

三江平原典型环型湿地土壤 DOC 剖面分布及储量

孔范龙, 郝敏, 李悦, 徐丽华, 冯小敏

(青岛大学 化学化工与环境学院, 山东 青岛 266071)

摘要: 选择三江平原典型环型湿地, 分层采集岛状林、小叶章草甸和毛果苔草沼泽湿地土壤, 调查了土壤 DOC 含量、储量水平和垂直分布状况, 分析了环型湿地特殊的水文地貌条件对 DOC 分布的影响。结果表明, 环型湿地土壤 DOC 含量均随着土层深度增加而不断减小; 毛果苔草沼泽湿地土壤剖面的 DOC 含量显著高于小叶章草甸和岛状林, 小叶章草甸和毛果苔草沼泽湿地剖面 DOC 含量显著高于岛状林; 环型沼泽湿地土壤 DOC 累积现状为小叶章草甸土壤剖面 DOC 储量最大, 岛状林其次, 毛果苔草沼泽湿地最小, 其 60 cm 深度内土壤 DOC 储量分别为 0.111 3, 0.084 4 和 0.058 8 t/hm²。

关键词: 环型湿地; DOC 储量

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)05-0176-04

中图分类号: X144

Distribution and Storage of DOC in a Typical Annular Wetland of Sanjiang Plain

KONG Fan-long, XI Min, LI Yue, XU Li-hua, FENG Xiao-min

(College of Chemical and Environmental Engineering, Qingdao University, Qingdao, Shandong 266071, China)

Abstract: Soil samples at different depths were collected from island forest, *Calamagrostis angustifolia* meadow and *Carex lasiocarpa* marsh in a typical annular wetland of the Sanjiang Plain. Horizontal and vertical distributions and DOC(dissolved organic carbon) storage in the wetland were studied and the DOC distribution affected by the specific hydrology and landform conditions of typical annular wetland was analyzed. Results showed that the DOC content decreased with the increased soil depth. From high to low, the DOC contents in soil profiles showed the order of *Carex lasiocarpa* marsh, *Calamagrostis angustifolia* meadow and island forest, and the DOC storage, *Calamagrostis angustifolia* meadow, island forest and *Carex lasiocarpa* marsh. In the 0—60 cm soil layers, the DOC storages were 0.111 3, 0.084 4 and 0.058 8 t/hm², correspondingly.

Keywords: annular wetland; storage of dissolved organic carbon

可溶性有机碳(dissolved organic carbon, DOC), 亦称土壤活性有机碳, 一般是指能溶于水或酸碱溶液且能通过 0.45 μm 微孔滤膜的有机碳, 是土壤有机碳中最活跃的组成部分^[1]。自然湿地, 尤其是位于中纬度地区的湿地, 储存了大量的碳^[2], 是重要的 DOC 库和河流 DOC 的主要来源^[3-5]。在全球碳循环的背景下, 湿地构成了陆地和海洋之间碳循环的重要一环^[6]。据估计, 自陆地向海洋输入的 DOC 中约有 20% 来自湿地^[7]。对加拿大北部湿地的研究发现, 通过溪流从泥炭地中迁移输出的 DOC 约 5~40 gm²/a^[8]。湿地土壤中 DOC 的数量和类型对其接纳水体的性质和功能具有重要影响。例如, DOC 增

高将导致地表水体酸度增加、颜色增加等, 也会对淡水养殖业、饮用水质量、河口和沿海生态系统碳循环带来广泛的影响^[9-12]。因此, 研究对外界环境变化响应较为敏感的湿地土壤 DOC 储量、分布及动态变化具有重要意义。

近年来, 国内学者对湿地土壤 DOC 的研究不断增多, 张金波等^[13-14]研究了小叶章湿地地表水溶性有机碳季节动态变化及影响因素, 土地利用方式对土壤溶解性有机碳的影响; 黄靖宇等^[15]研究了湿地垦殖对土壤溶解性有机碳的影响; 杨继松等^[16]通过室内试验研究了草甸湿地土壤溶解性有机碳淋溶动态及其影响因素; 宋长春等^[5]则通过采集和分析自然湿

收稿日期: 2012-11-22

修回日期: 2013-01-04

资助项目: 国家自然科学基金项目“胶州湾滨海湿地土壤 DOC 变化及其对 CO₂ 排放的影响机理”(41101080); 山东省自然科学基金项目“胶州湾滨海湿地土壤可溶性有机碳特征及其与 CO₂ 排放的关系研究”(ZR2011QD009)

作者简介: 孔范龙(1979—), 男(汉族), 山东省临沂市人, 硕士, 讲师, 主要从事湿地生态过程研究。E-mail: kongfanlong@126.com。

地、退化湿地、排水沟渠及河流中 DOC 浓度,研究了三江平原自然湿地退化对溶解性碳的动态影响;部分学者还研究了排水和 CO₂ 浓度升高对湿地溶解性有机碳的影响^[17-18],但对于湿地土壤 DOC 累积现状进行的研究仍较少。本研究通过对三江平原典型环型湿地土壤 DOC 分布和储量进行研究,为进一步探讨湿地土壤 DOC 在碳循环研究中的作用及湿地污染控制提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区选在三江平原具有代表性的别拉洪河与浓江河河间地带(133°31'E,47°35'N),海拔 55~65 m,属温带大陆性季风气候,年平均气温 1.9℃,1月平均气温 -21℃,7月平均气温 22℃,年平均降雨量 550~600 mm,无霜期约 125 d。区内分布有大面积的天然沼泽湿地。由于微地貌的变化,天然沼泽湿地由中心到边缘,地势由低到高,水面高度逐渐增大,从而也引起土壤和植物的变化,形成三江平原典型的环型湿地^[19]。这里的湿地植被类型主要毛果苔草(*Carex lasiocapa*)和小叶章(*Doyeuxia augustifolia*)。

1.2 样品采集与分析

沿典型环型湿地边缘到中心,植被类型依次为岛状林(主要为蒙古栎、山杨等),小叶章(以小叶章为主,伴生有千屈菜)和毛果苔草(以毛果苔草为主,伴生有甜茅和漂伐);土壤类型依次为棕壤型草甸白浆土、潜育白浆土和腐殖质沼泽土。每个群落随机设定 3 个样点,分 0—10,10—20,20—40,40—60 cm 4 层采样,分层均匀混合后代表该群落的土壤剖面。采样时间为 2006 年 6 月 20 日。用手选法挑去活体根系,混匀。分取部分样品风干,过 100 目筛,保存待测。

土壤 DOC 含量测定:称取 10 g 风干土放入盛有 40 ml 蒸馏水的三角瓶中,常温下振荡浸提 30 min,高速离心 10 min,上清液用 0.45 μm 滤膜过滤,用 TOCVCPH 仪测定浸提液中的有机碳浓度,得到 DOC 浓度。最后,通过水土比将 DOC 浓度(mg/L)值换算成土壤 DOC 含量(mg/kg)^[20]。有机碳含量用重铬酸钾外加热法测定,土壤容重用环刀法测定^[21]。

1.3 土壤 DOC 储量计算

土壤 DOC 贮量采用土壤容重和 DOC 含量等推算,公式如下:

$$DOCD = \sum_{i=1}^n 10^{-4} \times DOC_i \times B_i \times H_i$$

式中:DOCD——土壤 DOC 贮量(t/hm²); DOC_i, B_i, H_i——第 i 层土壤的 DOC 含量(mg/kg),土壤容重(g/cm³)和土层厚度(cm)^[22]。

2 结果与讨论

2.1 土壤 DOC 含量分布特征

表层土壤 DOC 含量较高,向剖面下层含量呈下降趋势。土壤表层 DOC 含量显著高于其他土层含量的原因主要与植被凋落物和根系分布特征有关^[22]。由于湿地每年大量凋落物归还地表形成一定数量的枯枝落叶层,枯枝落叶的腐殖质化及淋溶过程增加了土壤 DOC,因而形成土壤表层较高的 DOC 含量。毛苔草沼泽湿地土壤剖面 DOC 含量明显高于小叶章草甸;小叶章草甸明显高于岛状林(图 1)。毛苔草沼泽土壤 DOC 含量最高值(约 1.065 g/kg)出现在 0—10 cm,随着土壤深度增加,DOC 含量迅速下降,从 0—10 到 10—20 cm 层降幅达 74%;小叶章草甸土壤 DOC 含量最高值(0.388 g/kg)出现在 0—10 cm,从 0—10 到 10—20 cm 层降幅达 42.3%;岛状林土壤 DOC 含量最高值(0.238 g/kg)也出现在 0—10 cm,从 0—10 到 10—20 cm 层降幅达 41.4%,且 10—20 和 20—40 cm 间差距不大。

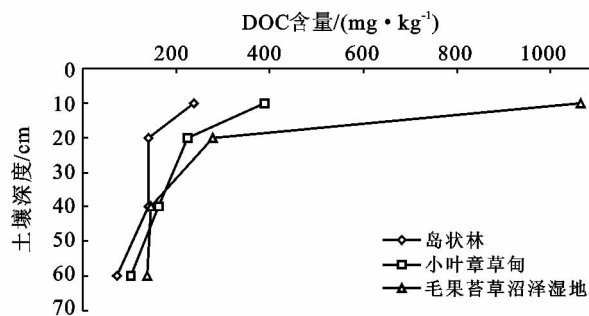


图 1 土壤 DOC 剖面含量分布

2.2 土壤剖面 DOC 储量状况

从环型沼泽湿地中心向边缘,0—10 cm 毛果苔草沼泽湿地、小叶章草甸和岛状林 DOC 储量分别为 0.017, 0.018 和 0.011 6 t/hm²;10—20 cm 分别为 0.004 9, 0.012 和 0.009 2 t/hm²;60 cm 深度内土壤 DOC 储量分别为 0.058 8, 0.111 3 和 0.084 4 t/hm²。小叶章草甸土壤剖面 DOC 储量最大,说明其土壤有机碳库中的不稳定性碳库的比例最高^[23];岛状林土壤剖面 DOC 储量较高,而毛果苔草沼泽湿地土壤剖面 DOC 储量最低,说明其土壤有机碳库中的活性碳库最低,有机碳库最稳定(图 2)。

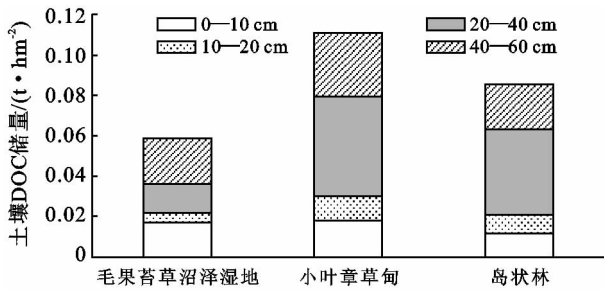


图 2 土壤 DOC 储量剖面分布特征

2.3 影响因素分析

将各土层 DOC 含量与土壤总有机碳 (TOC) 含量进行相关分析, 结果发现 DOC 与 TOC 含量间存在着高度正相关关系, 经线性拟合得到 $y(\text{DOC 含量}) = 64.79x(\text{TOC 含量}) + 67.51 (R^2 = 0.902)$, 表明环型湿地土壤 DOC 随 TOC 含量的降低由表层向下呈显著减少趋势, 并在母质层达到最小值。由此可见, 土壤表层植被和总有机碳是土壤 DOC 垂直分布的一个重要来源, 这与以往自然生态系统土壤 DOC 来源研究基本一致^[24]。

植物残体虽然是土壤 DOC 的一个重要来源, 但有研究同时表明剖面土壤中 DOC 的主要输入途径有淋溶输入和有机质深度分解^[25]。与小叶章草甸、岛状林相比, 毛果苔草沼泽湿地土壤 DOC 含量明显高且集中于表层, 主要原因与其所处的水文地貌条件密切相关。毛果苔草沼泽湿地处于环型湿地地势最低洼的地方, 常年积水且排水不畅^[26]。淹水可提高土壤有机碳的溶出, 使土壤团聚体分散, 进而增加土壤 DOC 含量^[27]。排水不畅则使表层土壤 DOC 向下淋溶迁移的能力降低, 因此毛果苔草沼泽湿地土壤 DOC 含量明显最高且集中于表层。岛状林处于环型湿地地势最高的地方, 常年无积水且排水良好, 土壤 DOC 含量最低且向土壤下层淋溶迁移的趋势明显。小叶章草甸处于以上两种群落之间, 偶发积水且排水良好, 土壤 DOC 含量和垂直分布情况也处于两者之间。

环型湿地土壤剖面 DOC 积累现状为小叶章草甸土壤剖面 DOC 储量最高, 岛状林其次, 毛果苔草沼泽湿地最小, 这与土壤 DOC 含量分布特征不一致。主要原因在于湿地土壤剖面 DOC 累积除了与土壤 DOC 含量有关, 还与土壤容重密切相关。毛果苔草沼泽湿地为常年积水群落, 土壤 DOC 含量最高, 但是与小叶章草甸和岛状林相比, 其容重低, 不利于土壤 DOC 的累积; 小叶章草甸处于无积水和常年积水群落之间, 最有利于土壤 DOC 的累积; 岛状林土壤 DOC 含量最低, 但是容重却最高, 土壤 DOC 累

积状况位于两者之间。由此可见, 毛果苔草沼泽湿地土壤有机碳库中的不稳定碳库比例最低, 有机碳库最稳定, 岛状林其次, 小叶章草甸最不稳定。因此, 只有继续维持沼泽湿地的积水才能维持沼泽湿地的稳定碳库功能, 否则沼泽湿地一旦排水或者开垦, 原先的稳定碳库就会变成不稳定碳库, 储存的有机碳就会趋于释放, 最终影响全球气候变化。

3 结论

(1) 环型湿地土壤 DOC 含量随着土层深度增加而不断减小, 主要原因为随着土壤深度增加, 土壤总有机碳逐渐降低, 可供土壤微生物利用的有机质减少。

(2) 从环型沼泽湿地边缘向中心, 土壤剖面 DOC 含量变化明显。毛果苔草沼泽湿地土壤剖面的 DOC 含量显著高于小叶章草甸, 且明显地集中于土壤表层; 小叶章草甸土壤 DOC 显著高于岛状林, 且差异显著。

(3) 从环型沼泽湿地边缘向中心, 60 cm 深度内土壤 DOC 储量分别为 0.084 4、0.111 3 和 0.058 8 t/hm²。小叶章草甸土壤剖面 DOC 储量最大, 岛状林其次, 毛果苔草沼泽湿地最小。

[参 考 文 献]

- [1] Kalbitz K, Soliuger S, Park J H, et al. Controls on the dynamics of dissolved organic matter in soils: a review [J]. *Soil Science*, 2000, 165(4):277-304.
- [2] Briggs J, Large D, Snape C, et al. Influence of climate and hydrology on carbon in an early Miocene peatland [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2007, 253(3/4):445-454.
- [3] Xi Min, Lu Xianguo, Li Yue, et al. Distribution characteristics of dissolved organic carbon in annular wetland soil-water solutions through soil profiles in the Sanjiang Plain, Northeast China [J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2007, 19(9):1074-1078.
- [4] McGlynn B L. Role of discrete landscape units in controlling catchment dissolved organic carbon dynamics [J]. *Water Resources Research*, 2003, 39(4):1-8.
- [5] Song C C, Wang L L, Guo Y D, et al. Impacts of natural wetland degradation on dissolved carbon dynamics in the Sanjiang Plain, Northeastern China [J]. *Journal of Hydrology*, 2011, 398(1/2):26-32.
- [6] Zsolnay A. Dissolved organic matter: artifacts, definitions and functions [J]. *Geoderma*, 2003, 113(3):187-209.
- [7] Lugo A E, Brown S, Brinson M M. Concepts in wet-

- land ecology[C]//Lugo A E, Brown S, Brinson M M. *Ecosystems of the World 15*. Amsterdam: Elsevier, 1989:53-85.
- [8] Shurpali N J, Verma S B, Kim J, et al. Carbon dioxide exchange in a peatland ecosystem [J]. *Geophys. Res.*, 1995,100(D7):319-326.
- [9] 杨继松. 三江平原小叶章湿地系统有机碳动态研究[D]. 吉林 长春:中国科学院东北地理与农业生态研究所, 2006.
- [10] 张娜,张新昱,高鲁鹏. 长期监测水体可溶性有机碳变化趋势与影响因子研究进展[J]. *水土保持研究*, 2009, 16(3):286-290.
- [11] Worrall F, Armstrong A, Holden J. Short-term impact of peat drain-blocking on water colour, dissolved organic carbon concentration, and water table depth [J]. *Journal of Hydrology*, 2007,337(3/4):315-325.
- [12] Wilson L, Wilson J, Holden J, et al. Ditch blocking, water chemistry and organic carbon flux; Evidence that blanket bog restoration reduces erosion and fluvial carbon loss [J]. *Science of the Total Environment*, 2011, 409(11):2010-2018.
- [13] 张金波,宋长春,杨文燕. 土地利用方式对土壤水溶性有机碳的影响[J]. *中国环境科学*, 2004,25(3):343-347.
- [14] 张金波,宋长春,杨文燕. 小叶章湿地表土水溶性有机碳季节动态变化及影响因素分析[J]. *环境科学学报*, 2005,25(10):1397-1402.
- [15] 黄靖宇,宋长春,宋艳宇,等. 湿地垦殖对土壤微生物量及土壤溶解有机碳、氮的影响[J]. *环境科学*, 2008, 29(5):1380-1387.
- [16] 杨继松,刘景双,于君宝,等. 草甸湿地土壤溶解性有机碳淋溶动态及其影响因素[J]. *应用生态学报*, 2006, 17(1):113-117.
- [17] 赵光影,刘景双,王洋,等. CO₂ 浓度升高对三江平原湿地活性有机碳及土壤微生物的影响[J]. *地理与地理信息科学*, 2011,27(2):96-100.
- [18] 郝敏,吕宪国,孔范龙. 三江平原湿地沟渠侵扰带土壤 DOC 分布特征[J]. *辽宁工程技术大学学报:自然科学版*, 2008,27(2):292-295.
- [19] 殷书柏,杨青,吕宪国. 三江平原典型环型湿地土壤有机碳剖面分布及碳储量[J]. *土壤通报*, 2006, 37(4): 659-661.
- [20] 李忠佩,张桃林,陈碧云. 可溶性有机碳的含量动态及其与土壤有机碳矿化的关系[J]. *土壤学报*, 2004, 41(4):544-552.
- [21] 鲁如坤. *土壤农业化学分析法*[M]. 北京:中国农业科技出版社,2000.
- [22] 汪伟,杨玉盛,陈光水,等. 罗浮栲天然林土壤可溶性有机碳的剖面分布及季节变化[J]. *生态学杂志*, 2008,27(6): 924-928.
- [23] 王琴,范曾丽,孙辉,等. 低温季节西南亚高山森林土壤可溶性有机碳动态[J]. *四川农业大学学报*, 2012, 30(1):18-23.
- [24] Andrew J B, Robert L W. *生态水文学:陆生环境和水生环境植物与水分关系*[M]. 赵文智,王根绪,译. 北京:海洋出版社,2002.
- [25] McDowell W H, Likens G E. Origin, composition, and flux of dissolved organic carbon in the Hubbard Brook Valley [J]. *Ecological Monographs*, 1988, 58(3):177-195.
- [26] 田学智,刘吉平. 孤立湿地研究进展[J]. *生态学报*, 2012,31(20):6261-6269.
- [27] 韩琳,张玉龙,金烁,等. 灌溉模式对保护地土壤可溶性有机碳与微生物量碳的影响[J]. *中国农业科学*, 2010, 43(8):1625-163.