

我国东部土壤有机碳的密度和储量

李忠, 孙波*, 赵其国

(中国科学院南京土壤研究所, 江苏 南京 210008)

摘要: 利用土壤有机碳与土壤剖面深度的统计回归模型, 根据全国第二次土壤普查资料, 计算了我国东部土壤的有机碳密度和储量。结果表明, 我国东北地区土壤有机碳密度变幅为 2.5—73.3 kg C · m⁻², 其面积加权平均值为 10.5 kg C · m⁻²; 在 232 万 km² 土壤中剖面有机碳总储量为 24.36 GtC。我国东南热带亚热带剖面土壤有机碳平均密度变幅为 3.9—16.7 kg C · m⁻², 其面积加权平均值为 9.52 kg C · m⁻², 较东北地区低; 在 94.3 万 km² 土壤中 0—100 cm 的有机碳储量为 9.35 GtC。

关键词: 中国东部; 土壤有机碳; 密度; 储量

中图分类号: S151.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0267(2001)06-0385-05

Density and Storage of Soil Organic Carbon in East China

LI Zhong, SUN Bo, ZHAO Qi-Guo

(Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008 China)

Abstract: Based on soil type data from the Second National Soil Survey, soil organic C (SOC) density and stocks in East China were calculated with an experience model between SOC and soil depth. In addition, influence factors of SOC turnover in cultivated soils were investigated by both field and laboratory experiments. The results showed SOC densities to profile depth in Northeast China varied from 2.5 to 73.3 kg C · m⁻² with a mean value of 10.5 kg C · m⁻², and total 24.36 Gt (1 015 g) C occurs in 2.32 million km² of soils to the profile depth in this region. In Southeast tropical and subtropical China, mean SOC densities to profile depth ranged from 3.9—16.7 kg C · m⁻² with a mean value of 9.52 kg C · m⁻², and there was 9.35 Gt C in 0.943 million km² of soils to a depth of 100 cm.

Keywords: East China; soil organic matter; density; storage

大气 CO₂ 浓度增加引起的全球气候变化问题是目前人们共同关注的一个全球问题。土壤作为大气 CO₂ 的源和汇, 是控制大气 CO₂ 浓度增加的一个重要因素。全球大气碳库最小(750 GtC, 1GtC = 10¹⁵g), 深水海洋碳库最大(38 000 GtC), 陆地碳库居中(2 050 GtC), 其中 73% 以土壤有机质(SOM)的形态储存在土壤中^[1]。土壤碳库大约是大气碳库的两倍, 大气 CO₂ 的浓度对土壤碳库的微小变化十分敏感。在化石燃料燃烧、生物消耗、海洋吸收和大气 CO₂ 浓度增加值之间有一个差值, 大小在 1.0—4.0 GtC 之间^[2], 通常被称为“丢失的碳”(the missing carbon), 这是由于对陆地碳循环过程的不精确估计引起的^[3]。一方面, 土壤有机碳分解和积累速率的变化直接影响到全球

的碳平衡; 另一方面, 土壤有机碳作为重要的肥力因子直接影响了植物的生长, 从而影响陆地的生物碳库。因此通过研究土壤的碳储量以及碳的转化与平衡, 可以评价土壤到底是大气 CO₂ 的净源(net source)还是净汇(net sink), 并提出调控土壤排放 CO₂ 的措施。我国东部陆地农业生态系统是全球生态系统的重要样带, 本文的目的是根据全国第二次土壤普查资料, 计算我国东部土壤有机碳的密度和储量, 为调控我国东部地区土壤 CO₂ 的释放提供理论依据。

1 研究方法

1.1 建立土壤有机碳数据库

在研究区域选择上, 东北地区包括内蒙古、黑龙江、吉林、辽宁、山西、山东、河北和河南 8 省, 属于温带地区, 土壤总面积约 232 万 km²。东南热带、亚热带地区包括福建、江西、湖南、广东、海南、台湾、香港、澳门等省(区)全部, 浙江的大部分以及皖南、鄂南和苏西南边缘小部, 共涉及 12 个省(区), 总面积约为

收稿日期: 2001-03-02

基金项目: 国家自然科学基金重大项目(39899370-3)和国家重点
基础发展规划项目(G19990118)资助

作者简介: 李忠(1964—), 男, 中国科学院南京土壤研究所副研究员, 博士, 主要从事土壤生物化学研究

联系人: 孙波。

94.3 万 km²。

土种是土壤分类系统中的基层单元,它是指处于相同或相似景观部位及类似的水热条件下,具有相对一致的剖面形态特征和理化生物性质相似的一群土壤实体,因此同一土种的土壤从理论上讲具有相近的有机碳浓度,可以作为计算不同土类土壤有机碳密度和储量的基层单元。土壤有机碳密度具有时空变异性,计算时需要大量数据进行平均。目前,以20世纪80年代初开展的第二次全国土壤普查资料最为完整。因此,我们选择了全国土壤普查办公室编写的《中国土种志》(1—6卷,北京:农业出版社),建立了以土种为基层单元的土壤剖面数据库。

土壤容重和>2 mm的石砾含量影响有机碳密度和储量的计算。没有容重数据的土种,计算时使用土类容重的平均值;对于没有记载>2 mm石砾含量的土种,根据普查中土种指标的划分标准取其中值。在轻砾质、重砾质和粗骨土中,>2 mm的石砾含量(体积%)分别为<15%,15%—50%和>50%。

1.2 计算土壤有机碳密度和储量

土壤有机碳密度是指单位面积(1 m²或1 hm²)中一定厚度的土层中有机碳数量。一般情况下,指的是上部1 m的土层,因此有机碳密度的单位常用kg C·m⁻²或kg C·hm⁻²。由于排除了面积因素的影响而以土体体积为基础来计量,土壤碳密度已成为评价土壤中有机碳量的一个重要指标。对于具有一定剖面深度D(cm)的土壤而言,其有机碳密度SOC_D(kg C·m⁻²)的计算公式如下:

$$SOC_D = \sum_{i=1}^n T_i \times \theta_i \times C_i \times (1 - \delta_i) / 10 \quad (1)$$

式中n为土层数,C_i为不同土层土壤有机碳的含量(%),T_i为土层厚度(cm)、θ_i为土壤容重(g·cm⁻³)、δ_i为>2 mm石砾含量(体积%)。由于实际土壤剖面深度在多数情况下不足100 cm,因此在计算标准深度(0—100 cm)的土壤碳密度时,需要首先建立土壤有机碳浓度随深度变化的数学模型,然后依此计算D—100 cm土层的碳密度,与0—D cm土层的土壤碳密度之和即为SOC₁₀₀。

土壤有机质浓度C(%)与深度D(cm)的关系可用两种方程描述:

$$C = 1 / (a + bD) \quad (2)$$

$$C = (c + D) / (a + bD) \quad (3)$$

式中a, b, c为常数。对于(2)式和(3)式进行积分,求其相关曲线在某一深度(D₂—D₁)区间的面积(Δ

m₁和Δm₂)分别为:

$$\Delta m_1 = \frac{1}{b} \ln \left| \frac{a + bD_2}{a + bD_1} \right| \quad (4)$$

$$\Delta m_2 = \frac{D_2 - D_1}{b} + \frac{a}{b} 2 \ln \left| \frac{a + bD_1}{a + bD_2} \right| + \frac{c}{b} \ln \left| \frac{a + bD_2}{a + bD_1} \right| \quad (5)$$

其中D₂=100。不同深度土壤碳密度计算公式为:

$$SOC_{D_1-100} = \Delta m \times \theta_{D_1-100} \times (1 - \delta_{D_1-100} \%) / 17.24 \quad (6)$$

$$SOC_{100} = SOC_{D_1} + SOC_{D_1-100} \quad (7)$$

在计算不同类型土壤的有机碳密度时,每个省作为一个独立的区域,首先计算各独立区域内的每个土种的土壤碳密度,然后用面积加权平均的方法计算其所属亚类或土类的碳密度。整个地区的各土壤亚类或土类的有机碳密度是各独立区域对应土壤亚类或土类的面积加权平均值,而土壤有机碳储量是不同土类土壤碳密度与其面积的乘积。

2 结果与讨论

2.1 东北地区土壤有机碳密度和储量

不同利用方式下31个土类剖面土壤有机碳密度变幅为2.5—73.3 kg C·m⁻²,其面积加权平均值为10.5 kg C·m⁻²(表1)。暗棕壤、沼泽土和泥炭土的有机碳密度超过20 kg C·m⁻²。虽然面积只有东北地区总面积的15%,但其有机碳储量占了总储量的35%。黑土、黑钙土、草甸土、漂白土、山地草甸土、灰色森林土和棕色针叶林土的有机碳密度在10—20 kg C·m⁻²之间,其有机碳储量占了总储量的32%。其余占了总面积62%的土壤,土壤有机碳密度较低,其有机碳储量只占了总储量的33%。东北地区土壤剖面深度在62.4—118.9 cm之间,平均值为95 cm。土壤剖面有机碳总储量为24.36 GtC,其中40%分布在表层20 cm土层中,约占全球总储量的1.5%—1.7%。

在东北地区,相同利用方式下的不同土壤有机碳密度差异很大。草地利用方式下的山地草甸土、草甸土、黑土和黑钙土的有机碳密度较高,其剖面碳密度分别为14.3±6.8、19.0±7.4、16.6±9.0和19.0±3.2 kg C·m⁻²。两种主要林地土壤中,灰色森林土的有机碳密度(18.2±6.5 kg C·m⁻²)较棕色针叶林土(10.4±0.2 kg C·m⁻²)高。旱地土壤有机碳密度变幅为3.33—14.1 kg C·m⁻²,这是由于旱地中气候条件、植被类型、土壤性质、开垦历史和放牧密度不同引起的。在同一土类中,疏林地土壤与旱地土壤的有机碳密度相当,而林地和草地有机碳密度较高,如暗棕壤土类中,旱地、疏林地和林地利用方式下剖面有机碳密度分

表1 东北地区土壤碳密度和储量

Table1 Density and storage of soil organic carbon in the Northeastern China

土类	剖面数	统计面积 /km ²	剖面深度 /cm	有机碳密度/kgC·m ⁻²		有机碳储量/TgC*	
				剖面	0—20 cm	剖面	0—20 cm
暗棕壤	212	1 822.3	80.5 ± 0.2	22.68 ± 8.03	10.68 ± 3.84	7 184.2	3 383.1
栗钙土	138	347.4	100.2 ± 13.0	9.56 ± 2.80	3.13 ± 0.93	2 503.2	819.6
风砂土	106	42.6	82.5 ± 35.6	2.53 ± 1.54	0.88 ± 0.37	577.5	200.9
褐土	979	568.1	100.3 ± 15.9	6.68 ± 2.65	2.11 ± 1.34	1 207.8	381.5
草甸土	1 051	802.0	105.0 ± 16.3	18.49 ± 8.45	5.59 ± 1.98	3 256.6	984.5
潮土	1 658	625.2	106.0 ± 9.6	5.33 ± 2.13	1.39 ± 0.49	901.9	235.2
粗骨土	312	464.5	39.2 ± 11.8	2.79 ± 2.50	2.10 ± 1.08	401.8	302.4
棕钙土,灰钙土	6	161.1	103.8 ± 7.6	5.41 ± 0.52	1.15 ± 0.15	586.9	124.8
棕壤	1 383	622.3	95.6 ± 20.6	7.50 ± 7.76	3.15 ± 3.40	773.0	324.7
棕色针叶林土	9	83.3	62.4 ± 4.2	10.44 ± 0.22	7.04 ± 0.76	1 042.4	702.9
黑钙土	633	368.3	108.8 ± 12.0	12.84 ± 5.95	3.86 ± 1.52	1 229.7	369.7
黑土	324	551.7	101.1 ± 11.8	13.98 ± 6.16	4.96 ± 1.28	980.9	348.0
石质土	202	143.6	12.4 ± 3.4	2.70 ± 1.92		159.2	
漂白土	325	439.6	93.5 ± 17.7	11.88 ± 3.34	6.51 ± 3.16	62.7	343.4
栗-褐土	281	250.4	118.9 ± 1.9	5.62 ± 1.59	1.28 ± 0.47	262.0	59.7
沼泽土	118	292.0	93.2 ± 16.0	31.56 ± 19.04	10.68 ± 7.58	1 150.8	389.4
灰色森林土	6	27.6	74.4 ± 14.9	18.20 ± 6.54	9.72 ± 2.75	509.2	271.9
黄土	59	90.5	100	3.23	0.88	69.2	18.9
盐土	74	66.2	99.0 ± 8.1	5.67 ± 2.41	1.42 ± 0.58	119.7	30.0
幼年冲积土	43	26.5	94.9 ± 35.8	3.92 ± 1.93	1.47 ± 1.20	78.8	29.6
石灰性潮土	173	47.7	112.4 ± 8.7	8.13 ± 1.26	2.02 ± 0.22	152.4	37.9
黄褐土	39	90.8	100.0 ± 0.0	4.89 ± 0.21	1.43 ± 0.08	79.7	23.3
红粘土	147	50.1	105.2 ± 10.9	5.25 ± 1.17	1.94 ± 0.74	31.5	11.6
山地草甸土	22	6.5	80.2 ± 24.4	19.00 ± 3.17	9.01 ± 0.32	78.8	37.4
碱土	71	82.1	97.3 ± 23.8	6.10 ± 2.81	2.01 ± 0.85	50.1	16.5
黄棕壤	10	3.2	83	6.54	2.44	21.2	7.9
泥炭土	54	10.5	78.6 ± 16.0	73.33 ± 15.41	19.90 ± 2.83	132.9	36.1
灌淤土	64	8.6	108.6 ± 7.5	8.24 ± 1.16	1.66 ± 0.26	7.1	1.4
火山灰土	12	4.9	17.3 ± 7.4	7.90 ± 0.74		5.8	
紫色土	15	2.1	78.9 ± 10.2	3.33 ± 0.81	1.29 ± 0.11	2.2	0.8
水稻土	403	106.3	88.7 ± 18.0	8.56 ± 3.45	3.46 ± 1.79	180.4	72.9
总计	8 892	8 150.8				24 363.6	9 736.7

* :1Tg C = 10¹² gC = 10⁻³ Gt C。

别为 8.6 ± 3.7 、 13.5 ± 6.9 和 23.3 ± 7.7 kg C · m⁻²。从平均值上看,东北地区土壤有机碳密度的大小顺序是:林地土壤(18.45 kg C · m⁻²)> 草地土壤(13.76 kg C · m⁻²)> 水稻土(8.56 kg C · m⁻²)> 旱地(7.90 kg C · m⁻²)> 疏林地(5.62 kg C · m⁻²)> 荒草地(3.37 kg C · m⁻²)。因为疏林地植被遭受破坏,土壤侵蚀程度较高,因此其土壤有机碳密度较低。而荒地的情况比疏林地更为严重,其土壤有机碳密度最低。

东北地区的草地土壤有机碳密度较 Schlesinger 对温带草地土壤的计算结果(18.9 kg C · m⁻²)低^[4];旱地土壤有机碳密度与 Schlesinger 的报道值一致^[11]。东北地区的平均土壤有机碳密度(10.5 kg C · m⁻²)与 Sanchez 等报道的温带软土(Mollisols)(10.1

kg C · m⁻²)和热带氧化土(Oxisols)(11.3 kg C · m⁻²)相近,但比全球温带土壤有机碳密度的平均含量(7.4 kg · m⁻²,45 个土壤)低^[5]。与 Kimble 等的研究结果相比^[6],东北地区的平均土壤有机碳密度与温带软土(9.1 kg C · m⁻²)相近,而较温带淋溶土(Alfisols)(5.5 kg C · m⁻²)高,这可能是由于本研究中统计的土壤剖面中包含了凋落物层的缘故。

2.2 东南热带、亚热带地区的土壤有机碳密度和储量

在东南热带、亚热带地区,同一土类中,发育程度低的亚类(如红壤性土、赤红壤性土和黄壤性土等)土壤剖面深度较浅,剖面碳密度一般最低(表2)。东南地区三个主要的地带性土壤是红壤、赤红壤和黄壤,其自然土亚类的平均剖面土壤碳密度和0—20 cm 土

壤碳密度是对应的初育性土壤亚类的 1.2—2.3 倍。这是因为初育性土壤亚类具有较强的粗骨性,而且自然植被往往遭到了强烈的人为破坏,致使土壤侵蚀作用增强,土壤有机碳含量下降。同一土类中与自然土壤亚类相比,耕作土亚类(如赤土、红泥土、黄泥土等)的土壤碳密度通常较低。在砖红壤、赤红壤、红壤和黄壤 4 个地带性土类中,与自然土亚类相比较,剖面碳密度除赤红土稍有提高(约 4%)外,其他的耕作土亚类下降了 25%—28%;而 4 种耕作土亚类 0—20 cm 的土壤碳密度下降幅度在 24%—58% 之间。这是由于耕作土壤中有机质的分解较自然土壤快,而根茬及有机肥的投入减少引起的。

从 0—20 cm 土层碳在 0—100 cm 土层所占的比例来看,变幅为 25%—41% (平均 33%),这表明 0—100 cm 土层中的有机碳约 33%—34% 在上部 20 cm 土层中。从计算的 0—100 cm 土层碳密度上看,棕壤土类的最高(21.4 kg C · m⁻²),黄壤、黄棕壤和石灰土的次之(12.3—14.5 kg C · m⁻²),燥红土、紫色土和潮

土土类的最低(5.8—7.5 kg C · m⁻²),其余土类如砖红壤、赤红壤、红壤和黄壤居中(8.2—13.4 kg C · m⁻²),水稻土的有机碳密度也较高。

我国东南热带亚热带不同利用方式下 13 个土类剖面土壤有机碳平均密度变幅为 3.9—16.7 kg C · m⁻²,其面积加权平均值为 9.52 kg C · m⁻²,较东北地区(10.5 kg C · m⁻²)低。Bohn 的研究结果也表明热带土壤的有机碳浓度比温带土壤的低^[7],但 Sanchez 等发现热带土壤和温带土壤的平均碳密度分别为 8.3 kg C · m⁻² (n = 61) 和 7.4 kg C · m⁻² (n = 45),并没有显著差别^[5]。

Bohn^[7] 计算的热带老成土(Ultisol)或强淋溶土(Acrisol)的碳密度为 8.0 kg C · m⁻²,与 kimble 等^[6]对全球热带老成土的计算结果(8.3 kg C · m⁻²)非常接近,稍低于全球热带氧化土的结果(9.7 kg C · m⁻²),这些结果与我国东南热带、亚热带地区砖红壤、赤红壤和红壤 0—100 cm 的碳密度的结果相近,但明显低于黄壤的碳密度。从平均碳密度来看,我国东南热带、

表 2 我国东南热带亚热带地区不同亚类土壤的有机碳密度

Table2 Density of soil organic carbon in tropical and subtropical regions in the Southeastern China

土类	亚类	剖面数	剖面深度 /cm	碳密度/kgC · m ⁻²	
				剖面	0—20 cm
砖红壤	砖红壤	672	99.0 ± 6.8	8.01 ± 2.71	2.29 ± 1.00
	黄色砖红壤	197	100.0 ± 7.3	10.63 ± 3.73	3.29 ± 1.51
	赤土	28	90.5 ± 8.1	4.85 ± 0.84	1.17 ± 0.19
赤红壤	赤红壤	204	101.3 ± 6.8	8.80 ± 2.31	3.00 ± 1.17
	赤红壤性土	39	97.3 ± 10.7	7.62 ± 2.55	2.49 ± 0.95
红壤	赤红土	140	101.5 ± 7.7	6.39 ± 1.62	1.95 ± 0.47
	红壤	684	99.4 ± 2.8	8.46 ± 2.37	3.38 ± 1.02
	黄红壤	326	96.6 ± 5.6	11.27 ± 2.71	4.60 ± 1.30
	褐红壤	42	97.8 ± 9.1	7.22 ± 2.70	2.69 ± 0.88
黄壤	红壤性土	162	83.9 ± 17.1	3.88 ± 1.79	1.54 ± 0.74
	红泥土	618	98.9 ± 8.4	9.42 ± 3.62	2.71 ± 0.83
	黄壤	533	96.1 ± 9.5	13.43 ± 4.28	5.78 ± 2.11
	表潜黄壤	91	86.5 ± 11.6	12.74 ± 4.44	6.03 ± 2.49
	黄壤性土	80	56.7 ± 14.8	7.30 ± 3.56	3.99 ± 1.62
黄棕壤	黄泥土	10	99.6 ± 7.9	9.55 ± 3.00	2.18 ± 0.59
	黄棕壤	47	92.0 ± 9.0	11.34 ± 4.82	4.36 ± 1.18
	黄棕壤性土	16	54.0 ± 5.7	9.11 ± 3.15	5.60 ± 2.74
紫色土	紫色土	369	86.2 ± 11.0	6.36 ± 2.84	2.22 ± 0.47
	紫泥土	21	92.9 ± 6.6	5.82 ± 1.17	2.01 ± 0.62
石灰土	红色石灰土	32	100.3 ± 12.3	16.67 ± 6.78	4.51 ± 2.80
	棕色石灰土	53	53.7 ± 16.0	7.51 ± 3.03	3.59 ± 1.35
	黄色石灰土	36	89.6 ± 11.7	12.66 ± 4.35	4.81 ± 1.96
	黑色石灰土	12	62.6 ± 15.1	13.71 ± 2.99	6.31 ± 2.03
	耕作石灰土	104	97.3 ± 4.9	10.53 ± 3.36	2.65 ± 1.24
潮土	石灰性潮土	250	100.5 ± 2.3	6.97 ± 1.53	2.02 ± 0.60
	潮泥土	255	96.8 ± 3.4	8.07 ± 2.11	2.37 ± 0.49
水稻土		428	92.1 ± 3.3	10.6 ± 1.71	3.72 ± 0.48

亚热带地区要高于世界上其他热带、亚热带地区,这是由于后者存在大面积的荒漠和干旱区,而我国热带、亚热带地区生物气候条件较为优越。

按照植被类型划分,东南区土壤0—20 cm 土层土壤的碳密度由高到低的顺序为:草甸和草本沼泽($9.37 \text{ kg C} \cdot \text{m}^{-2}$)>阔叶林($4.65 \text{ kg C} \cdot \text{m}^{-2}$)>针叶林($4.06 \text{ kg C} \cdot \text{m}^{-2}$)>灌丛和萌生矮林($3.85 \text{ kg C} \cdot \text{m}^{-2}$)、水稻土($3.77 \text{ kg C} \cdot \text{m}^{-2}$)>草原和稀树灌木草原($2.43 \text{ kg C} \cdot \text{m}^{-2}$)>旱地($2.11 \text{ kg C} \cdot \text{m}^{-2}$)。而0—100 cm 的土壤有机碳密度以草甸和草本沼泽土壤最高($25.2 \text{ kg C} \cdot \text{m}^{-2}$);但针叶林、阔叶林、水稻土以及灌丛和萌生矮林土壤之间的差异很小,变化在 $10.2—11.4 \text{ kg C} \cdot \text{m}^{-2}$;旱地土壤的碳密度虽然也低($7.2 \text{ kg C} \cdot \text{m}^{-2}$),但稍大于稀树灌木草原土壤($6.3 \text{ kg C} \cdot \text{m}^{-2}$)。

在东南地区,0—100cm 土壤的有机碳储量为 9.35 GtC ,其中 65.8% 分布在4个地带性土壤(砖红壤、赤红壤、红壤和黄壤)中(表3)。4种土类所占的面积为 71.2% ,较储量百分数高 5% ,说明其有机碳密度低于该区的平均水平。砖红壤由于面积很少,其有机碳储量仅占总储量的 3.1% 。水稻土面积占总面积的 18.8% ,其0—100 cm 土层中的有机碳储量占总储量的 22% ,说明其有机碳密度接近该区的平均水平。其他研究者估计的全球热带地区0—100 cm 土壤有机碳储量范围在 $308—506 \text{ GtC}$ 之间^[6, 8, 9],因此我国东南热带亚热带地区的土壤有机碳储量占全球热带地区总储量的 $1.8\%—3.0\%$ 。

表3 东南热带亚热带地区不同土壤的有机碳储量

Table3 Storage of soil organic carbon in tropical and subtropical regions in the Southeastern China

土类	面积 /Mhm ²	有机碳储量/GtC		
		剖面	0—100 cm	0—20 cm
砖红壤	3.49	0.29	0.29	0.08
赤红壤	11.91	1.02	1.01	0.34
红壤	39.94	3.23	3.27	1.28
黄壤	11.83	1.52	1.58	0.65
燥红土	0.20	0.01	0.01	0.00
黄棕壤	0.77	0.08	0.10	0.04
棕壤	0.19	0.04	0.04	0.01
紫色土	1.86	0.12	0.13	0.04
石灰土	5.30	0.72	0.77	0.25
潮土	0.67	0.05	0.05	0.01
水稻土	17.73	1.88	2.06	0.66
山地草甸土	0.15	0.01	0.01	0.00
滨海沙盐土	0.31	0.02	0.02	0.00
合计	94.34	8.98	9.35	3.39

3 结论

我国东北地区31个土类的土壤剖面有机碳密度变幅为 $2.5—73.3 \text{ kg C} \cdot \text{m}^{-2}$,其面积加权平均值为 $10.5 \text{ kg C} \cdot \text{m}^{-2}$ 。暗棕壤、沼泽土和泥炭土的剖面有机碳密度超过 $20 \text{ kg C} \cdot \text{m}^{-2}$,土壤面积占总面积的 15% ,但有机碳储量占了总储量的 35% ;黑土、黑钙土、草甸土、漂白土、山地草甸土、灰色森林土和棕色针叶林土的有机碳密度在 $10—20 \text{ kg C} \cdot \text{m}^{-2}$ 之间,其有机碳储量占了总储量的 32% 。东北地区土壤剖面平均深度为 95 cm ,其 232 万 km^2 的土壤中剖面有机碳总储量为 24.36 GtC ,占全球总储量的 $1.5\%—1.7\%$ 。

我国东南热带亚热带13个土类的土壤剖面有机碳平均密度变幅为 $3.9—16.7 \text{ kg C} \cdot \text{m}^{-2}$,其面积加权平均值为 $9.52 \text{ kg C} \cdot \text{m}^{-2}$,较东北地区低。0—100 cm 土层碳密度以棕壤为最高($21.4 \text{ kg C} \cdot \text{m}^{-2}$),黄壤、黄棕壤和石灰土的次之($12.3—14.5 \text{ kg C} \cdot \text{m}^{-2}$),燥红土、紫色土和潮土土类的最低($5.8—7.5 \text{ kg C} \cdot \text{m}^{-2}$),水稻土的有机碳密度也较高($10.6 \text{ kg C} \cdot \text{m}^{-2}$)。东南地区 94.3 万 km^2 的土壤中0—100 cm 的有机碳储量为 9.35 GtC ,占全球热带地区总储量的 $1.8\%—3.0\%$,其中 65.8% 分布在占总面积 71.2% 的4个地带性土壤中(红壤、黄壤、赤红壤、砖红壤)。

参考文献:

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Scientific Assessment of Climate Change [M]. World Meteorological Organization/United Nations Environmental Program. Cambridge University Press, New York. 1990. 81.
- [2] Schlesinger W H. An overview of the carbon cycle. Advances in Soil Science: Soils and Global Change (edsby Lalet al) [M]. CRS Press, Inc, 1995. 9—25.
- [3] Sundquist E T. The Global Carbon Dioxide Budget [J]. *Science*, 1993, 259: 934—941.
- [4] Schlesinger W H. The role of terrestrial vegetation in the global carbon cycle: methods for appraising changes (ed. by G. M. woodwell) [C]. Wiley, New York, 1979.
- [5] Sanchez P A, Gichuru M P, Katz L B. Organic matter in major soils of the tropics and temperate regions [C]. In: Non-Symbiotic Nitrogen Fixation and Organic matter in the Tropics. 12th International Congress of Soil Science, New Delhi. 1982. 99—114.
- [6] Kimble J, Cook T, Eswaran H. Organic matter in soils of the tropics [C]. In: Proc. Symp. Characterization and role of organic matter in different soils. Int. Congr. Soil Sci. 14th, Kyoto, Japan. 1990. 250—258.
- [7] Bohn H L. Estimate of organic carbon in world soils [J]. *Soil Sci Soc Am J*, 1976, 40: 468—470.
- [8] Eswaran H, Van den Berg E, Reich P. Organic carbon in soils of the world [J]. *Soil Sci Soc Amer J*, 1993, 57: 192—194.
- [9] Batjes N H. Total carbon and nitrogen in the soils of the world [J]. *Europ J Soil Sci*, 1996, 47: 151—163.