

青海湖环湖区表土有机碳氮储量估算*

胡卫国^{1,2}, 曹军骥¹, 韩永明¹, 王旭¹

(1. 黄土与第四纪国家重点实验室, 中国科学院地球环境研究所, 西安 710075; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

提 要: 分析了沿青海湖湖岸采集的 81 个表土样品的总有机碳和氮含量得出: 环湖区表土有机碳储量为 $27.81 \times 10^6 \text{ t}$, 总氮储量为 $30.24 \times 10^5 \text{ t}$ 。占研究区面积最大的栗钙土, 其表层土壤有机碳密度 (8.19 kg/m^2) 显著高于同类研究, 氮含量 (3.63 mg/g) 亦高于青海省同类土壤的平均值, 说明环湖区表土碳氮储量都是相当大的。同时, 环湖区表土有机碳储量和氮储量呈线性正相关。

关键词: 总有机碳; 氮; 储量; 青海湖环湖区

中图分类号: S153.6⁺21

文献标识码: A

土壤碳库是陆地碳库的重要组成部分, 全球约有 1500Gt 碳是以有机质形态储存于地球土壤中, 土壤碳库储量约是大气碳库的 2 倍^[1] 植被碳库的 3 倍^[2]。陆地生态系统碳循环^[3-6] 因与全球变化密切相关而成为当前的研究热点, 而碳循环和氮循环密切相关^[7]。从长远来看, 除非生态系统有新的氮来源, 否则氮必然成为提高碳贮量的限制因子^[8]。

青藏高原草地发育的土壤富含有机质, 土壤碳密度明显高于其他地域土壤^[9]。近年来, 许多研究表明^[10], 青藏高原气温不断升高, 由于冻土热力敏感性大, 因此高原冻土具有很大的碳、氮等温室气体的排放潜力。

而青海湖流域正处于这种特殊的地理和生态单元。研究青海湖环湖区土壤有机碳、氮储量, 是全球碳循环研究中不可缺少的重要部分。同时, 有机碳、氮储量的估算对于评价环湖区生态系统, 以及为今后合理利用土地资源、提高土壤质量起着决策指导作用。

1 研究区概况

青海湖流域位于青海省东北部, 地处北纬 $36^{\circ}15' - 38^{\circ}20'$, 东经 $97^{\circ}50' - 101^{\circ}20'$, 为四周群山环绕的封闭式内陆盆地, 平均海拔 3192.77m, 土地面积 29661 km^2 , 东西长约 106km, 南北宽约 63km, 湖周长约为 360km, 面积 4264 km^2 , 蓄水量约 690.7 亿 m^3 , 是我国面积最大的内陆咸水湖, 为世界第七大内陆湖泊。该流域处于我国东部季风区、西北干旱区和青藏高原高寒区的交汇地带, 流域气候属内陆高原半干旱气候, 年均温 $-1.0^{\circ}\text{C} - 1.5^{\circ}\text{C}$ 之间, 境内多风。环湖区主要土壤类型为栗钙土, 在栗钙土分布范围内镶嵌分布有风沙土、草甸土和沼泽土, 总体上以栗钙土为主。该区主要以草本植物为主, 常见植物有西北针茅、短花针茅、芨芨草、冰草、早熟禾、赖草等。

2 材料与方法

2.1 样品采集

采用土壤类型法, 以《1:100 万中华人民共和国土壤图》为基础, 沿湖岸分别采集了环湖区 81 个 0~20cm 表土样品。采样点尽可能代表当地土壤的基本自然状况, 避免污染源及人为干扰。采样点一般距公路 100m 以上, 远离村庄及人口聚集区。采样时, 去掉与铁锹结合部位的土壤, 避免铁锹对土壤的污染, 同

* 收稿日期: 2010-6-18。

基金项目: 国家科技支撑计划: 青海湖流域生态和环境综合监测与评估技术(2007BAC30B01) 资助。

作者简介: 胡卫国(1983-), 男, 硕士研究生, 主要从事地球化学研究。E-Mail: tail.3@163.com

时去掉土壤中大的植物体及大的砾石。每个样品重约 1kg,由若干亚样组成。样品采集完成后,立即带回实验室,于通风、洁净处自然风干、摇匀,去除砾石及生物残体,待用。采样点分布图和研究区域范围(图 1)。

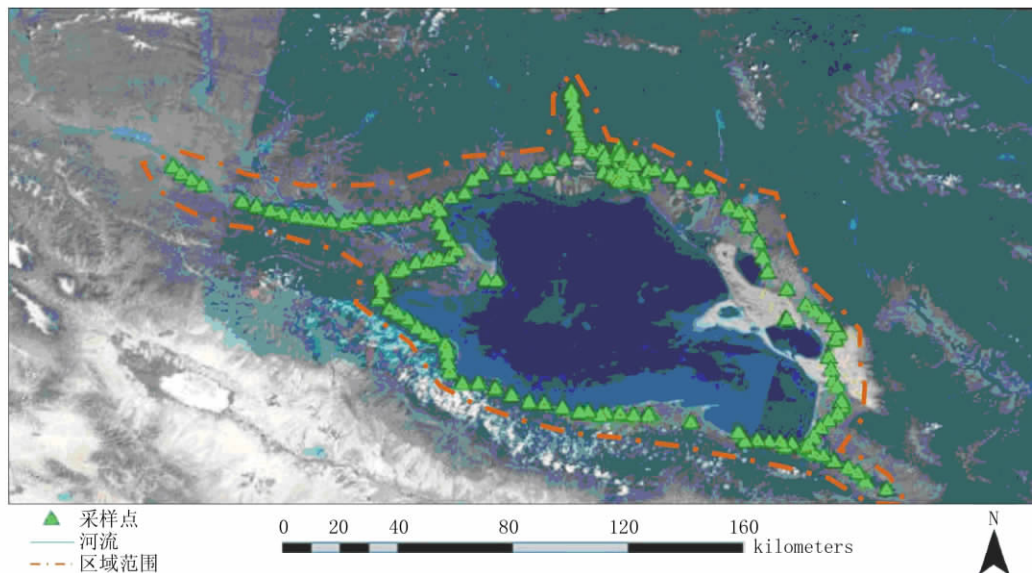


图 1 环湖区采样点分布图

Fig. 1 The distribution of samples around Lake Qinghai

2.2 实验方法

采集的土壤样品烘干后在玛瑙研钵内研磨,然后过 200 目筛,以减少粒度对实验的影响。取土样 0.3 - 0.5g,加 1M/L 的盐酸 7.5ml,室温下静置 24h,然后离心(4000 转 6 分钟),离心三次直到溶液呈中性,倒掉上层清液,烘干,烘干后用锡舟包 30 - 80mg 样品。包好的样品采用 Vario EL III 元素分析仪分析测定总有机碳、氮。

2.3 土壤有机碳密度和碳储量估算

(1) 土壤有机碳密度计算模型^[11]: $C_t = BD \times C_c \% \times D$

式中: C_t 为土壤碳密度(kg/m^2), $C_c \%$ 为有机碳含量(%), BD 土壤容重(g/cm^3), 土壤容重数据取自《青海土壤》, D 为土层厚度(cm)。

土壤有机碳储量计算: $\text{SOC} = C_t \times S$

式中: C_t 为土壤碳密度(kg/m^2), S 为各类土壤的面积,各土壤类型的面积用《1:100 万数字化中国土壤图》在 MapInfo 软件中计算而得的统计值。

(2) 土壤氮密度和氮储量也按以上模式计算^[12]。

3 结果与讨论

3.1 环湖区表土有机碳密度及碳储量

从表 1 可以看出,环湖区表土中,以沼泽土的平均有机碳含量最高(51.89mg/g),其次是草甸土(35.23mg/g),再次是栗钙土(33.58mg/g),平均有机碳含量最小的是风沙土,只有 17.81mg/g。

沼泽土由于其有机质积累强烈,所以有机碳含量较高,而同属于湿成土纲的草甸土有机质积累作用相对沼泽土弱一些,故有机碳含量低于沼泽土。环湖区栗钙土牧草生长旺盛,由于草根以密集的须根群大量渗入土体,因此其有机质积累也是很明显的,因而有机碳含量也是相当高的。属于初育土纲的风沙土由于其发育程度微弱,有机质积累不明显,所以有机碳含量较低。表层土壤有机碳密度以草甸土和栗钙土最高,分别达 $8.94 \text{ kg}/\text{m}^2$ 和 $8.19 \text{ kg}/\text{m}^2$,其中栗钙土显著高于同类研究的 $3.19 \text{ kg}/\text{m}^2$ ^[13]。风沙土和沼泽土的有机碳密度相对较低,这是由于风沙土的平均有机碳含量较低,沼泽土的土壤容重较小造成的。即使如此,风沙土的有机碳含量也显著高于其他研究,可能原因是环湖风沙土区域生长有草甸植被,导致有机碳含量升高。对比王绍强等所做的平均有机碳密度分析($10.53 \text{ kg}/\text{m}^2$)^[14],由于王绍强是按 1m 厚度计算有

机碳密度的,所以,栗钙土和草甸土表层 20cm 厚度土壤的碳密度相对全国平均值是比较高的。由于栗钙土是环湖区最主要的土壤类型,其分布面积相对于其他三种土类是最大的,并且栗钙土的有机碳储量最大,为 $18.6 \times 10^6 \text{t}$ 。风沙土、草甸土、沼泽土这三类都是镶嵌分布在栗钙土区域内,各类面积相差不大,有机碳储量分别为 $2.89 \times 10^6 \text{t}$ 、 $4.06 \times 10^6 \text{t}$ 和 $2.26 \times 10^6 \text{t}$ 。研究区总面积为 3583.99km^2 ,总碳储量为 $27.81 \times 10^6 \text{t}$ 。

3.2 环湖区表土氮密度和氮储量

表 1 环湖区表土有机碳密度和储量
Tab.1 Organic carbon density and storage
of the topsoil around Lake Qinghai

土壤类型	面积 (km^2)	容重 (g/cm^3)	平均有机碳 含量 (mg/g)	有机碳 密度 (kg/m^2)	有机碳 储量 (10^6t)
栗钙土	2273.05	1.22	33.58	8.19	18.6
风沙土	512.31	1.58	17.81	5.63	2.89
草甸土	453.61	1.27	35.23	8.94	4.06
沼泽土	345.02	0.63	51.89	6.54	2.26
总计	3583.99				27.81

表 2 环湖区表土氮密度和储量
Tab.2 Nitrogen density and storage
of the topsoil around Lake Qinghai

土壤类型	面积 (km^2)	容重 (g/cm^3)	平均氮含量 (mg/g)	氮密度 (kg/m^2)	氮储量 (10^5t)
栗钙土	2273.05	1.22	3.63	0.89	20.23
风沙土	512.31	1.58	2.01	0.64	3.28
草甸土	453.61	1.27	3.77	0.96	4.35
沼泽土	345.02	0.63	5.45	0.69	2.38
总计	3583.99				30.24

从表 2 中可以看出,环湖表土平均氮含量以沼泽土最高,为 $5.45 \text{mg}/\text{g}$,其次是草甸土($3.77 \text{mg}/\text{g}$),再次是栗钙土($3.63 \text{mg}/\text{g}$),含量最少的是风沙土,仅为 $2.01 \text{mg}/\text{g}$ 。相应氮含量的全省平均值分别为:沼泽土 $10.13 \text{mg}/\text{g}$,草甸土 $3.21 \text{mg}/\text{g}$,栗钙土 $1.34 \text{mg}/\text{g}$,风沙土 $0.39 \text{mg}/\text{g}$ ^[15]。可以看出,除沼泽土低于全省沼泽土平均值外,其余各类型土壤的平均氮含量均高于该土类青海省的平均值,尤其以风沙土为最,原因可能是风沙土上有植被覆盖,土壤发育程度相对于典型风沙土较高,导致土壤氮素水平升高。

表土氮密度表现为:草甸土 > 栗钙土 > 沼泽土 > 风沙土。环湖表土氮储量则表现为:栗钙土 > 草甸土 > 风沙土 > 沼泽土。面积最大的栗钙土的氮储量为 $20.23 \times 10^5 \text{t}$ 。在 3583.99km^2 的研究区内,总氮储量为 $30.24 \times 10^5 \text{t}$ 。

3.3 环湖区表土碳、氮储量关系

图 2 展示了环湖区表土中总有机碳和氮的相关性。可以看出,环湖区表土中总有机碳和氮呈线性正相关,两者的相关性非常好(R^2 达 0.98985)。这说明环湖区总有机碳含量高的土壤,相应地氮的含量也高,同样氮含量高的土壤,总有机碳的含量也高。这是因为土壤中氮素是成土过程中有生物作用而积累的,绝大部分呈有机态,故氮素含量与有机质多少密切相关^[15]。这很好地印证了表 1 和表 2 的数据。表 1 中,总有机碳含量大小相应为:沼泽土 > 草甸土 > 栗钙土 > 风沙土,对应的表 2 中氮含量的大小也为:沼泽土 > 草甸土 > 栗钙土 > 风沙土。

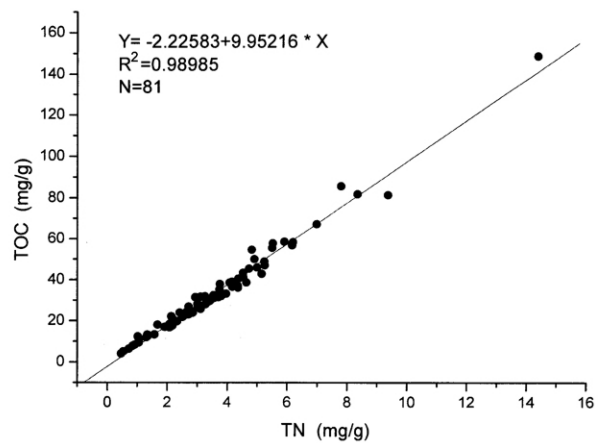


图 2 环湖区表土中总有机碳和氮的相关性
Fig.2 The correlation between TOC and TN
of the topsoil around Lake Qinghai

4 结论

(1) 环湖区表土总有机碳储量为 $27.81 \times 10^6 \text{t}$,总氮储量为 $30.24 \times 10^5 \text{t}$ 。

(2) 占研究区面积最大的栗钙土,其表层土壤有机碳密度($8.19 \text{kg}/\text{m}^2$)显著高于同类研究,氮含量($3.63 \text{mg}/\text{g}$)亦高于青海省同类土壤的平均值,说明环湖区表土碳氮储量都是相当大的。

(3) 环湖区表土有机碳储量和氮储量成非常好的线性正相关。

(4) 由于环湖区是牧业和种植业的地带,这就要求在环湖区应合理地利用土壤资源,保护土壤碳库和氮库,以减少过度放牧和不合理开垦导致的碳氮流失,避免土壤肥力水平下降。同时合理利用环湖区土壤资源也是控制减少碳氮等温室气体的必然要求。

参考文献

- [1]金峰 杨浩 赵其国. 土壤有机碳储量及影响因素研究进展[J]. 土壤, 2000, 32(1): 11~17.
- [2]Post W M, Peng T H, Emanuel W R et al. The Global Carbon Cycle[J]. American Scientist, 1990, 78: 310~326.
- [3]于贵瑞 主编. 全球变化与陆地生态系统碳循环和碳蓄积[M]. 北京: 气象出版社, 2003: 1~460.
- [4]Eswaran H, van Den Berg E, Reich P. Organic carbon in soils of the world[J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 1993, 57: 192~194.
- [5]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.
- [6]Bohn H L. Estimate of organic carbon in world soils[J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 1982, 46: 1118~1119.
- [7]李天杰 宁大同 薛纪渝 许嘉琳 杨居荣 编著. 环境地学原理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 299~313.
- [8]任书杰 曹明奎 陶波 李克让. 陆地生态系统氮状态对碳循环的限制作用研究进展[J]. 地理科学进展, 2006, 25(4): 58~67.
- [9]王绍强 周成虎. 中国陆地土壤有机碳库的估算[J]. 地理研究, 1999, 18(4): 50~353.
- [10]康兴成. 青藏高原地区近 40 年来气候变化的特征[J]. 冰川冻土, 1996, 18(增刊): 281~288.
- [11]Guo L B, Gifford R M, soil carbon stocks and land use change: a meta analysis[J]. Global Change Biology, 2002, 8, 345~360.
- [12]张春娜 延晓东 杨剑虹. 中国森林土壤氮储量估算[J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 2004, 26(5): 572~579.
- [13]谢宪丽 孙波 周慧珍 李忠佩 李安波. 中国土壤有机碳密度和储量的估算与空间分布分析[J]. 土壤学报, 2004, 41(1): 37~39.
- [14]王绍强 周成虎 李克让 朱松丽 黄方红. 中国土壤有机碳库及空间分布分析[J]. 地理学报, 2000, 55(5): 540~541.
- [15]青海省农业资源区划办公室编著. 青海土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 299~322.

Estimation of organic carbon and nitrogen storage in topsoil around lake Qinghai

HU Weiguo^{1,2}, CAO Junji¹, HAN Yongming¹, WANG Xu¹

(1. State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710075, P. R. China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, P. R. China)

Abstract: Analysis of TOC and nitrogen of 81 topsoil samples around Lake Qinghai shows: TOC storage is 27.81×10^6 t, TN storage is 30.24×10^5 t. Chestnut soil is the largest soil type in the research area, and its organic carbon density (8.19 kg/m^2) is significantly higher than similar studies, its nitrogen content (3.63 mg/g) is also higher than the same soil in Qinghai Province, on average. This indicates that the storage of organic carbon and nitrogen in topsoil around lake Qinghai are considerable. Meanwhile, the storage of organic carbon and nitrogen in topsoil shows linear correlation.

Key words: total organic carbon; nitrogen; storage; area around lake Qinghai