

青藏高原东缘红原地区三种不同草甸土壤 活性碳特征

张 伟, 张 宏^{*}

(四川师范大学 地理与资源科学学院, 四川 成都 610066 四川师范大学 资源生态学研究中心, 四川 成都 610066)

摘 要: 采用野外调查和室内分析结合的方法研究了青藏高原东部高寒草甸土壤活性碳含量特征, 结果表明, 在选取的浅丘山地灌丛、浅丘山地草甸、以及丘前阶地草甸三块样地中, 活性碳沿土壤剖面整体呈下降趋势, 中间有不同程度的波动。浅丘山地草甸土壤活性碳含量变化于 8.19~ 17.41 mg/g 浅丘山地灌丛变化于 8.66~ 17.62 mg/g 丘前阶地草甸变化于 9.63~ 17.68 mg/g 浅丘山地草甸变化幅度为 52.96% > 浅丘山地灌丛 (50.85%) > 丘前阶地草甸 (45.53%), 三者间差异不显著。有机碳活度最大值都不是出现在最表层, 浅丘山地草甸最高值为 0.395, 出现在 10~ 15 cm; 浅丘山地灌丛和丘前阶地草甸最高值分别为 0.407和 0.435, 出现在 25~ 30 cm。

关键词: 高寒草甸; 有机碳; 活性碳; 碳库活度; 青藏高原

中图分类号: S153.6+2 X171.1

文献标识码: A

青藏高原独特的自然地理特征, 使得其生态系统内部碳的迁移循环都与众不同, 探讨高原生态系统的碳循环特征对全球变化的研究有重大的意义。土壤是陆地生态系统的核心, 是联接大气圈、水圈、生物圈以及岩石圈的纽带, 了解土壤碳循环是研究陆地生态系统碳循环的重要前提^[1]。在青藏高原广泛分布的高寒草甸生态系统, 土壤碳库是其碳库的主体, 高寒草甸生态系统碳循环的主要过程在土壤中进行, 高寒草甸土壤有机碳总量达到 335.197 3 × 10⁸ tC, 约占全国土壤有机碳量的 23.44%, 是全球土壤碳库的 2.4% 左右^[2]。

土壤活性碳 (active organic carbon, AOC) 是土壤中移动快、稳定性差、易氧化、矿化, 并对植物和土壤微生物活性较高的那部分碳, 国外描述这一部分碳素的术语为有效碳、水溶性碳、易氧化碳、可矿化碳、生物可降解碳、活性碳、微生物量碳^[2, 3]。土壤活性

碳在土壤全碳变化之前能反映土壤微小的变化, 又直接参与土壤生物化学转化过程, 同时, 也是土壤微生物活动能源和土壤养分的驱动力, 很多研究^[4, 5], 认为活性碳库对目前温室气体排放有更大的贡献, 对气候变化的响应更为敏感, 因而它对土壤碳库平衡具有重要意义。

目前对土壤活性有机碳的研究主要为农业生产措施、季节、温湿度变化等对土壤活性有机碳的影响, 以及土壤活性有机碳与水体富营养化、温室气体排放的关系。迄今对高寒草甸土壤活性碳的研究多侧重于可矿化碳的研究, 而土壤碳库容量的变化主要发生在易氧化碳库里, 本文选择易氧化碳作为土壤活性有机碳的指示因子, 分析不同高寒草甸类型下土壤由于由于承接其凋落物和根系分泌物类型不同, 因而形成的土壤碳库特别是活性碳分布的差别。研究高寒地区不同草甸类型下土壤活性碳含量与分

收稿日期 (Received date): 2007- 09- 03; 改回日期 (Accepted): 2008- 01- 03。

基金项目 (Foundation item): 四川省教育厅重点资助项目 (2006A071)、四川师范大学研究生科研创新基金项目。[Supported by the key item of Sichuan Education Department (2006A071), the Science and Research Enterprising Fund Item of Sichuan Normal University Post-graduation]

作者简介 (Biography): 张伟 (1979 -), 男, 汉族, 四川绵阳人, 硕士研究生, 主要从事环境生态学的研究。[Zhang Wei (1979 -), male, the Han nationality, is born in Mian Yang of Si Chuan province, master, mainly engages in ecology of environment.] E-mail: mywzhang@163.com

* 通讯作者 (Corresponding author): E-mail: zh_zhong@sicnu.edu.cn; Tel: 028- 84766570

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

布对揭示不同高寒草甸类型对土壤碳库的影响结果具有重要意义,从而为进一步认识高寒草甸土壤有机碳的特征以及对未来气候变化的响应提供数据基础。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

样地位于四川省阿坝藏族羌族自治州红原县($101^{\circ}51' \sim 103^{\circ}23'E$, $31^{\circ}51' \sim 33^{\circ}19'N$, 平均海拔 3 600 m), 地处青藏高原东部边缘、四川省西北部, 地势为东南向西北倾斜, 由浅丘山地和丘间低地构成其主要地貌类型(图 1)。

气候属大陆性高原气候, 日温差大、霜冻期长, 四季变化不明显, 年平均气温 $1.1^{\circ}C$, 最冷月平均气温 $-10.3^{\circ}C$, 最热月平均气温 $10.9^{\circ}C$, 年平均相对湿度 $60\% \sim 70\%$; 干湿季节分明, 年均雨量 791.95 mm, 集中在 5~10月, 而年均蒸发量达 1 262.5 mm, 除 6、7、8月外, 其余月降水均小于蒸发, 空气干燥; 日照时间长, 太阳辐射强, 年均日照时间 2 158.7 h, 太阳辐射年总量为 $6\,194\text{ MJ/m}^{2[6]}$ 。草甸和灌丛是当地的主要植被类型, 草甸分为带有高寒性质的亚高山灌丛草甸, 亚高山草甸和沼泽草甸类型^[7]。区内土壤类型以亚高山草甸土、沼泽土和高山草甸土为主, 其中亚高山草甸土占全县土地总面积的 55.4%^[6]。

1.2 样地设置及取样方法

本研究的采样点定在红原县城附近的阿木柯河的玛莫草场, 在坡度 15° 的阳坡坡面上, 选取了两块样地: 浅丘山地灌丛 (Upland Shrub) ($32^{\circ}54.560'N$, $102^{\circ}35.603'E$; 海拔: 3 522 m) 和浅丘山地草甸 (Upland Meadow) ($32^{\circ}54.509'N$, $102^{\circ}35.651'E$; 海拔: 3 508 m), 前者以高山绣线菊 (*Spiraea alpine*) 为建群种, 伴生灌木有西藏忍冬 (*Lonicera tibetica*)、藏沙棘 (*Hippophae tibetana*) 和窄叶鲜卑花 (*Sibiraea angustata*), 该样地由灌木 + 草本植物构成复合群落的总盖度在 95% 以上; 后者群落优势种主要有: 早熟禾 (*Poa annua*)、丝颖针茅 (*Stipa Capillacea*)、四川嵩草、西藏嵩草、矮嵩草等, 群落的总盖度在 85% 左右。第三个样地位于丘前阶地处 ($32^{\circ}54.557'N$, $102^{\circ}35.908'E$; 海拔: 3 494 m): 丘前阶地草甸 Terrace Meadow, 样地建群种主要有: 皱叶酸模、羽裂风

毛菊、鹅绒委陵菜、水杨梅 (*Adina rubella*)、华丽龙胆 (*Gentiana sino-ornata*)、甘肃马先蒿 (*Pedicularis kansuensis*)、大戟、狼毒、稜子芹 (*Pleurospemum camtschaticu*) 等, 由于该草甸位于牲畜觅食必经之路, 受牲畜践踏作用影响, 土地裸露较多, 植被退化比较严重, 毒杂草多, 群落结构比前两者单一, 群落的总盖度在 70% 左右。三样地土壤类型均为高山草甸土, 成土母质以三叠纪的板岩、砂岩、白云岩、泥灰岩构成的残积、坡积物为主。

野外取样分别在高寒草甸植被生长初期 (2006-05 下旬)、盛期 (7 月中旬) 和枯黄期 (9 月下旬) 进行。取样前, 在选取的三个群落中分别确定一个 $20\text{ m} \times 20\text{ m}$ 的样地, 再将每个样地分成 $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ 的 100 个样方单元。取样时, 从三块样地确定的样方单元中各随机抽取 25 个单元, 用土钻在抽取的单元中心点取 0~10 cm 的土壤样品, 充分混合后装袋带回实验室。取土时对每个样点的生境进行详细的记录。同时, 在每个样地内, 随机挖取 3 个土壤剖面, 从未干扰一面小心挖取 $10 \times 10 \times 40(\text{cm}^3)$ 深的土壤柱状样品, 整体放置于纸盒内, 带回实验室, 在实验室平台上以 5 cm 为间隔, 切分样品。土样经自然风干、研磨, 过筛, 装瓶备用。

1.3 样品分析

土壤有机碳 (soil organic carbon SOC) 采用重铬酸钾法 (外加加热法) 测定, 土壤容重采用环刀法测定, 土壤 pH 采用玻璃电极法测定^[8], 水土比为 2.5 : 1。土壤活性碳采用 \log_{inow} 和 \log_{blair} 于 1987 年提出的 KMnO_4 氧化 - 比色法测定^[5,9], 具体操作如下: $25^{\circ}C$ 下, 取 3 份含有 15~30 mg 碳的土壤样品, 装入 100 ml 塑料瓶内, 加入 333 mmol/L 的高锰酸钾溶液 25 ml 密封瓶口, 在 25 r/min 下振荡 1 h。同时做空白样; 振荡后的样品以 4 000 r/min 离心 5 min 之后, 取上清液用去离子水按 1:250 稀释; 稀释液在 565 nm 的分光光度计上比色, 其标准液的浓度范围必须包括 1 mg 碳; 氧化过程中 1 mmol MnO_4^{4-} 消耗 0.75 mmol 或 9 mg 碳, 根据高锰酸钾的消耗量, 即求出样品的活性有机碳含量 (mg/g)。

1.4 数据分析

用软件 Excel 2000 SPSS 12 对所得实验数据进行统计、分析和多重比较。分别计算了三个样地的活性碳的平均含量、变异系数, 还用相关分析描述了土壤有机碳和活性碳与其他因素的相互关系。



图 1 样地实景图
Fig 1 Sample plot scene

2 结果

2.1 土壤有机碳沿剖面分布特征

从图 2 可以看出三块样地土壤有机碳沿剖面均自上而下呈下降趋势,在 0~ 40 cm 内有机碳含量为 35. 14~ 76. 24 g/kg 浅丘山地灌丛变化幅度为 (53. 91%) > 丘前阶地草甸 (45. 51%) > 浅丘山地草甸 (42. 64%)。浅丘山地草甸土壤有机碳含量在 0~ 20 cm, 25~ 40 cm 深度范围内变化差异不显著,而 0~ 20 cm 有机碳含量与 25~ 40 cm 有机碳含量之间变化差异显著 ($p < 0. 05$); 丘前阶地草甸土壤有机碳, 0~ 5 cm 与其他各层差异显著 ($p < 0. 05$), 5~ 15 cm 有机碳变化较小但与 25~ 40 cm 有机碳含量差异显著, 25 cm 以下土壤分层有机碳含量无显著差异。浅丘山地灌丛土壤有机碳含量分别在 0

~ 15 cm, 15~ 25 cm 深度范围内变化不显著,但 0~ 15 cm 有机碳含量与 15~ 25 cm 有机碳含量之间差异显著。相同深度不同样地而言,在 0~ 5 cm 剖面深度,浅丘山地草甸、浅丘山地灌丛和丘前阶地草甸之间有机碳含量差异显著,在 5~ 30 cm 之间,在 $p = 0. 05$ 水平上三样地土壤剖面有机碳没有显著差

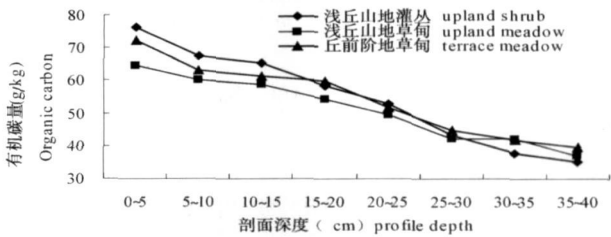


图 2 有机碳沿土壤剖面变化特征

Fig 2. The change of SOC in varying soil profile

异, 30~ 40 cm 浅丘山地灌丛与浅丘山地草甸和丘前阶地草甸差异显著, p 值分别为 0. 017 和 0. 002。

2. 2 活性碳含量沿土壤剖面的空间变异

浅丘山地草甸, 浅丘山地灌丛和丘前阶地草甸活性碳沿土壤剖面自上而下整体呈下降趋势 (图 3), 中间有不同程度的波动。浅丘山地草甸土壤活性碳含量变化于 8. 19~ 17. 41 mg/g 浅丘山地灌丛变化于 8. 66~ 17. 62 mg/g 丘前阶地草甸变化于 9. 63~ 17. 68 mg/g 浅丘山地草甸土壤活性碳垂直变异系数为 25. 06> 浅丘山地灌丛 (21. 91) > 丘前阶地草甸 (19. 42)。

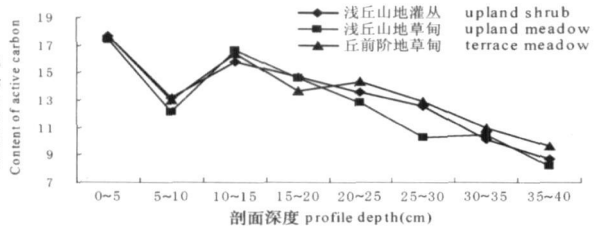


图 3 活性碳沿土壤剖面变化特征

Fig 3 The change of active organic carbon in varying soil profile

方差分析表明, 三块样地 0~ 40 cm 土壤剖面活性碳含量之间差异不显著, 水平变异系数表明 (图 4), 由于表层受外界不稳定的温度和湿度的影响, 在 5~ 15 cm 层间活性碳含量差异较大。

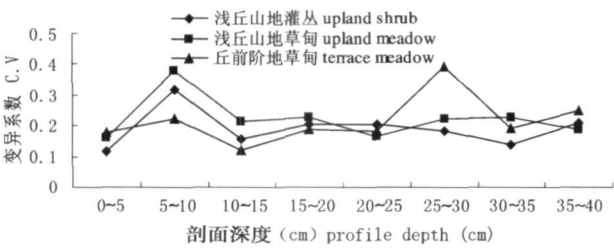


图 4 土壤剖面活性碳变异特征

Fig 4 The feature of soil active organic carbon difference in spatial distribution at different soil profile

2. 3 有机碳活度的空间分布特征

从图 5 看出, 在 0~ 25 cm 剖面深度内浅丘山地草甸有机碳活度大于浅丘山地灌丛, 25 cm 以下, 浅丘山地灌丛, 丘前阶地草甸有机碳活度高于浅丘山地草甸; 有机碳活度最大值都不是出现在最表层, 浅丘山地草甸最高值为 0. 395, 出现在 10~ 15 cm, 浅丘山地灌丛和丘前阶地草甸最高值分别为 0. 407 和

0. 435 它们都出现在 25~ 30 cm。

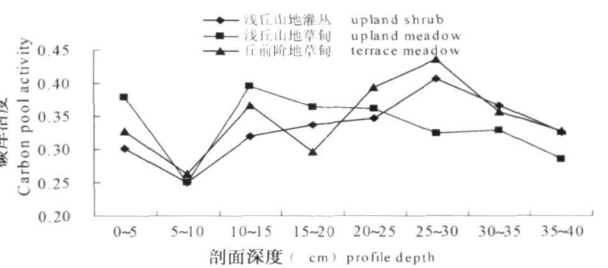


图 5 碳库活度沿土壤剖面分布特征

Fig 5 The change of carbon pool activity in soil profile

2. 4 土壤特征和地下生物量对土壤活性碳的影响

土壤活性碳来源于动植物及微生物残体, 是生物、土壤、气候综合作用的产物。相关性分析表明 (表 1), 浅丘山地草甸土壤有机碳与土壤活性碳, 全氮和地下生物量 (活根 + 死根) 之间存在极显著正相关关系 ($p < 0. 01$), 与土壤容重和土壤 pH 值之间存在极显著负相关关系 ($p < 0. 05$); 土壤活性碳与有机碳呈极显著正相关, 和全氮呈显著正相关关系, 与土壤容重和 pH 值之间呈显著负相关关系。

浅丘山地灌丛土壤有机碳与土壤活性碳, 全氮, 速效氮和地下生物量之间呈极显著正相关关系, 与土壤容重之间存在极显著负相关关系; 活性碳与有机碳, 全氮, 速效氮之间存在极显著正相关关系, 与容重呈极显著负相关关系, 和地下生物量之间存在显著正相关关系。

丘前阶地草甸土壤有机碳与全氮和速效氮之间存在极显著正相关关系, 与土壤活性碳, 地下生物量之间存在显著正相关关系; 活性碳与有机碳和土壤速效氮之间存在显著正相关。

3 讨论

3. 1 土壤有机碳含量的变化特征

在浅丘山地草甸, 浅丘山地灌丛, 丘前阶地草甸三块样地中有机碳含量沿土壤剖面的变化趋势相似, 都由表层向下土壤有机碳含量逐渐减少, 这与其他地方的研究相一致^[10 11]。土壤中的有机碳主要来自于地表枯枝落叶层的分解补充与累积。土壤剖面 0~ 10 cm 表层接受地表植被枯落物, 有机质来源丰富, 微生物对枯落物的分解而形成大量腐殖质, 有机质分解损失量低于有机质加入量, 故有机质含量较高; 10 cm 以下, 有机质的来源减少, 主要为根系

表 1 土壤有机碳和活性碳与其它因素的相关系数矩阵

Table 1 Matrix of correlation coefficient between organic carbon and the other factors& between active organic carbon and the other factors

		有机碳 SOC	活性碳 AOC	全氮 TN	速效氮 AN	容重 soil bulk density	含水量 Content of water	地下生物量 underground bim ass	pH
有机碳 SOC	浅丘山地灌丛 upland shrub	1	0.937 [*]	0.882 [*]	0.859 [*]	- 0.868 ^{**}	- 0.323	0.856 [*]	- 0.635
	浅丘山地草甸 up land meadow	1	0.914 ^{**}	0.843 [*]	0.621	- 0.887 [*]	0.005	0.749 [*]	- 0.916 [*]
	丘前阶地草甸 temace meadow	1	0.815 [*]	0.946 [*]	0.948 [*]	- 0.316	0.162	0.818 [*]	- 0.234
活性碳 AOC	浅丘山地灌丛 upland shrub	0.937 [*]	1	0.886 [*]	0.891 [*]	- 0.843 [*]	- 0.445	0.808 [*]	- 0.482
	浅丘山地草甸 up land meadow	0.914 ^{**}	1	0.773 [*]	0.35	- 0.807 [*]	- 0.258	0.511	- 0.780 [*]
	丘前阶地草甸 temace meadow	0.818 [*]	1	0.695	0.746 [*]	- 0.614	- 0.192	0.458	- 0.05

* 0.05 水平下显著相关 Correlation is significant at the 0.05 level(2- tailed)
** 0.01 水平下显著相关 Correlation is significant at the 0.01 level(2- tailed)

分泌物, 以及上层有机质的淋滤物, 有机质的来源数量不断减少, 因分解导致的有机质含量降低幅度相对增大, 有机质含量不断减少。研究结果表明, 丘前阶地草甸 0~ 10 cm 有机碳含量大于浅丘山地草甸, 这是因为草食动物的践踏, 植物残体变的破碎, 植被盖度下降, 土壤容重增加, 提高了土壤表面温度, 这些环境因素的变化促进了植物残体和凋落物的分解, 使碳和养分元素转移到土壤中^[12], 所以土壤有机碳在丘前阶地草甸表层出现积累。三块样地内土壤有机碳在 0~ 40 cm 土壤剖面内含量变化为: 35. 14~ 76. 24 g/kg 其中丘前阶地草甸有机碳沿剖面垂直变异系数为 20. 55> 浅丘山地灌丛 (15. 61) > 浅丘山地草甸 (12. 80)。在 0~ 5 cm 剖面深度, 浅丘山地草甸、浅丘山地灌丛和丘前阶地草甸之间有机碳含量差异显著, 在 5~ 30 cm 之间, 在 $\alpha = 0. 05$ 水平上三样地土壤剖面有机碳没有显著差异, 30~ 40 cm 浅丘山地灌丛与浅丘山地草甸和丘前阶地草甸差异显著。

3. 2 土壤活性碳含量及碳库活度的空间分布

ChirseW. C 和沈宏的研究认为^[13 14], 在一定土壤深度, 微生物活性受活性有机碳限制, 活性有机碳数量随深度增加而下降, 深度越大, 土壤有机碳驻留时间越长, 有效性越低。本研究的三块样地土壤活性碳沿土壤剖面自上而下呈下降趋势, 中间有不同程度的波动。活性碳在浅丘山地草甸、浅丘山地

灌丛和丘前阶地草甸土壤剖面的含量变化范围分别为 8. 19~ 17. 41 mg/g 8. 66~ 17. 62 mg/g和 9. 63~ 17. 68 mg/g 介于若尔盖沼泽土和泥炭土之间^[15], 明显高于内蒙古典型草原土壤^[16]。土壤活性碳剖面变化幅度为: 浅丘山地草甸 52. 96% > 浅丘山地灌丛 (50. 83%) > 丘前阶地草甸 (45. 53%) 要高于相应的有机碳变化幅度: 浅丘山地灌丛 53. 91% > 丘前阶地草甸 (45. 51%) > 浅丘山地草甸 (42. 64%)。这可能与降解系数不同的土壤有机碳在土壤剖面中的分布规律不同有关。Elzein和王淑平等研究表明^[17 18], 降解得比较快的有机碳在土壤中随深度呈指数下降; 而比较稳定的有机碳在剖面中随深度的变化较小。

活性有机碳与非活性有机碳的比值, 称为有机碳的不稳定性即土壤碳库活度^[19]: 土壤活性有机碳 (mg/g) / [总有机碳 (mg/g) - 活性有机碳 (mg/g)]。本研究表明 (图 5), 浅丘山地草甸土壤碳库活度在 0~ 20 cm 大于浅丘山地灌丛和丘前阶地草甸, 而在 25 cm 以下却小于浅丘山地灌丛和丘前阶地草甸, 这意味着未来气候变化情景下, 浅丘山地草甸土壤有机碳更易于发生变化。研究结果还表明, 浅丘山地草甸、浅丘山地灌丛和丘前阶地草甸土壤碳库活度最大值并不出现在表层, 浅丘山地草甸最高值为 0. 395 出现在 10~ 15 cm; 浅丘山地灌丛和丘前阶地草甸最高值分别为 0. 407 和 0. 435, 它们

都出现在 25~30 cm。表层有机碳所受外界温度和湿度影响剧烈,不稳定的温度和湿度条件有利于活性碳的分解与转化,从而使得土壤有机碳中那部分活性有机碳含量减少,所占的比重减少。

3.3 土壤活性碳影响因子分析

本研究结果表明,土壤活性碳与地下生物量,有机碳,全氮,速效氮,容重和 pH 值之间存在显著或极显著相关关系,这与李淑芬等^[47]的研究结果相似。在不同的样地根据相关系数排序为:浅丘山地草甸,有机碳(0.914 $p=0.0014$) > 容重(-0.807 $p=0.015$) > pH 值(-0.780 $p=0.022$) > 全氮(0.773 $p=0.024$);浅丘山地灌丛,有机碳(0.937 $p=0.001$) > 速效氮(0.891 $p=0.003$) > 全氮(0.886 $p=0.003$) > 容重(-0.843 $p=0.009$) > 地下生物量(0.808 $p=0.015$);丘前阶地草甸中,有机碳(0.818 $p=0.014$) > 速效氮(0.746 $p=0.034$)。本研究主要分析了土壤属性和地下生物量对活性碳的影响,而对于气候因子以及人为活动等对活性碳的影响,本研究尚未涉及,还有待于进一步的研究。

4 小结

本次研究的样点分布具有一定的局限性,还不能准确说明整个青藏高原东缘的情况,只能对该区域的研究提供一定的数据支持。下一步我们将加强对该区域的研究力度,扩大研究样点的分布范围,进一步补充该区域的研究数据。

1. 浅丘山地草甸,丘前阶地草甸和浅丘山地灌丛有机碳含量沿土壤剖面整体呈下降趋势,有机碳含量分别为 36.99~64.49 g/kg 39.41~72.32 g/kg 和 35.14~76.24 g/kg,垂直变异系数分别为 19.49%, 21.54% 和 27.35%;在 0~10 cm 有机碳含量浅丘山地灌丛 > 丘前阶地草甸 > 浅丘山地草甸,在 10~30 cm 三者之间差异不显著,而在 30~40 cm 则是浅丘山地灌丛 < 丘前阶地草甸 < 浅丘山地草甸。

2. 浅丘山地草甸,浅丘山地灌丛和丘前阶地草甸活性碳沿土壤剖面整体呈下降趋势,中间有不同程度的波动。浅丘山地草甸土壤活性碳含量变化于 8.19~17.41 mg/g 浅丘山地灌丛变化于 8.66~17.62 mg/g 丘前阶地草甸变化于 9.63~17.68 mg/g 浅丘山地草甸变化幅度为 52.96% > 浅丘山地灌丛(50.85%) > 丘前阶地草甸(45.53%),不同草甸

类型下土壤活性碳沿土壤剖面的分布差异不显著($F=0.129$ $p=0.88$)。有机碳活度最大值都不是出现在最表层,浅丘山地草甸最高值为 0.395 出现在 10~15 cm;浅丘山地灌丛和丘前阶地草甸最高值分别为 0.407 和 0.435 出现在 25~30 cm。

3. 活性碳与地下生物量,有机碳,全氮,速效氮,容重和 pH 值之间存在显著或极显著相关关系。由相关系数确定的影响因子排序分别为:在浅丘山地草甸中是有机碳 > 容重 > pH 值 > 全氮,在浅丘山地灌丛中是有机碳 > 速效氮 > 容重 > 全氮 > 地下生物量,而在丘前阶地草甸中则是有机碳 > 速效氮。

参考文献 (References)

- [1] Chen Qingqiang, Shen Chengde, Yi W eikj *et al.* Progresses in soil carbon cycle researches [J]. *Advance In Earth Sciences* 1998 13 (6): 555~ 563 [陈庆强, 沈承德, 易惟熙, 等. 土壤碳循环研究进展 [J]. 地球科学进展, 1998 13(6): 555~ 563]
- [2] Wang Genxu, Cheng Guodong, Shen Yongping. Soil organic carbon pool of grasslands on the Tibetan Plateau and its global implication [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2002 24(6): 693~ 700 [王根绪, 程国栋, 沈永平. 青藏高原草地土壤有机碳库及其全球意义 [J]. 冰川冻土, 2002 24(6): 693~ 700]
- [3] Gaetz D. Changes in land-use and land cover: A global perspective [A]. In Meyer W B and Turner B L ed. *London: Cambridge Univ Press* 1994 125~ 145
- [4] Biederbeck, V. O., H. H. Janzen, *et al.* Labile soil organic matter as influenced by cropping practices in an arid environment [J]. *Soil Biology & Biochemistry* 1994, 26: 1647~ 1656
- [5] Yang Li xia, Pan Jianjun. Progress in the study of measurements of soil active organic carbon pool [J]. *Chinese Journal of Soil Science* 2004 35(4): 502~ 506 [杨丽霞, 潘剑君. 土壤活性有机碳库测定方法研究进展 [J]. 土壤通报, 2004 35(4): 502~ 506]
- [6] The Editorial Board of Sichuan Hongyuan. The County Record of Hongyuan [M]. Chengdu: People Press of Sichuan 1996 [四川省红原县志编撰委员会编撰. 红原县志 [M]. 成都: 四川人民出版社, 1996.]
- [7] Cooperating Group of Sichuan Vegetation. Sichuan Vegetation [M]. Chengdu: People Press of Sichuan 1980. [四川植物志编辑委员会. 四川植物志 [M]. 成都: 四川人民出版社, 1980.]
- [8] Nanjing Soil Institute, Chinese Academy of Science. Analysis on Physical and Chemical Property of Soil [M]. Shanghai: Shanghai Sciences & Technology Press 1978 62~ 141 [中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析 [M]. 上海科学技术出版社, 1978 449~ 450]
- [9] Yu Rong, Xu Minggang, Wang Boren. Study on methods for determining labile organic matter of soils [J]. *Soil M anure*, 2005 2: 49~ 52 [于荣, 徐明岗, 王伯仁. 土壤活性有机质测定方法的比较 [J]. 土壤肥料, 2005, 2: 49~ 52]
- [10] Wang Yanfen, Chen Zuozhong, Lany T. Distribution of soil organ-

- ic carbon in the major grasslands of Xilinguole, Inner Mongolia China[J]. *Acta Phytocologia Sinica*, 1998, 22(6): 545~ 551 [王艳芬, 陈佐忠, Larry T. 人类活动对锡林郭勒地区主要草原土壤有机碳分布的影响 [J]. 植物生态学报, 1998, 22(6): 545~ 551]
- [11] Chen Qingqiang, Shen Chengde, Sun Yamin, *et al.* Mechanism of distribution of soil organic matter with depth due to evolution of soil profiles at the Dinghushan Biosphere Reserve[J]. *Acta Pedologia Sinica*, 2005, 42(1): 1~ 8 [陈庆强, 沈承德, 孙彦敏, 等. 鼎湖山土壤有机质深度分布的剖面演化机制 [J]. 土壤学报, 2005, 42(1): 1~ 8]
- [12] Fu Hua, Chen Yanming, Wang Yanrong *et al.* Organic carbon content in major grassland types in A lex, Inner Mongolia[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(3): 469~ 476 [傅华, 陈亚明, 王彦荣, 等. 阿拉善主要草地类型土壤有机碳特征及其影响因素 [J]. 生态学报, 2004, 24(3): 469~ 476]
- [13] Shen Hong, Cao Zhihong, Hu Zhengyi. Characteristics and ecological effects of the active organic carbon in Soil[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 1999, 18(3): 32~ 38 [沈宏, 曹志洪, 胡正义. 土壤活性有机碳的表征及其生态效应 [J]. 生态学报, 1999, 18(3): 32~ 38]
- [14] Ghiorse W. C and Wilson J. T. Microbial ecology of the terrestrial subsurface[J]. *Advances in Applied Microbiology*, 1988, 33: 107~ 172
- [15] Gao Junqin, Ou Yanghua, Bai Junhong. Vertical distribution characteristics of soil Labile organic carbon in Ruoenigai wetland[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2006, 20(1): 76~ 79, 86 [高俊琴, 欧阳华, 白军红. 若尔盖高寒湿地土壤活性有机碳垂直分布特征 [J]. 水土保持学报, 2006, 20(1): 76~ 79, 86]
- [16] Ma Xizhi, Wang Yanfen, Wang Shiping *et al.* Impacts of grazing on soil carbon fractions in the grasslands of Xilin river basin, Inner Mongolia[J]. *Acta Phytocologia Sinica*, 2005, 29(4): 569~ 576 [马秀枝, 王艳芬, 汪诗平, 等. 放牧对内蒙古锡林河流域草原土壤碳组分的影响 [J]. 植物生态学报, 2005, 29(4): 569~ 576]
- [17] Wang Shiping, Zhou Guangsheng, Gao Suhua *et al.* Distribution of soil labile carbon along the Northeast China Transect (NECT) and its response to climatic change[J]. *Acta Phytocologia Sinica*, 2003, 27(6): 780~ 785 [王淑平, 周广胜, 高素华, 等. 中国东北样带土壤活性有机碳的分布及其对气候变化的响应 [J]. 植物生态学报, 2003, 27(6): 780~ 785]
- [18] Elzein A. & J. Balesdent. A mechanistic simulation of the vertical distribution of carbon concentrations and residence time in soil[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 1995, 59: 1328~ 1335
- [19] Lefroy, R. D. B., G. J. Blair & W. M. Strong. Changes in soil organic matter with cropping as measured by organic carbon fractions and ^{13}C natural isotope abundance[J]. *Plant and soil*, 1993, 155/156: 399~ 402

Spacial Distribution Characteristics of Soil Active Organic Carbon in Three Alpine Meadow s in Eastern Qinghai-Tibetan Plateau

ZHANG Wei, ZHANG Hong

(The Geography and Resources Science College of Sichuan Normal University, Chengdu 610066 China;

Center of Resource Ecology, Sichuan Normal University, Chengdu 610066 China)

Abstract The content characters of soil active organic carbon of alpine meadow in Eastern Qinghai-Tibetan Plateau were studied with field investigation and laboratory analysis. The results indicated that the content of active SOC, that took samples from three typical alpine Upland Shrub Meadow (US), Upland Meadow (UM) and Terrace Meadow (TM) we chose, all had a descending trend along the soil profiles. The range of active carbon in UM changed from 8.19 to 17.41 mg/g, in US from 8.66 to 17.62 mg/g, and in TM from 9.63 to 17.68 mg/g. The respective range of variation was UM (52.96%) > US (50.85%) > TM (45.53%). The change of the content of active carbon along soil profiles was no significant level. The maximum of carbon pool activity was not at surface layer; it was 0.395 at 10~ 15 cm in UM, and it was 0.407 and 0.435 at 25~ 30 cm in US and TM. The content of SOC in soil profiles was correlated with underground biomass, total nitrogen, available nitrogen, soil bulk density and pH.

Key words alpine meadow; active organic carbon (AOC); soil carbon (SOC); carbon pool activity; Qinghai-Tibetan Plateau