

刘淑娟,魏兴琥,郑倩倩,等.西藏阿里高寒荒漠区土壤有机碳含量特征[J].中国沙漠,2020,40(4):234-240.

西藏阿里高寒荒漠区土壤有机碳含量特征

刘淑娟,魏兴琥,郑倩倩,林啟霞,罗小兰,陈毅哲,梁钊雄,关共凑

(佛山科学技术学院,广东 佛山 528000)

摘要: 调查了西藏阿里高寒荒漠区30个高寒荒漠样地土壤剖面发生层,分层采集土壤样品,测定有机碳、全氮、全磷、全钾含量和粒度。结果表明:(1)阿里高寒荒漠区主要分布在海拔4 000~5 000 m的湖盆、宽谷、沟谷坡麓、冲洪积扇,土层薄、地表粗砾化、沙化严重,有机碳含量低,从亚高山草原土、高山草原土、亚高山荒漠草原土、亚高山荒漠土至高山荒漠土,土壤有机碳含量呈逐渐下降的趋势,高山草原土有机碳含量显著高于亚高山荒漠草原土、亚高山荒漠土和高山荒漠土,从草原到荒漠土壤退化明显。(2)8种植物群丛的土壤有机碳含量表现出按草原-荒漠草原-荒漠-砾漠逐渐降低的指数关系,针茅(*Stipa* spp.)-固沙草(*Orinus thoroldii*)草原和紫花针茅(*Stipa purpurea*)草原的土壤有机碳含量均极显著高于沙生针茅(*Stipa caucasica* subsp. *glareosa*)草原、沙蒿(*Artemisia wellbyi*)灌丛草原、灌木亚菊(*Ajania fruticulosa*)荒漠、驼绒藜(*Ceratoides latens*)砾漠和垫状驼绒藜(*Ceratoides compacta*)砾漠;沙生针茅草原、灌木亚菊荒漠、驼绒藜砾漠土壤有机碳又显著高于垫状驼绒藜砾漠。(3)土壤有机碳含量与海拔、土层厚度、表层砾石含量之间具微相关性,但随海拔升高,土壤有机碳含量降低、地表粗砾化有加重的趋势,家畜超载、野生动物数量增加造成植被退化可能是导致高寒荒漠土壤有机碳降低的主要原因。

关键词: 西藏;高寒荒漠区;土壤;有机碳

文章编号: 1000-694X(2020)04-234-07

DOI: 10.7522/j.issn.1000-694X.2020.00025

中图分类号: S158

文献标志码: A

0 引言

荒漠是分布在干旱、半干旱地区的生态系统,占中国陆地总面积的27.9%^[1]。受生存环境影响,荒漠植物群落尽管种类较少,平均生产力较低,但分布面积大,影响范围广,是组成荒漠区绿色生态屏障的基础,对于生态文明建设及经济发展至关重要。高寒荒漠是分布于青藏高原特殊的荒漠类型,不仅受干旱影响,也受高海拔低温影响,是荒漠中生态最脆弱的生态类型。青藏高原的高寒荒漠主要分布在藏北-藏西北荒漠化区、朋曲流域荒漠化区、雅鲁藏布江中游中段荒漠化区和金沙江干旱河谷荒漠化区,而藏北-藏西北荒漠化区是分布最广的区域,面积达172 026.47 km²,占本区域总土地面积的37.32%^[2],占西藏荒漠化总面积的93.68%,占全国荒漠化总面积的6.43%,主要分布在阿里地区西、北部和羌塘高原西北部,有极其重要的战略地

位和生态地位。青藏高原具有世界独有性和世界“第三极”的区域特殊性,在长期的历史演变过程中,受特殊的气候环境、地貌、土壤条件影响,高寒荒漠形成了独特的高寒生态系统,这一世界独有的生态环境也是世界上科学家关注的热点^[3]。早在1812年,英国人在玛旁雍错地区采集了植物标本。之后,陆续有法国人、俄国人、美国人到西藏开展植物研究^[4]。

土壤作为陆地生态系统最大的碳库和碳循环过程的关键环节,为植被碳库提供生长场所,其源、汇的变化直接影响全球碳收支,因此,土壤有机碳已经成为生态领域的重要研究内容^[5-7]。土壤有机碳库是大气中CO₂的重要潜在碳源或碳汇^[8-9],全球土壤有机碳库储量约为1 576 Pg,是地上生物碳储量的3倍,是大气碳储量的2倍^[10],其微小变化都可引起大气中CO₂浓度发生显著的改变^[11],土壤固碳已经成为重要的固碳策略。青藏高原高寒荒漠区

收稿日期:2020-02-04; 改回日期:2020-04-09

资助项目:国家重点研发计划专项课题(2017FY100202);广东大学生科技创新培育专项(Pdjha0521)

作者简介:刘淑娟(1984—),女,内蒙古突泉人,博士,讲师,主要研究领域为土壤生态学。E-mail: liujuan_407@163.com

通信作者:魏兴琥(E-mail: weixinghu1964@163.com)

作为陆地最脆弱生态系统之一,土壤有机碳含量同样对整个高寒荒漠生态系统影响深远。西藏土壤的系统研究得益于中国科学院于20世纪50—70年代组织的四次青藏高原综合科学考察,特别是1973—1976年中国科学院青藏高原综合科学考察队在青藏高原开展的大规模、全方位的综合考察,《西藏土壤》作为该次调查的成果,第一次系统总结了西藏土壤的形成因素、土壤形成过程的主要特点、土壤分类和地理分布规律、土壤资源利用等成果,为西藏土壤研究奠定了良好的基础^[4]。但20世纪80年代至今,受制于交通、环境方面的影响,对西藏土壤的研究仅有零星报道,特别对阿里荒漠区土壤的深入研究欠缺。张晓平^[12]分析了西藏表层土壤中205个样品,得到西藏土壤中13种元素的环境背景值。高丽丽^[13]根据西藏16个土类138个土壤剖面465层土样的分析资料,讨论了西藏土壤的有机质、全磷、全钾和速效钾含量状况及其影响因素。刘世全等^[14]认为西藏土壤的全钾与有机质含量负相关,表现为有机质对钾的“稀释效应”等。齐雁冰^[15]以青海沙珠玉和青海湖东岸为例首次对高寒地区的砂质荒漠化土壤进行了系统研究,认为高寒地区砂质荒漠化土地土壤发育微弱,土壤砂粒含量较高,有机质和氮、磷养分贫乏,土壤的形成发育过程缓慢,土地一旦发生荒漠化,恢复治理相当困难。曾永年等^[16]认为,青藏高原高寒草甸生态系统由于人为因素的干扰,土壤有机质分解速率加快,呈现出明显的退化趋势,显著影响全球气候变化。阿里高寒荒漠区作为青藏高原荒漠区的主体,在中国整个荒漠区生态系统中具有独特而至关重要的地位,对其土壤碳的系统调查分析有助于全面掌握中国荒漠区土壤碳储存,也对于保护青藏高原这一特殊生态系统有重要科学意义。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

西藏阿里地区(29°40′40″—35°42′55″N, 78°23′40″—86°11′51″E)位于西藏自治区西北部,总土地面积29.63万km²。阿里地区属大陆性温凉干旱气候区,气候寒冷干燥,年平均气温-0.2~0.1℃,最热月平均气温13~14℃,最冷月平均气温-9~12℃,年降水量60~190mm,集中在7—8月,年日照3 152.2~3 416.5h,是中国光能最丰富的地

区^[17]。下辖普兰县、札达县、噶尔县、日土县、革吉县、改则县和措勤县7个县,人口数量10万左右,是世界上人口密度最小的地区。东边为唐古拉山以西的杂美山,与那曲地区相连;东南方向则与冈底斯山中段的日喀则市仲巴、萨嘎、昂仁县接壤;北边倚靠昆仑山脉南麓,与新疆喀什、和田地区相邻;西南方向连接喜马拉雅山西段,与印度、尼泊尔等国接壤,是青藏高原北部羌塘高原的核心地带^[18]。阿里荒漠区为藏北—藏西北荒漠化区的主体,仅沙漠化面积就占6.36万km²,荒漠化主要分布在雅鲁藏布江上游的马泉河宽谷,阿里高原南、北部的湖盆区,山间盆地及冈底斯山、喜马拉雅山北麓等山脉的冲洪积扇平原与冲洪积扇上^[2]。

1.2 研究方法

1.2.1 调查点布设

调查点布设根据1:100万中国植被图和区域群落记载资料,对比MODIS 250 m×250 m数据集与《中国植被分布图》,界定荒漠植物群落格局与邻近群落的链接关系,对荒漠区的主要植物群落采用统一网格(10 km×10 km)进行调查点系统布设。考虑到西藏阿里的地形、交通、边境等特殊条件,在总项目统一布点基础上,首先考虑高寒荒漠区主要自然群落类型,同时基于安全、可行、经济角度布设了30个调查点(图1),涵盖了8种主要荒漠植被类型和5种主要土壤类型,分布在河流宽谷、湖盆区、山间盆地、主要山脉的冲洪积扇平原与冲洪积扇上。

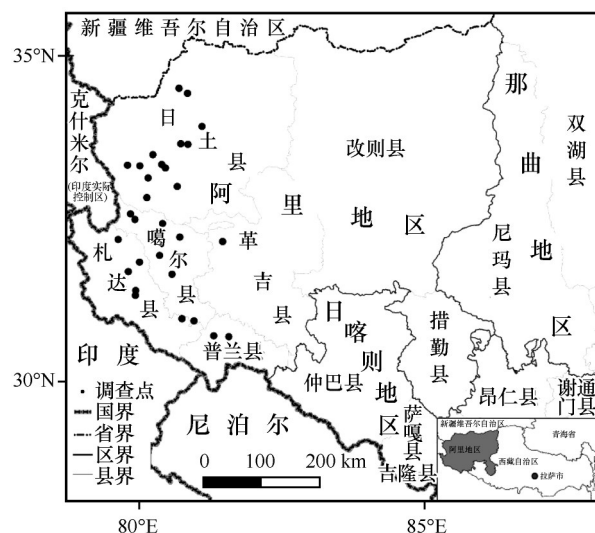


图1 阿里野外考察调查点

Fig.1 Sample points of field investigation in Ali

1.2.2 土壤调查内容

土壤采样、观测点位于 100 m×100 m 植被样方中部,挖掘典型土壤剖面,调查观测点的土壤类型,观察记录剖面发生层分层特性,采集土壤样本测定土壤有机质、氮、磷含量、pH 值、机械组成和土壤水分含量等理化性质。共完成土壤剖面 30 个,采集土壤样品 104 个。

采用重铬酸钾外加热法测定土壤有机碳^[19]。数据分析采用 SPSS20.0。

2 结果与讨论

2.1 不同荒漠土壤类型的土壤有机碳含量差异

参考《西藏土壤》^[4]、《西藏植被》^[3]、《西藏自治区草地资源》^[17]等,30 个样地涵盖了亚高山草原土、高山草原土、亚高山荒漠草原土、亚高山荒漠土和高山荒漠土 5 种土壤类型。《西藏土壤》中,5 种土壤类型分属于巴嘎土、莎嘎土、冷漠土(亚高山荒漠草原土、亚高山荒漠土)、寒漠土土纲。亚高山草原土、高山草原土、亚高山荒漠草原土主要分布于西南阿里山原峡谷亚高山荒漠草原区的玛旁雍错-拉昂错宽谷湖盆、内流水系的河谷、山坡、山麓洪积扇上和西阿里山地宽谷湖盆亚高山荒漠区的狮泉河流域宽谷、湖盆、山坡;亚高山荒漠土和高山荒漠土

主要分布在藏西北高原荒漠区的日土-班公错砾石质山坡、砂砾质谷地及洪积扇上。30 个样地中,有 12 个属于亚高山荒漠草原土,8 个为亚高山荒漠土,5 个是高山荒漠土,不同样地土壤有机碳含量平均值 0.27%~2.42%,不同土壤类型土壤有机碳含量从亚高山草原土、高山草原土、亚高山荒漠草原土、亚高山荒漠土至高山荒漠土有逐渐下降的趋势,土层减少,厚度也有降低趋势(表 1)。对 5 种土壤的有机碳含量进行成对 t 检验,高山草原土的土壤平均有机碳含量均显著高于亚高山荒漠草原土、亚高山荒漠土和高山荒漠土(显著性系数分别达到 0.03、0.03、0.02),而与亚高山草原土差异不显著,证明高寒荒漠区土壤从草原到荒漠后退化明显。亚高山草原土土壤有机碳平均值与高山草原土无显著性差异,亚高山草原土的 2 个样地的植被类型分别为固沙草(*Orinus thoroldii*)草原和针茅-固沙草草原,固沙草草原 10~20、20~40 cm 土壤有机碳含量分别达到 3.90% 和 4.26%,而表层只有 0.54%,40~52 cm 只有 0.98%,另一针茅-固沙草草原样地土壤有机碳含量也在 0.63%~0.83%,显示了草原向荒漠演化的趋势,也说明现有草原可能是原有草甸退化形成,分布于河谷、沟谷地势较低的亚高山草原也是沙源丰富、风蚀频繁的区域,沙漠化加剧了这一演化进程。

表 1 不同荒漠土壤样地概况

Table 1 Soil sample-plots in different alpine desert zone

土壤类型	有机碳平均含量/%	样地数量	土壤样品数	地貌类型	海拔/m	土层深度/cm
亚高山草原土	1.57 ^{ab}	2	8	沟谷、洪积扇、风蚀洼地	4068~4402	35~52
高山草原土	1.27 ^a	3	11	湖盆、宽谷、山麓洪积扇	4523~4630	30~45
亚高山荒漠草原土	0.88 ^b	12	48	洪积平原、洪积扇、山坡	4240~4629	30~70
亚高山荒漠土	0.85 ^b	8	23	沟谷山麓、洪积扇	3655~4420	20~50
高山荒漠土	0.75 ^b	5	14	宽谷、湖盆	4232~5050	13~46

不同字母代表 0.05 水平显著差异。

对不同土壤类型 0~10、10~20、20~30 cm 进行单因子方差测验(图 2),5 种土壤类型的表层 0~10 cm 土壤有机碳含量普遍比较低,无显著差异,但 10~20 cm 土层中的有机碳含量差异较大,亚高山草原土有机碳含量极显著高于亚高山荒漠草原土和亚高山荒漠土,显著高于高山荒漠土;高山草原土有机碳含量显著高于亚高山荒漠草原土;亚高山荒漠草原土、亚高山荒漠土和高山荒漠土之间的有机碳含量没有明显差异。20~30 cm 土层中,亚高山草原土的

土壤有机碳含量极显著高于亚高山荒漠草原土、亚高山荒漠土和高山荒漠土,显著高于高山草原土;亚高山荒漠草原土的有机碳含量显著高于高山荒漠土;亚高山荒漠土和高山荒漠土之间的有机碳含量没有明显差异。从不同深度看,亚高山草原土和高山草原土表层土壤有机碳明显低于 10~20 cm 土层,10 cm 以下土层有机碳按亚高山草原土、高山草原土、亚高山荒漠草原土、亚高山荒漠土、高山荒漠土有明显的下降趋势。

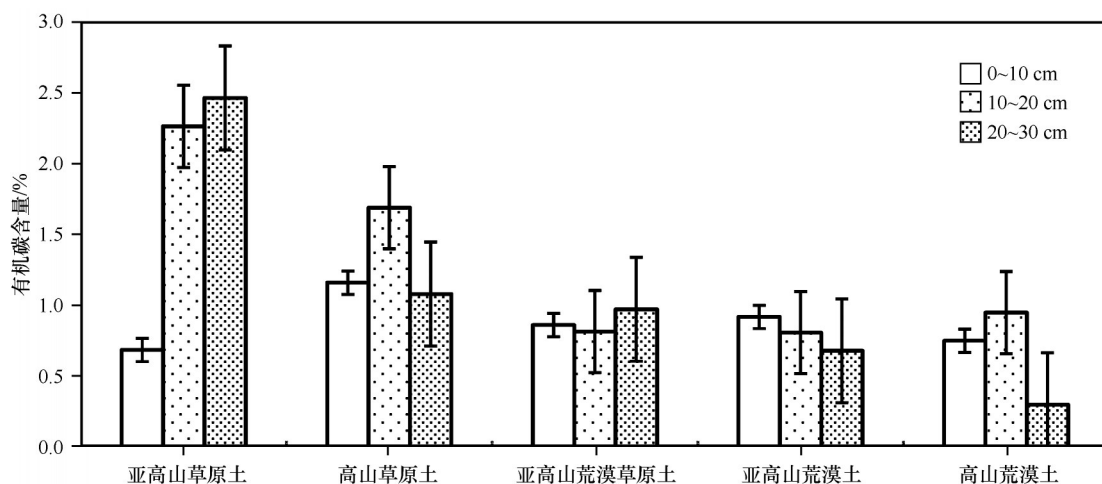


图2 不同土壤不同土层有机碳含量

Fig.2 Soil organic carbon in different soil types

比较20世纪70年代中国科学家对西藏高寒荒漠区相似区域土壤样品所做的有机质分析数据^[4], 巴嘎土(亚高山草原土)、莎嘎土(高山草原土)、灰冷漠土(亚高山荒漠草原土)、冷漠土(亚高山荒漠土)、寒漠土(高山荒漠土)表层0~10 cm土壤有机碳分别为1.25%、1.04%、0.93%、0.59%、0.70%,基本上和本次调查测定数据的变化趋势相似,也证明了从草原到荒漠土壤的退化趋势。从20世纪70年代至21世纪初,西藏高寒草地受自然和人为因素影响,大多都处于退化状态^[20]。最新研究证明^[21],西藏阿里日土县实施退牧还草工程(2008—2016年)后,草地NDVI总体呈现增加趋势,显著增加区域占植被分布区的比例为7.09%,在北部地区更为明显,荒漠植被增加占比达到7.87%,但不同草地类型NDVI的年际变化差异较大,紫花针茅、沙生针茅草原NDVI显著减少的区域明显高于其他植被类型,垫状驼绒藜荒漠、青藏藜草原NDVI显著增加区域的比例明显高于其他植被类型,证明退牧还草在一定程度上促进了荒漠退化草地的恢复,有效遏制了草地退化。从本次调查测定的同类土壤表层有机碳平均含量看,亚高山草原土、高山草原土、亚高山荒漠草原土、亚高山荒漠土、高山荒漠土表层有机碳含量平均值分别为0.69%、1.16%、0.86%、0.92%和0.75%,与20世纪70年代同类土壤比较,亚高山草原区和草原荒漠区土壤退化明显,而高山草原区和荒漠区土壤有所恢复。这与上述研究结果基本一致,亚高山草原土和高山草原土表层土壤有机碳含量明显低于下层土壤,再次证明了在海拔较低、植被发育较好的草原区放牧压力依然较大,草地土壤

退化严重并且退化趋势还没有得到根本改变。

2.2 不同植被类型的土壤有机碳含量差异

植物是土壤有机碳的来源,植被与土壤密切相关,西藏高寒荒漠区在全球生态系统中属于独特的高寒、干旱、大风、多风环境,发育了独特的植被类型,植被低矮、稀疏、生物量低,同时,寒冷干旱的气候也限制了微生物的发育与生存,生物体转换为有机碳的速度小、数量少。西藏阿里高寒荒漠区有小半灌木荒漠和垫型小半灌木荒漠2种植被型、驼绒藜(*Ceratoides latens*)、灌木亚菊(*Ajanía fruticulosa*)、蒿、垫状驼绒藜(*Ceratoides compacta*)4种群系,发育有紫花针茅(*Stipa purpurea*)草原、变色锦鸡儿(*Caragana versicolor*)灌丛草原、沙生针茅(*Stipa caucasica* subsp. *glareosa*)草原、针茅-固沙草草原、藏沙蒿(*Artemisia wellbyi*)灌丛草原、灌木亚菊荒漠、驼绒藜砾漠、垫状驼绒藜砾漠8种群丛。不同的群丛发育有不同的土壤,如紫花针茅草原、变色锦鸡儿灌丛草原主要生长在高山草原土,针茅-固沙草草原多位于亚高山草原土,垫状驼绒藜砾漠发育在高山荒漠土,其他几种群丛生长在亚高山荒漠草原土、亚高山荒漠土上。分析不同植被的土壤有机碳有助于从地表植被发育特征直观地反映土壤有机碳含量及相关性。8种植物群丛生长的土壤中土壤有机碳含量表现出按草原-荒漠草原-荒漠-砾漠逐渐降低的指数关系($y=1.6446e^{-0.129x}$, $R^2=0.6217$, 图3)。8种群丛的土壤有机碳含量,针茅-固沙草草原和紫花针茅草原均极显著高于沙生针茅草原、沙蒿灌丛草原、灌木亚菊荒漠、驼绒藜砾漠、垫状驼绒

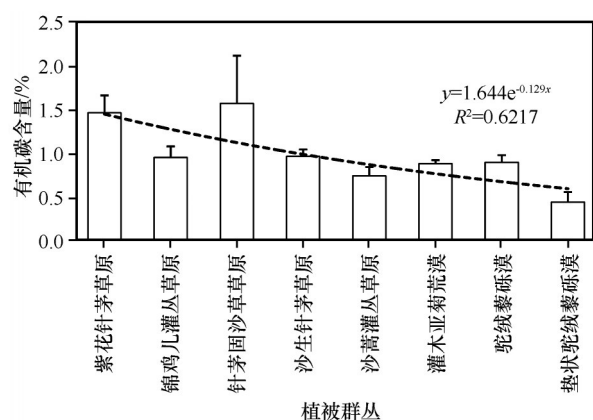


图3 不同植被群丛土壤有机碳单因子多重比较

Fig.3 LSD results of soil organic carbon in different plant association

藜砾漠;沙生针茅草原、灌木亚菊荒漠、驼绒藜砾漠土壤有机碳含量显著高于垫状驼绒藜砾漠;锦鸡儿灌木草原、沙蒿灌木草原、垫状驼绒藜砾漠之间的土壤有机碳含量无明显差异;锦鸡儿灌木草原、沙生针茅草原、沙蒿灌木草原、灌木亚菊荒漠、驼绒藜砾漠之间土壤有机碳含量也无明显差异。植被群丛表现出从草原、荒漠化草原、荒漠、砾漠变化的梯度特征。变色锦鸡儿灌木、紫花针茅草原发育在高寒荒漠区环境较好的高山草原土上,多分布在沟谷坡面和湖盆宽谷,植被盖度较好,一定程度上保护了地表土壤免受侵蚀,同时,也是主要的放牧草场,放牧压力大。变色锦鸡儿灌木、紫花针茅草原的土壤有机碳含量高于其他草地,但仍处于退化状态。垫状驼绒藜砾漠是高山荒漠土最主要的植被群丛,大多分布于湖盆宽谷区,在高原面强劲的风力吹蚀和高海拔低温环境下,地表粗砾化,物种单一、低矮、稀疏,生物量低于 $30 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2[17]}$,微生物活动受低温影响,土壤有机碳转换慢。沙蒿灌木、灌木亚菊荒漠和驼绒藜砾漠多见于亚高山荒漠土和高山荒漠土,藏沙蒿、驼绒藜、灌木亚菊是主要建群种,群丛内只有少数草本植物为伴生种,盖度稀疏,高度降低,生物量 $48 \sim 67 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2[17]}$ 。亚高山荒漠草原土是草原土向荒漠土过渡的类型,既有荒漠区典型的小半灌木驼绒藜、灌木亚菊,也有草原区典型的沙生针茅、紫花针茅、青藏苔草(*Carex moorcroftii*)、二裂叶委陵菜(*Potentilla bifurca* var. *humilior*)、阿勒泰狗娃花(*Aster altaicus*)、小叶棘豆(*Oxytropis microphylla*)等,但无论是建群种,还是伴生种,植被都比较稀疏、低矮,土壤缺乏足够的生物有机质来源。发育在亚高山草原土的针茅-固沙草草原,多

位于沟谷坡麓,尽管沙化严重,但积沙也为固沙草等耐旱的草本植物提供了较好的生长环境,保护了下层土壤。

2.3 土壤有机碳含量与海拔、表层砾石含量、土层厚度的关系

土壤有机碳含量是土壤环境、植被发育、人类活动、动物等的综合反映,高寒荒漠中,除了植被,海拔是影响环境的主要因素,土壤厚度可以反映土壤的发育程度和所处的地貌,地表粗砾化是高寒荒漠土壤退化的标志。对土壤表层有机碳、土壤平均有机碳、表层砾石含量、海拔、土层厚度间进行双变量相关分析(表2),土壤平均有机碳含量与海拔、土层厚度和表层砾石含量为负相关关系,表层有机碳含量同样与海拔和土层厚度负相关,但与表层砾石含量正相关。表层砾石含量和海拔高度正相关;相关系数 $0 \sim 0.3$,证明海拔、土层厚度、表层砾石含量并不是影响土壤有机碳的决定因素。随海拔升高土壤有机碳降低、地表粗砾化加重。除了植被类型因素,人类的放牧活动直接影响了地表植被的生物量和生物循环,直接加剧了土壤退化。阿里地区的牲畜从1960年的约 127×10^4 绵羊单位增加到2010年的 346.66×10^4 绵羊单位,增加了1.73倍,导致超载过牧严重,草地退化严重^[22]。发育较好的草原承受着更大的超载压力。在冈底斯山与喜马拉雅山脉之间的玛旁雍错-拉昂错宽谷湖盆、河谷、山坡、山麓洪积扇上发现种群大小不一的野驴群,在沙生针茅草原偶尔发现小群羚羊,说明随着对野生动物保护力度增加,野生动物种群增加,栖息地也在扩张,而草地则承受着家畜和野生动物的双重压力,退化趋势加剧。如果不能有效控制家畜的数量,这种趋势只能不断加剧。

3 结论

西藏阿里高寒荒漠区广泛分布在海拔3 600~5 000 m的河谷、湖盆、坡麓冲、洪积扇上,土壤有机碳含量从亚高山草原土、高山草原土、亚高山荒漠草原土、亚高山荒漠到高山荒漠土逐渐降低,表现出按草原-荒漠草原-荒漠演替退化的过程,表层土壤退化程度更加明显,草原土壤退化程度强于荒漠。

高寒荒漠植被类型单一,群丛少,除了荒漠区

表 2 土壤有机碳含量与海拔、表层砾石含量、土层厚度的相关分析

Table 2 Correlation analysis of soil organic carbon with altitude, gravel concentration in surface and soil thickness

		表层有机碳 含量	平均有机碳 含量	海拔	表层砾石 (>1 mm)含量	土层厚度
表层有机碳含量	皮尔逊相关性	1	0.30	-0.15	0.10	-0.12
	Sig.(双尾)	—	0.11	0.42	0.59	0.53
	个案数	30	30	30	30	30
平均有机碳含量	皮尔逊相关性	0.30	1	-0.27	-0.04	-0.24
	Sig.(双尾)	0.11	—	0.14	0.85	0.21
	个案数	30	30	30	30	30
海拔	皮尔逊相关性	-0.15	-0.27	1	0.29	0.13
	Sig.(双尾)	0.42	0.14	—	0.13	0.49
	个案数	30	30	30	30	30
表层砾石(>1 mm)含量	皮尔逊相关性	0.10	-0.04	0.29	1	-0.02
	Sig.(双尾)	0.59	0.85	0.13	—	0.94
	个案数	30	30	30	30	30

局部非地带性存在的锦鸡儿灌丛、紫花针茅草原外,大多是以灌木亚菊、驼绒藜、蒿类、垫状驼绒藜为建群种的半灌木植被型,物种稀少、盖度稀疏、生物量贫乏,造成有机碳生物资源不足,转换慢,含量低。同样表现出按草原植被—荒漠草原植被—亚高山荒漠植被—高山荒漠逐渐降低的趋势。植被发育相对较好的草原面临更大的退化趋势。

影响土壤有机碳的因素众多,除了自然环境因素外,植被的生长状况应该是最直接的因素,而家畜数量超载、野生动物逐渐增加等都导致了植被生长发育受限,植被退化直接导致并加剧了土壤退化。

参考文献:

[1] 吴波,苏志珠,陈仲新.中国荒漠潜在发生范围的修订[J].中国沙漠,2007,27(6):911-913.

[2] 慈龙骏.中国的荒漠化及其防治[M].北京:高等教育出版社,2005:463-483.

[3] 中国科学院青藏高原综合科学考察队.西藏植被[M].北京:科学出版社,1988.

[4] 中国科学院青藏高原综合科学考察队.西藏土壤[M].北京:科学出版社,1988.

[5] 刘苗,刘国华.土壤有机碳储量估算的影响因素和不确定性[J].生态环境学报,2014,23(7):1222-1232.

[6] Ferretti M, Marchetto A, Arisci S, et al. On the tracks of nitrogen deposition effects on temperate forests at their southern European range-an observational study from Italy [J]. Global Change Biology, 2014, 20, 3423-3438.

[7] 李琳,李素娟,张海林,等.保护性耕作下土壤碳库管理指数

的研究[J].水土保持学报,2006,20(3):106-109.

[8] Post W M, Mann L K. Changes in soil organic carbon and nitrogen as a result of cultivation[M]//Bouwman A F. Soils and the Greenhouse Effect. New York, USA: John Wiley and Sons Inc., 1990:401-406.

[9] Reay D S, Dentener F, Smith P, et al. Global nitrogen deposition and carbon sinks[J]. Nature Geoscience, 2008, 1:430-437.

[10] Eswaran H, Vanderberg E, Reich P. Organic-carbon in soils of the world[J]. Soil Science Society of America Journal, 1993, 57(1):192-194.

[11] Sundquist E T. The global carbon dioxide budget [J]. Science, 1993, 259(5097):934-941.

[12] 张晓平. 西藏土壤环境背景值的研究[J]. 地理科学, 1994, 14(1):49-55.

[13] 高丽丽. 西藏土壤有机质和氮磷钾状况及其影响因素分析[D]. 四川雅安:四川农业大学, 2004:1-43.

[14] 刘世全,高丽丽,蒲玉林,等. 西藏土壤磷素和钾素养分状况及其影响因素[J]. 水土保持学报, 2005, 19(1):75-88.

[15] 齐雁冰. 高寒地区荒漠化土壤发生特性及其形成演变研究:以沙珠玉和青海湖东岸为例[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学, 2003.

[16] 曾永年,冯兆东. 黄河源区土地沙漠化及其对土壤碳库的影响研究[J]. 中国沙漠, 2008, 28(2):208-211.

[17] 西藏自治区土地管理局,西藏自治区畜牧局. 西藏自治区草地资源[M]. 北京:科学出版社, 1994.

[18] 刘玉梅,张建国,吉云松,等. 阿里表层土壤元素相关分析[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(19):70-73.

[19] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社, 2005.

[20] 余成群,郭万军. 西藏高寒草地主要类型生态环境现状及恢复对策[J]. 西藏科技, 2003(2):34-35, 38.

[21] 赵旺林,罗天祥,张林. 气候变化与放牧对西藏典型高寒荒漠

草地植被指数变化的相对影响[J]. 生态学报, 2019, 39 (22): 8494-8503.

[22] 畅慧勤. 西藏阿里草原生态承载力研究[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2012.

Soil organic carbon contents characteristics in the alpine desert area of Ali, Tibet, China

Liu Shujuan, Wei Xinghu, Zheng Qianqian, Lin Qixia, Luo Xiaolan,
Chen Yizhe, Liang Zhaoxiong, Guan Gongcou
(Foshan University, Foshan 528000, Guangdong, China)

Abstract: Ali alpine desert zone in Qinghai-Tibet Plateau were selected as the investigation regions, vegetation and soil profiles in 30 sample plots were surveyed, soil organic carbon, size composition, and other index were measured. The results show: (1) The Ali alpine desert zone main distribute in spread over lake basin, broad valley, the foot of the slope, alluvial-proluvial fan with altitude of 4 000-5 000 m, soil there are thin soil thickness, high gravel proportion in soil surface, severe desertification and low soil organic carbon. The contents of soil organic carbon demonstrate the reduction tendency from subalpine prairie soil, alpine prairie soil, subalpine desert steppe soil, subalpine desert steppe soil to alpine desert soil. The contents of soil organic carbon had the significance reduction from alpine prairie soil to subalpine desert steppe soil, subalpine desert steppe soil, and alpine desert soil. (2) The contents of soil organic carbon in 8 kinds of plant association showed a reduction tendency from steppe to desert steppe and desert. The contents of soil organic carbon of *stipa spp*-*Orinus thoroldii* steppe and *Stipa purpurea* steppe higher highly significance than *Stipa caucasica* steppe, *Artemisia wellbyi* bushwood, *Ajania fruticulosa* desert, *Ceratoides latens* desert, and *Ceraloides compacta* desert. The contents of soil organic carbon of *Stipa caucasica* steppe, *Ajania fruticulosa* desert, *Ceratoides latens* desert higher significance than *Krascheninnikovia compacta* desert. (3) Correlation analysis of soil organic carbon with altitude, gravel concentration in surface and soil thickness showed the reduction of soil organic carbon and increase of gravel proportion in soil surface with the rise altitude. Overgraze of livestock and wild animal maybe is the principal factor that bring about vegetation degradation and lead to the reduction of soil organic carbon in alpine desert zone.

Key words: Tibet; alpine desert zone; soil; organic carbon