月,年均气温为 1.1 °C,最冷月平均气温 -10.3 °C,最热月平均气温 10.9 °C,极端最低气温 -36 °C,年均积雪期为 76 d,无绝对的无霜期。日照充分,太阳辐射强,年均日照时间 2 158.7 h,太阳辐射年总量为 6 194 MJ/m²。若尔盖高寒草原土壤类型主要以亚高山草甸土为主,沼泽土、沼泽化草甸土也有分布^[10]。近年来,由于全球气候变化和过度放牧等人为因素的影响,部分区域草地植被,呈现沙化特征,截止 2009 年底,研究区所在地沙化土地面积占全省沙化土地的 89.9%^[11],土地沙化已经成为若尔盖高寒草原最严重的生态环境问题之一。

1.2 土壤样品采集

于 2014 年 7 月进行野外采样,采样地点为红原县瓦切乡德香村,采样地地形和土壤母质条件基本一致,原始土壤类型为砂质高寒亚高山草甸土,由于过度放牧等人为因素的影响,草甸土地表植被被退化,土壤有机质下降,结构破坏,逐步沙化。研究区分布着不同沙化程度的高寒草地。根据《沙化土地监测技术规程》(GBT 24255—2009),并参照前人的研究^[12],将若尔盖高寒草原研究区沙化草地分为潜在沙化草地(PDG, Potential-desertification grassland)、轻度沙化草地(LDG, Light-desertification grassland)、中度沙化草地(MDG, Medium-desertification grassland)、重度沙化草地(HDG, Heavy-desertification grassland)和极重度沙

化草地(SDG, Severe-desertification grassland)5 种沙化类型草地。每种沙化类型草地设置 3 个 10 m×10 m 的土壤采样样方,每个样方内采用“S”形路线法多点采样混合,用 10 cm 直径的管型土钻分别采集 0—20, 20—40, 40—60 cm 土样。采集土壤样品剔除植物根系等杂物后,将土壤样品分 2 份保存装入密封袋中,一份带回实验室于 4 °C 冰箱保存用于土壤微生物量碳(MBC)测定,一份自然风干用于土壤总有机碳(TOC)、溶解性有机碳(DOC)、易氧化有机碳(EOC)测定。

1.3 测定方法

土壤总有机碳采用重铬酸钾—外加热法测定^[13];土壤溶解性有机碳采用重铬酸钾容量法—水合热法测定^[13];土壤易氧化有机碳采用 333 mmol/L 的 $KMnO_4$ 氧化比色法测定^[14];土壤微生物量碳采用氯仿熏蒸浸提法测定^[14]。

1.4 数据处理

采用 EXCEL 2013 对数据进行处理和图表绘制,SPSS 19.0 进行统计分析,相关分析采用 Pearson 相关系数衡量,方差分析采用单因素方差分析法(One-way)进行。

2 结果与分析

2.1 草地沙化过程中土壤总有机碳的变化特征

土壤有机碳在土壤物理、化学和生物学特性中发挥着极其重要的作用。由图 1(a)可知,草地沙化导致 TOC 含量呈现大幅减少趋势,极重度沙化草地较潜在沙化草地 0—60 cm 土层 TOC 含量下降了 74.76%,其中轻度沙化阶段较潜在沙化阶段、中度沙化阶段较轻度沙化阶段、重度沙化阶段较中度沙化阶段、极重度沙化阶段较重度沙化阶段 TOC 含量降低了 41.09%, 31.54%, 23.27% 和 18.42%;不同土层深度 TOC 含量随草地沙化进程总体呈降低的变化特征,其中,0—20 cm 土层变化最为明显,极重度沙化草地较潜在沙化草地 TOC 含量降低了 82.97%;随土层深度增加,TOC 含量随草地沙化严重程度增加降低速度呈逐渐减小的变化特征,20—40 cm, 40—60 cm 土层极重度沙化阶段较潜在沙化阶段草地 TOC 含量分别降低了 72.74% 和 55.67%。方差分析表明,不同程度沙化草地之间 TOC 含量差异达极显著水平($P < 0.01$),不同程度沙化草地之间 0—20 cm, 20—40 cm 和 40—60 cm 土层 TOC 含量的差异也均达极显著水平($P < 0.01$)。

2.2 草地沙化过程中土壤溶解性有机碳变化特征

土壤 DOC 主要来源于土壤腐殖质和微生物对土壤有机质的分解产物,其含量和性质能够反映土壤有机碳的稳定性,在陆地生态系统碳循环中发挥重要

作用。由图 1(b)可知,草地沙化导致 0—60 cm 土层土壤 DOC 含量大量损失,轻度沙化阶段较潜在沙化阶段、中度沙化阶段较轻度沙化阶段、重度沙化阶段较中度沙化阶段、极重度沙化阶段较重度沙化阶段土壤 DOC 含量降低了 45.16%,34.03%,30.90%和 20.96%,其中,0—20 cm 土层土壤 DOC 含量要高于 20—40 cm 和 40—60 cm 土层;随着草地沙化严重程度的增加,0—20 cm 土层土壤 DOC 含量减少最明显,

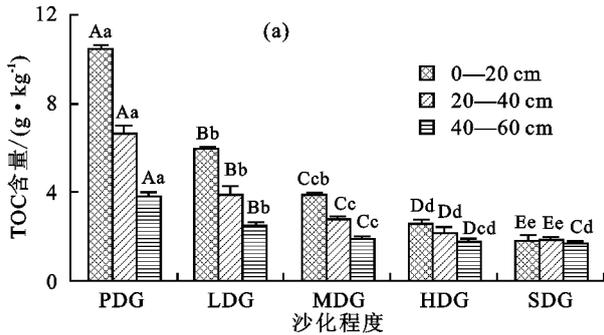


图 1 不同程度沙化草地土壤总有机碳和溶解性有机碳

2.3 草地沙化过程中土壤易氧化有机碳变化特征

土壤 EOC 主要来源于氨基酸、简单的碳水化合物以及其他简单的有机化合物,其组分可有效地指示土壤质量的变化。由图 2(a)可知,草地沙化导致 0—60 cm 土层土壤 EOC 含量呈现出大幅减少的变化特征,极重度沙化阶段较潜在沙化阶段 EOC 含量下降了 76.02%,其中,轻度沙化阶段较潜在沙化阶段、中度沙化阶段较轻度沙化阶段、重度沙化阶段较中度沙化阶段、极重度沙化阶段较重度沙化阶段土壤 EOC 分别降低了 40.64%,34.48%,27.82%和 14.58%,方差分析

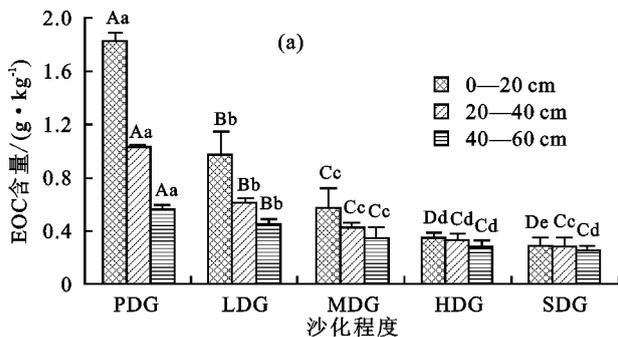
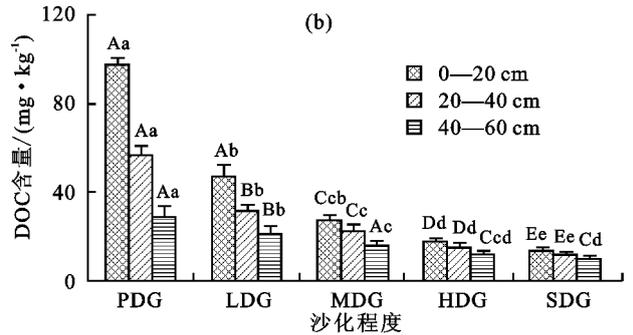


图 2 不同程度沙化草地易氧化有机碳和微生物量有机碳

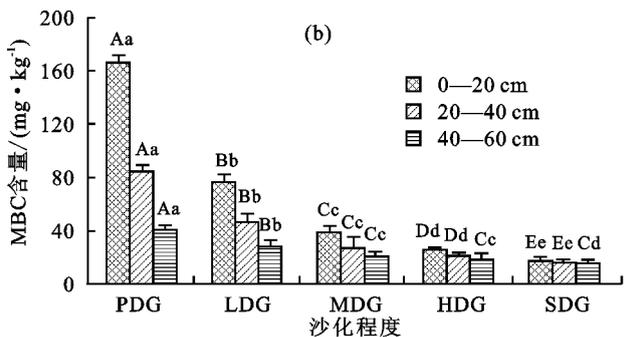
2.4 草地沙化过程中土壤微生物量碳变化特征

土壤 MBC 与土壤微生物量、种群密切相关,其含量可以充分反映土壤中活性有机碳所占的比例,从微生物学的角度揭示土壤肥力的差异。由图 2(b)可知,草地沙化导致 0—60 cm 土层土壤 MBC 含量呈现出大幅减少的趋势,轻度沙化阶段较潜在沙化阶段、中度沙化阶段较轻度沙化阶段、重度沙化阶段较中度沙化阶段、极重度沙化阶段较重度沙化阶段土壤 MBC 含量分别降低了 48.22%,42.79%,24.70%和 24.84%,其降低幅度明显高于土壤 TOC 含量的降

降低幅度达 85.99%;随土层深度增加,DOC 含量随草地沙化严重程度增加其减少数量和降低幅度均呈现出逐渐减少的变化特征,20—40 cm 和 40—60 cm 土层土壤 DOC 含量降低幅度分别为 78.26%和 64.64%。方差分析表明,不同程度沙化草地之间 DOC 含量差异达极显著水平($P < 0.01$),不同程度沙化草地之间 0—20 cm,20—40 cm 和 40—60 cm 土层 DOC 含量的差异也均达极显著水平($P < 0.01$)。



表明,不同程度沙化草地之间 EOC 含量差异达极显著水平($P < 0.01$);0—20 cm 土层土壤 EOC 含量减少数量和降低幅度均最明显,极重度沙化阶段较潜在沙化阶段草地土壤 EOC 含量下降了 84.15%;随着土层深度增加,草地沙化导致土壤 EOC 含量减少的数量和降低的幅度均呈逐渐减小的变化特征,20—40 cm 和 40—60 cm 土层极重度沙化阶段较潜在沙化阶段草地 EOC 含量分别降低了 72.82%和 55.36%。不同程度沙化草地之间 0—20 cm,20—40 cm 和 40—60 cm 土层 EOC 含量的差异均达极显著水平($P < 0.01$)。



低幅度,说明沙漠化对土壤 MBC 含量的影响要大于对土壤 TOC 含量的影响;随草地沙化严重程度增加,0—20 cm 土层土壤 MBC 含量减少数量和降低幅度均最明显,极重度沙化阶段较潜在沙化阶段草地土壤 MBC 含量下降了 84.15%;随着土层深度增加,草地沙化导致土壤 MBC 含量减少的数量和降低的幅度均呈逐渐减小的变化特征,20—40 cm 和 40—60 cm 土层重度沙化阶段较潜在沙化阶段草地土壤 MBC 含量分别下降了 80.97%和 61.68%。方差分析表明,不同程度沙化草地之间 MBC 含量差异达极

显著水平($P < 0.01$), 不同程度沙化草地之间 0—20 cm, 20—40 cm 和 40—60 cm 土层 MBC 含量的差异也均达极显著水平($P < 0.01$)。

2.5 土壤总有机碳、可溶性有机碳、易氧化有机碳、微生物量碳相关性分析

由表 1 可见, TOC、DOC、EOC 和 MBC 含量均呈极显著正相关关系, 与蔡晓布等^[15] 对不同状态藏北高寒草原土壤活性有机碳组分研究得出的结果类似。这表明有机碳与活性有机碳组分含量密切相关, 说明有机碳和活性有机碳组分在对草地沙化的响应具有一致性。

表 1 土壤有机碳组分相关性分析

项目	TOC	DOC	EOC	MBC
TOC	1	0.986**	0.979**	0.971**
DOC		1	0.992**	0.982**
EOC			1	0.987**
MBC				1

注: ** 表示测定项目 $P < 0.01$ 水平上显著相关。

3 讨论

以风蚀为主要特征的土地沙化是我国最严重的草地退化类型之一, 它能通过对富含养分的土壤细颗粒的选择性吹蚀, 致使土壤 SOC 随土壤颗粒发生迁移而沉积, 从而对土地生产潜力产生巨大影响^[7]。本研究结果表明, 随沙化的加剧, 若尔盖高寒草原不同沙化草地 0—60 cm 土层 TOC 含量呈显著降低特征, 降低幅度达到 74.76%。0—20 cm 土层有机碳含量减少了 82.97%, 而随着土层深度增加, TOC 含量降低幅度逐渐减小, 表明草地沙化对表层 TOC 影响更为显著。上述结论与 Zhao 等^[4]、Zhou 等^[16] 和李玉强等^[17] 在我国干旱半干旱地区得出的结论类似。说明若尔盖高原高寒半湿润地区草地沙化过程中 TOC 含量变化特征与我国北方半干旱地区草地相似。潜在沙化草地 TOC 含量较 Zhou 等^[16] 对内蒙古科尔沁沙地研究得出的结论大, 造成这种差异的原因可能与气候差异有关, 若尔盖高寒草原年降水量较大, 气温低, 有利于 TOC 的积累, 而科尔沁沙地年降水量较低, 气温高, 不利于 TOC 的积累。

DOC、EOC 和 MBC 等活性有机碳是土壤生态系统最重要和最活跃的部分, 参与地球生物化学循环过程, 在维持土壤肥力方面具有重要作用^[18]。本研究结果表明, 若尔盖高寒草原沙化土壤 DOC、EOC 和 MBC 含量随着草地沙化严重程度增加, 呈现出与土壤 TOC 相同的变化特征。但变化幅度大小存在差异, 草地沙化导致 0—60 cm 土层土壤 DOC、EOC 和 MBC 含量分别下降了 80.24%、76.02% 和 83.24%, 而 TOC 含量下降幅度仅为 74.76%。这表明若尔盖高寒草原沙化草地土壤 DOC、EOC 和 MBC 等活性有机碳组分

含量损失程度较 TOC 明显, 活性有机碳对高寒草地沙化更为敏感^[19]。活性有机碳组分中, 变化幅度最大的是 MBC, 其原因是土壤 MBC 与土壤微生物的数量和活性密切相关^[20], 而土壤微生物对外界环境变化极为敏感, 说明土壤 MBC 可作为沙化土壤碳库变化的敏感指标。

4 结论

随着沙化严重程度增加, 土壤总有机碳、溶解性有机碳、易氧化有机碳、微生物量碳含量均呈下降趋势, 且降低幅度呈现出 $MBC > DOC > EOC > TOC$ 的变化特征, 其中, 0—60 cm 土层极重度沙化阶段草地土壤总有机碳、溶解性有机碳、易氧化有机碳、微生物量碳含量分别为 5.27 g/kg, 36.28 mg/kg, 0.82 g/kg 和 48.89 mg/kg, 比潜在沙化阶段分别降低 74.76%、80.24%、76.02% 和 83.24%; 从土层剖面来看, 土壤总有机碳、溶解性有机碳、易氧化有机碳、微生物量碳含量在 0—20 cm 土层损失最为明显, 极重度沙化阶段较潜在沙化阶段分别降低了 82.97%、85.99%、84.15% 和 89.61%; 随土层深度增加, 沙化导致土壤总有机碳、溶解性有机碳、易氧化有机碳、微生物量碳含量减少的数量及减少的幅度均呈下降趋势; 相关性分析表明, 若尔盖高寒草原沙化草地土壤总有机碳、溶解性有机碳、易氧化有机碳、微生物量碳含量均呈极显著正相关关系($P < 0.01$)。

参考文献:

- [1] Gad A, Abdel-Samie A G. Study on desertification of irrigated arable lands in Egypt. II-Salinization[J]. Egyptian Journal of Soil Science, 2000, 40(3): 373-384.
- [2] Lal R. Global potential of soil carbon sequestration to mitigate the greenhouse effect[J]. Critical Reviews in Plant Sciences, 2003, 22(2): 151-184.
- [3] Belay-Tedla A, Zhou X, Su B, et al. Labile, recalcitrant, and microbial carbon and nitrogen pools of a tallgrass prairie soil in the US Great Plains subjected to experimental warming and clipping[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2009, 41(1): 110-116.
- [4] Zhao H L, Zhou R L, Zhang T H, et al. Effects of desertification on soil and crop growth properties in Horqin sandy cropland of Inner Mongolia, north China[J]. Soil and Tillage Research, 2006, 87(2): 175-185.
- [5] 李侠, 李潮, 蒋进平, 等. 盐池县不同沙化草地土壤特性[J]. 草业科学, 2013, 30(11): 1704-1709.
- [6] Sousa F P, Ferreira T O, Mendonca E S, et al. Carbon and nitrogen in degraded Brazilian semi-arid soils undergoing desertification[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2012, 148(4): 11-21.