

河北省南部平原区土壤有机碳储量估算

李随民¹ 栾文楼¹ 宋泽峰¹ 崔邢涛¹ 马忠社²

(1. 石家庄经济学院资源学院, 河北 石家庄 050031; 2. 河北省地质调查院, 河北 石家庄 050052)

摘要: 土壤中碳储量的估算是当前研究全球大气碳循环和变化的基本问题。本文以河北省多目标地球化学调查所获大量土壤数据为基础, 在 GIS 平台中采用中国地质调查局提出的“单位土壤碳含量”概念, 按土壤类型和土地利用分类两种划分方式计算了河北省南部平原区土壤有机碳储量。结果表明, 河北省南部平原区土壤有机碳储量为 819402498 t, 平均有机碳储量为 13206.1 t/km²。

关键词: 有机碳; 土壤碳储量; 河北省南部平原

中图分类号: P59 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2010)02-0525-05

大气 CO₂ 浓度急剧升高与全球变暖是当今最令人关心的环境问题。工业自身减低 CO₂ 排放是一个很复杂的问题, 会影响到国计民生。在这种情况下, 自然科学工作者提出农业土壤作为大气 CO₂ (主要的温室效应气体) 库的构想。北美土壤科学家在调查和分析土壤和农业现状后, 认为只要农民持续采用他们称之为的有利土壤固定 CO₂ 的农业措施, 美国和加拿大两国土壤将在今后 20 年内储存 11 亿 t 有机碳素。另一方面, 增加土壤有机碳含量也是提高土壤肥力、增加农业资源持续利用的主要途径之一。

土壤碳分为有机碳(SOC)和无机碳(SIC)两大部分。其中无机碳相对稳定, 且所占的比例较小, 与大气碳交换量少; 而有机碳则与大气进行着频繁地 CO₂ 交换, 其交换的有机碳储量大约占陆地表层生态系统碳储量的 2/3。因此, 精确估计土壤有机碳储量是当前全球陆地表层碳循环研究的重点内容。

中国地质调查局自 1999 年以来在全国实施多目标区域地球化学调查, 该调查系统地测定有机碳与全碳含量, 获得了土壤中高密度和大数据量的碳分布数据信息, 为精确计算土壤碳储量和估算土壤碳库提供了新的途径, 具有重要的科学价值和现实意义。本文以河北省多目标区域地球化学调查所取得的数据为

基础, 按土壤类型和土地利用方式分别计算了 1.8 m 土壤厚度内有机碳的储量, 为河北省土地合理规划利用及研究大气碳循环提供了基础数据。

1 样品采集与分析

样品数据来源于河北省地质调查院承担的“河北省农业地质调查”项目。土壤数据分表层 (0~20 cm) 和深层 (150~200 cm) 两部分。其中表层样品采样密度为 1~2 个点/km², 采样深度为 0~0.2 m; 深层样品采样密度为 1 个点/4 km², 采样深度为 1.5 m 以下, 连续采样至 2.0 m。土壤测量表层样品按 1 个点/4 km² 组合分析, 深部样品按 1 个点/16 km² 组合分析。

依据中国地质调查局《多目标区域地球化学调查规范(1:25 万)DD2005-01》的规定, 样品分析了有机碳、全碳等 54 项元素指标。其中有机碳采用重铬酸钾容量法分析, 分析检出限为 0.1%。为有效控制系统误差, 测试精度实行全国质量监控制度。

2 土壤有机碳储量计算方法

本文以中国地质调查局奚小环等人提出的土壤有机碳储量计算方法, 即以 4 km² 为计算单位(土壤

表层样品分析单元),按 1.8 m 土壤深度来估算河北南部平原区土壤有机碳储量。

具体计算方法及实现过程如下:

表层和深层土壤碳含量平均值,代表该计算单位内土壤层平均碳含量,称为单位土壤层平均碳含量。单位土壤层平均碳含量与采样深度乘积代表计算单位内一定深度土壤的平均碳含量,称为单位土壤深度平均碳含量。即:

$$\text{单位土壤深度平均碳含量} = (\text{TOC}_{\text{表}} + \text{TOC}_{\text{深}}) \div 2 \times 1.8$$

式中 $\text{TOC}_{\text{表}}$ 为表层土壤碳含量, $\text{TOC}_{\text{深}}$ 为深层土壤碳含量; 1.8 为土壤采样深度(m)。

单位土壤深度平均碳含量(%)与单位土壤面积(4 km^2)、土壤容重(t/m^3)的乘积,称为单位土壤碳含量(t)。即:

$$\text{单位土壤碳含量} = [(\text{TOC}_{\text{表}} + \text{TOC}_{\text{深}}) \div 2 \times 1.8] \times 4 \times 10^6 \times \text{土壤容重}$$

一定区域内土壤碳储量为该地区所有单位土壤碳含量之和,即:

$$\text{土壤碳储量} = \sum \text{单位土壤碳含量}$$

3 土壤有机碳储量估算实现过程

将表层、深层组合样品按 2 km 和 4 km 网格单元大小进行插值,分别形成表层、深层土壤有机碳含量分布图。利用 ArcGIS 软件空间分析模块中 Cell Statistics 功能,完成 4 km^2 网格大小的单位土壤层平均碳含量计算。由于样品有机碳分析检出限为

0.1%,因此可按 0.1 间隔对上述平均碳含量图层进行重分类(Reclassify),使结果图层为离散数据类型,便于后继进行叠加提取和计算。

3.1 基于土壤类型的有机碳储量估算

河北省土壤有 21 个土类,其中南部平原区分布的土壤主要有 10 种类型。该区以潮土为主,约占研究面积的 71%;其次为褐土,约占 24%;其余 8 种土壤类型分布范围较小,大部分在 1%以下(表 1)。

将不同的土壤类型分布区域与上述单位土壤层平均碳含量图层进行叠加,计算不同土壤类型中有机碳的储量,其中土壤容重数据来源于《河北土壤》。从计算结果来看(表 1),河北省南部平原区土壤有机碳主要分布在潮土和褐土中,各土壤中有机碳储量与其土壤的面积比例基本一致。估算结果表明,河北南部平原区 6.2 万 km^2 、1.8 m 土壤厚度范围内固定的有机碳储量近 8.2 亿 t,土壤平均有机碳储量为 $1.32 \text{ 万 t}/\text{km}^2$ 。其中沼泽土的平均碳储量最高,约 $2.28 \text{ 万 t}/\text{km}^2$;风沙土的平均碳储量最低,仅为 $1 \text{ 万 t}/\text{km}^2$,两者相差 2 倍多。

3.2 基于土地利用类型的有机碳储量估算

从土地利用类型上看,河北省南部平原区近 81%的土地为耕地,12.6%的土地为居民点及独立工矿用地,其余类型土地所占面积较小,均在 2%以下(表 2)。

不同土地利用类型范围内有机碳储量的计算过程为,将提取出的不同土地利用类型图层与上述提取的不同土壤类型内土壤有机碳均值分布图层逐一

表 1 河北省南部平原区土壤有机碳储量(土壤类型)

Table 1 Soil organic carbon reserves in the south plain of Hebei Province (soil type)

土壤类型	面积/ km^2	比例 1/%	有机碳储量/t	比例 2/%	平均碳储量/ $\text{t}\cdot\text{km}^{-2}$
典型草甸盐土	135.81	0.22	1791504	0.22	13191.25
典型滨海盐土	449.42	0.72	5184432	0.63	11535.83
水稻土	81.62	0.13	1757376	0.21	21531.19
褐土	15147.65	24.41	212506902	25.93	14029.03
新积土	553.79	0.89	6363648	0.78	11491.09
风沙土	843.01	1.36	8459136	1.03	10034.44
砂浆黑土	105.02	0.17	1661400	0.20	15819.84
潮土	44253.90	71.32	571111344	69.70	12905.33
沼泽土	436.50	0.70	9944676	1.21	22782.76
黄姜土	40.57	0.07	622080	0.08	15333.50
汇总	62047.29	100.00	819402498	100.00	13206.10

注:比例 1 为各土壤类型面积/总面积;比例 2 为各土壤类型中的有机碳储量/总储量。

表 2 河北省南部平原区土壤有机碳储量(土地利用类型)

Table 2 Soil organic carbon reserves in the south plain of Hebei Province (land use type)

土地利用类	面积/km ²	比例/ %	土类	有机碳储量/t	比例/%	平均碳储量/t · km ⁻²
其他农用地	117.70	0.19	滨海盐土	508464	0.20	11556.00
			沼泽土	1106028		16265.12
			小计	1614492		13716.54
其他土地	1087.57	1.75	沼泽土	6717564	2.22	26797.35
			潮土	5285952		14364.00
			风沙土	507528		10573.50
			褐土	2298780		12227.55
			新积土	3022848		10212.32
			滨海盐土	361152		15048.00
			小计	18193824		16728.95
园地	1048.29	1.69	潮土	6994944	1.55	11658.24
			褐土	4612140		12398.23
			草甸盐土	52272		13068.00
			黄姜土	63180		15795.00
			风沙土	624960		8680.00
			新积土	340992		10656.00
			小计	12688488		12103.96
居民点及独立 工矿用地	7828.97	12.62	潮土	62020512	12.96	13229.63
			褐土	38116980		14774.02
			砂浆黑土	178920		14910.00
			滨海盐土	3654288		11748.00
			水稻土	269568		33696.00
			风沙土	791280		11636.47
			沼泽土	531468		18981.00
			新积土	285696		11904.00
			草甸盐土	313632		13068.00
小计	106162344	13560.19				
未利用土地	988.06	1.59	潮土	10437768	1.40	11296.29
			褐土	150660		12555.00
			草甸盐土	52272		13068.00
			风沙土	191520		11970.00
			滨海盐土	660528		12702.46
			小计	11492748		11631.57
林地	667.96	1.08	潮土	3408048	0.78	10650.15
			褐土	1310742		10570.50
			新积土	281088		10038.86
			沼泽土	33516		8379.00
			风沙土	1388016		9131.68
			小计	6421410		9613.45
耕地	50308.72	81.08	潮土	482964120	80.89	13007.20
			褐土	166017600		13904.82
			草甸盐土	1373328		12716.00
			水稻土	1487808		21879.53
			新积土	2433024		10487.17
			风沙土	4955832		10427.59
			沼泽土	1556100		20475.00
			黄姜土	558900		15525.00
			砂浆黑土	1482480		14254.62
			小计	662829192		13175.23
汇总	62047.29	100.00		819402498	100.00	13206.10

表 3 全国代表性区域土壤有机碳储量分布
Table 3 Soil organic carbon reserves distribution in representative regions of China

省区(所在大区)	有机碳储量/t	面积/km ²	平均有机碳储量/(t·km ⁻²)
四川省四川盆地西部区(西南)	1779887583	61148	29107.86
吉林省平原区(东北)	2618973357	95488	27427.25
湖南省洞庭湖区(中南)	837159672	38092	21977.31
江苏省(华东)	1818603526	106241.7	17117.61
内蒙古河套地区(华北)	286247058	29840	9592.73
河北省南部平原区(华北)	819402498	62047.29	13206.1

注:河北省南部平原区数据为本文计算,其余数据来自文献[1]。

进行叠加,最后按土地利用类型进行汇总计算(表2)。计算结果表明,土壤有机碳储量主要分布在耕地和居民点及独立工矿用地范围内,两种土地利用类型占据了土壤有机碳总储量的93%以上。

4 结 论

(1) 河北省南部平原区土壤有机碳储量为819402498 t,平均有机碳储量为13206.1 t/km²。其中沼泽土的平均碳储量最高,达每平方千米约2.28万t,风沙土的平均碳储量最低,每平方千米仅为1万t,相差2倍多。

(2) 将河北省南部平原区估算的土壤有机碳储量与采用相同方法估算的中国其他区域对比发现(表3),华北地区土壤中的平均有机碳含量是最低的,西南地区最高,为华北地区的2~3倍,形成不同区域土壤平均有机碳储量较大差异的原因正在讨论中。

(3) 中国地质调查局提出的计算1.8 m厚度范围内土壤有机碳储量计算公式是基于单位土壤面积(4 km²),即不同土壤类型的有机碳储量计算是将其范围内所有单位土壤碳含量累加,而不是简单的取其范围内浅、深层土壤的平均碳含量与面积的乘积,这就在最大程度上利用了已测土壤样品信息,提高了估算的精度。

(4) 从不同土壤类型的平均有机碳储量变化可以看出,水稻土、沼泽土、砂浆黑土等土壤类型有机碳储量较高。其中河北省水稻土分布于冀东滨海平原、冀中南的洪冲积平原、交接洼地、湖淀周围及河川阶地,土壤母质为海相沉积物和河流洪积物;沼泽

土零星分布于河北省各地的内陆封闭洼地、湖泊周围、扇缘洼地及滨海低平原洼地。土壤母质为湖相(静水)沉积物和海相沉积物,地下水埋深浅于1 m;砂浆黑土主要分布在唐山、廊坊、保定、邢台等地山麓冲击平原的扇缘洼地。如宁晋泊、大陆泽、玉田洼等,地下水埋深较浅。上述3种土壤均具有含水量较大,地下水位埋深较浅的特点。与此相对应的风沙土和新积土中土壤平均有机碳储量最低。这是由于风沙土母质为砂质风积物,在风力大于沙粒临界起动的情况下,沙粒开始以推移、跃移和悬移方式移动。风沙土养分含量低,保水保肥力差;而新积土为各种河流冲积物、洪积物。该类型土汛期易受洪水淹没,枯水期长稀疏草灌,多为荒滩。上述分析可以得出,由生态环境破坏所造成的土壤类型差异是土壤中平均有机碳储量变化的主要原因。湿地是土壤有机碳的最大储库。这也可能是中国不同区域土壤平均有机碳储量存在较大差异的原因之一。

参考文献(References):

- [1] 奚小环, 张建新, 廖启林, 等. 多目标区域地球化学调查与土壤碳储量问题——以江苏、湖南、四川、吉林、内蒙古为例[J]. 第四纪研究, 2008, 28(1):58-67.
Xi Xiaohuan, Zhang Jianxin, Liao Qilin, et al. Multi-purpose regional geochemical survey and soil carbon reserves problem: examples of Jiangsu, Henan, Sichuan, Jilin Provinces and Inner Mongolia[J]. Quaternary Sciences, 2008, 28(1):58-67(in Chinese with English abstract).
- [2] 奚小环. 多目标区域地球化学调查与生态地球化学——第四纪研究与应用的新方向[J]. 第四纪研究, 2005, 25(3):269-274.
Xi Xiaohuan. Multi-purpose regional geochemical survey and

- ecogeochemistry: new direction of Quaternary research and application [J]. Quaternary Sciences, 2005, 25 (3):269-274 (in Chinese with English abstract).
- [3] 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):349-356.
Wang Shaoqiang, Zhou Chenghu. Estimating soil carbon reservoir of terrestrial ecosystem in China[J]. Geographical Research, 1999, 18 (4):349-356 (in Chinese with English abstract).
- [4] 薛亮, 马海州, 曹广超, 等. GIS 技术在区域土壤有机碳储量估算方面的应用——以柴达木盆地为例 [J]. 生态环境, 2003, 12(4): 419-422.
Xue Liang, Ma Haizhou, Cao Guangchao, et al. The application of geographic information systems on the calculation of storage of organic carbon in soils [J]. Ecology and Environment, 2003, 12(4): 419-422 (in Chinese with English abstract).
- [5] 杨学明. 利用农业土壤固定有机碳——缓解全球变暖与提高土壤生产力[J]. 土壤与环境, 2000, 9(4):311-315.
Yang Xueming. Carbon sequestration in farming land soils:an approach to buffer the global warming and to improve soil productivity[J]. Soil and Environmental Sciences, 2000, 9(4):311-315 (in Chinese with English abstract).
- [6] 河北省土壤普查办公室编著. 河北土壤[M]. 石家庄:河北科学技术出版社, 1990:321-323
Hebei Soil Reconnaissance Office. Hebei Soil [M]. Shijiazhuang: Hebei Science & Technology Press, 1990:321-323(in Chinese).

An estimation of soil organic carbon reserves in the southern plain of Hebei Province

LI Sui-min¹, LUAN Wen-lou¹, SONG Ze-feng¹, CUI Xing-tao¹, MA Zhong-she²

(1. Shijiazhuang College of Economy, Shijiazhuang 050031, Hebei, China;

2. Hebei Institute of Geological Survey, Shijiazhuang 050052, Hebei, China)

Abstract: At present, the estimation of soil carbon reserves constitutes a basic problem in studying the global atmospheric carbon cycle. Based on soil carbon data obtained by multi-purpose geochemical survey in Hebei Province, the authors calculated the soil carbon reserves accurately according to soil types and land use classification so as to estimate soil carbon reserves in the southern plain of Hebei Province, with the adoption of the concept of unit carbon content in the GIS platform. The results show that the soil organic carbon reserves in the southern plain of Hebei Province come to 819402498 t, and their average soil organic carbon reserves are 13206.1 t/km².

Key words: southern plain of Hebei Province; soil organic carbon; soil carbon reserves

About the first author: LI Sui-min, male, born in 1971, doctor, associate professor, mainly engages in teaching and study of geochemistry and geoscience information processing; E-mail: smli71@163.com.