

黄河三角洲盐沼表层土壤有机碳含量、可溶性有机碳含量及其官能团结构特征

李 哲^{1,2}, 张仲胜², 李 敏², 张红日¹, 宋晓林², 武海涛²

(1. 山东科技大学, 山东 青岛 266590; 2. 中国科学院湿地生态与环境重点实验室,
中国科学院东北地理与农业生态研究所, 吉林 长春 130102)

摘要:于2018年7月6~8日,在黄河三角洲芦苇(*Phragmites australis*)盐沼、盐地碱蓬(*Suaeda salsa*)盐沼、柽柳(*Tamarix chinensis*)盐沼和互花米草(*Spartina alterniflora*)盐沼中,分别采集了0~20 cm深度土柱,按2 cm一层,将采集的土柱分层,测定了不同深度土层的有机碳和可溶性有机碳含量;利用傅里叶变换红外光谱仪,分析了土样中可溶性有机碳的官能团结构特征。研究结果表明,芦苇盐沼、盐地碱蓬盐沼、柽柳盐沼和互花米草盐沼表层土壤中的有机碳和可溶性有机碳含量都在0~2 cm深度层最大,随着土壤深度的增加,二者都在逐渐减小,其陆源有机碳的贡献率分别为79.81%、42.73%、63.45%和34.91%,海源有机碳的贡献率分别为20.19%、57.27%、36.55%和65.09%;生长着4种植物群落的盐沼表层土壤中的可溶性有机碳的红外光谱特征类似,其官能团结构以醇酚类和芳烃类为主,还包括脂肪族、烯烃、卤代烃和仲酰胺类;在波数为1 580~1 660 cm⁻¹与2 800~3 010 cm⁻¹处,芦苇盐沼、互花米草盐沼、柽柳盐沼和盐地碱蓬盐沼表层土壤中可溶性有机碳红外光谱的峰面积比分别为0.13、0.61、2.27和5.14,盐地碱蓬盐沼表层土壤可溶性有机碳中惰性碳含量最大。

关键词:土壤;有机碳;可溶性有机碳;芦苇;互花米草;柽柳;盐地碱蓬;黄河三角洲

中图分类号:TV213.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-5948(2019)06-645-06

目前,对盐沼土壤碳库已经开展了广泛研究,其土壤有机碳含量与盐沼中生长的植物密切相关^[1-2]。江苏省盐城市互花米草(*Spartina alterniflora*)盐沼表层土壤有机碳含量比盐地碱蓬(*Suaeda salsa*)盐沼高27%~70%;福建省漳江河口互花米草盐沼土壤碳库储量比红树林低约30%^[3-4]。土壤中可溶性有机碳是土壤微生物的主要碳源,在盐沼土壤碳循环过程中意义重大^[5]。因生长着不同植物的盐沼的地表植物群落生物量、枯落物性质及分解速率和土壤微生物群落结构存在着差异,使得土壤中可溶性有机碳的化学组成和相对含量也明显不同^[6]。研究表明,杭州湾和苏北互花米草盐沼土壤中可溶性有机碳含量都高于当地的芦苇(*Phragmites australis*)盐沼^[7-8];漳江口互花米草盐沼土壤中的烷基碳和烷氧碳含量比红树林

高,芳香碳和酚基碳含量比红树林低^[9];江苏省盐城市互花米草盐沼土壤中的有机碳结构以烷氧碳和芳香碳为主^[10]。

本研究在黄河三角洲互花米草盐沼、芦苇盐沼、盐地碱蓬盐沼和柽柳盐沼中,采集表层土壤样品,测定土样中的有机碳和可溶性有机碳含量,并剖析可溶性有机碳红外光谱与官能团的结构特征,以期为黄河三角洲滨海湿地土壤碳库的研究提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 采样地

黄河三角洲(36°55'N~38°16'N, 117°31'E~119°18'E)位于山东省东北部的渤海之滨,该区气候属温带大陆性季风气候,年平均气温为12.1℃,年

收稿日期:2019-06-07; 修订日期:2019-11-06

基金项目:国家重点研发计划项目(2017YFC0505901)和国家自然科学基金项目(41771103、41471081和41671081)资助。

作者简介:李哲(1995-),女,汉族,山东省滨州人,硕士研究生,主要从事湿地生态系统管理及生物地球化学循环方面的研究。E-mail: li-zhe@iga.ac.cn

*通讯作者:张仲胜,副研究员。E-mail: zzslycn@163.com

降水量为 551 mm, 年蒸发量为 1 962 mm。主要土壤类型为潮土和盐土, 成土母质为冲积物, 成土时间短, 质地疏松, 盐渍化严重^[11]。植物以水生植物和盐生植物为主, 芦苇、盐地碱蓬和柽柳(*Tamarix chinensis*)为土著优势种, 互花米草为入侵种^[12-13]。

根据文献[14]的研究结果和 2017 年 9 月 30

日、2018 年 6 月 23 日的 Landsat 8 OLI 影像(下载自 <http://earthexplorer.usgs.gov/>)、2017 年 10 月 24 日 Sentinel-2 卫星影像(下载自 <https://scihub.copernicus.eu/>)的解译结果, 在黄河三角洲, 分别在柽柳、盐地碱蓬、芦苇和互花米草生长密集处, 选择了采样地, 采样地信息详见表 1。

表 1 采样地信息

Table 1 The information of sampling area

采样地	中心点位置	土壤类型	采样期间积水状况
柽柳盐沼	37°42'7"N, 119°15'23"E	盐土	无积水
盐地碱蓬盐沼	37°48'56"N, 119°3'12"E	盐土	无积水
芦苇盐沼	37°48'54"N, 119°2'55"E	潮土	无积水
互花米草盐沼	37°48'45"N, 119°10'11"E	盐土	积水深度约 10 cm

1.2 土壤样品采集

2018 年 7 月 6~8 日, 在每处采样地(图 1), 设置 3 个采样点, 采样点之间距离为 5 m。利用土钻(内径 6 cm, 长度 60 cm), 在每个采样点, 采集 0~20 cm 土柱, 每个采样点重复采样 3 次。按 2 cm 一层, 将采集的土柱分层, 将分好的土壤样品装入自封袋, 冷藏, 带回实验室。在实验室内将土样自然风干, 挑出石块和草根等杂质后, 研磨过 100 目孔径筛, -4 °C 保存, 待测。

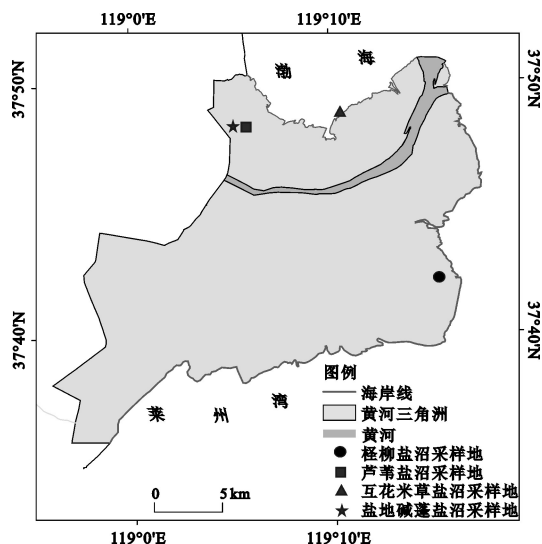


图 1 采样点位置示意图

Fig.1 Locations of the sampling sites

1.3 土壤理化指标测定

采用电位计法(水土比为 5:1), 测定土样 pH^[15]; 采用残渣烘干—质量法, 测定土壤含盐量^[15]。测

定土壤有机碳含量和 $\delta^{13}\text{C}$ 值之前, 首先, 采用摩尔质量浓度为 1 mol/L 的盐酸溶液, 去除土壤中碳酸盐, 然后用足量去离子水, 冲洗至 pH 近中性, 将土壤样品置于冷冻干燥机(-55 °C)中冻干, 待测。利用元素分析仪 (Elementar VarioMicrocube, Hesse, Germany), 测定土壤有机碳含量; 利用稳定同位素比例质谱仪 (Finnigan MAT 253, Bremen, Germany), 测定土壤 $\delta^{13}\text{C}$ 值。土壤 $\delta^{13}\text{C}$ 值的计算公式为:

$$\delta^{13}\text{C}(\text{‰}) = [(R_{\text{sample}} - R_{\text{standard}}) / R_{\text{standard}}] \times 1000 \quad (1)$$

公式(1)中, R_{sample} 为样品中 ^{13}C 与 ^{12}C 比值; R_{standard} 为国际标准 PDB(美国南卡罗莱纳州白垩系 Pee Dee 组拟箭石化石作为标准品, 规定其 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 0.011 24) 中 ^{13}C 与 ^{12}C 比值。

称取 5 g 土样, 放入离心管中, 加入 25 mL 超纯水后, 震荡 24 h, 以 6 000 r/min 转速离心 30 min, 取上清液过 0.45 μm 滤膜, 定容至 50 mL。利用 TOC-2000 型总有机碳分析仪(港东, 天津), 测定土壤中的可溶性有机碳含量。

将提取的可溶性有机碳溶液置于冷冻干燥机中, 在 -54 °C 条件下, 真空冻干。利用万分之一天平, 称取约 1 mg 冻干的可溶性有机碳粉末, 放入玛瑙研钵, 加入 100 mg 已烘干的 KBr(光谱纯), 快速充分研磨后, 用压片机在 13 MPa 压强条件下, 压制成透明薄片。利用傅里叶变换红外光谱仪 (FTIR-650, 港东, 天津), 分析土壤中可溶性有机碳的官能团结构, 扫描范围为 400~4 000 cm^{-1} , 分辨率为 4 cm^{-1} , 重复扫描 32 次。

1.4 数据处理及分析

利用 Excel 2010 软件,整理数据。采用 t 检验和单因素方差分析方法,利用 SPSS 22 软件,分析数据。利用 OriginPro 9.1 软件,绘图。

2 结果与分析

2.1 表层土壤理化性质

各采样地表层土壤都为弱碱性(表 2),土壤含盐量差异显著($n=10, p<0.05$),其中,盐地碱蓬盐沼和柽柳盐沼表层土壤含盐量都较大,分别为 24.30 g/kg 和 23.76 g/kg。盐地碱蓬盐沼表层土壤碳氮比较大,互花米草盐沼表层土壤碳氮比较小。

2.2 表层土壤有机碳和可溶性有机碳含量

在生长着 4 种植物群落的盐沼表层土壤中,有机碳和可溶性有机碳含量都在 0~2 cm 深度层最大,随着土壤深度的增加,二者在逐渐减小(表 3 和表 4)。表层土壤中有机碳含量较高,可能是由于植物枯落物分解所致;随着土壤深度的增加,植物枯落物逐渐减少;而土壤中的微生物源有机碳含量相对稳定,因此 10 cm 深度以下土壤中的有机碳含量相对稳定。在垂直方向上,芦苇盐沼表层土壤中的可溶性有机碳含量变化幅度最大。芦苇为多年生根茎型禾本科植物,须根较多,可以被微生物利用的根状物在表层土壤中分布集中,随着土壤深度的增

表 2 表层土壤理化指标
Table 2 Physical and chemical indexes of surface soil

采样地	pH	含盐量(g/kg)	$\delta^{13}\text{C}$ 值(‰)	碳氮比
芦苇盐沼	(7.96±0.13) ^b	(2.76±0.68) ^c	(-26.99±0.80) ^b	(14.35±5.69) ^b
盐地碱蓬盐沼	(8.16±0.11) ^a	(24.30±6.33) ^a	(-24.95±0.83) ^a	(15.50±5.31) ^b
柽柳盐沼	(8.26±0.19) ^a	(23.76±12.87) ^a	(-26.09±0.60) ^b	(14.30±4.19) ^b
互花米草盐沼	(8.16±0.97) ^a	(9.34±1.51) ^b	(-24.52±0.82) ^a	(11.74±2.88) ^a

注:表中数据为(平均值±标准差)。每列数据右上角小写字母不同,表示数据之间差异显著($n=10, p<0.05$)。

表 3 芦苇、盐地碱蓬、柽柳和互花米草盐沼
表层土壤有机碳含量

Table 3 Contents of organic carbon in surface soil in
Phragmites australis, *Suaeda salsa*, *Tamarix chinensis* and
Spartina alterniflora salt marshes

土层深度 (cm)	土壤有机碳含量(%)			
	芦苇盐沼	盐地碱蓬盐沼	柽柳盐沼	互花米草盐沼
0~2	6.00	0.94	0.60	0.65
2~4	1.49	0.38	0.47	0.51
4~6	0.86	0.43	0.40	0.45
6~8	0.54	0.37	0.30	0.42
8~10	0.48	0.47	0.30	0.46
10~12	0.38	0.40	0.29	0.38
12~14	0.41	0.33	0.34	0.32
14~16	0.26	0.47	0.26	0.36
16~18	0.32	0.43	0.29	0.37
18~20	0.45	0.40	0.32	0.37

表 4 芦苇、盐地碱蓬、柽柳和互花米草盐沼表层
土壤可溶性有机碳含量

Table 4 Contents of dissolved organic carbon in surface soil
in *Phragmites australis*, *Suaeda salsa*, *Tamarix chinensis*
and *Spartina alterniflora* salt marshes

土层深度 (cm)	土壤可溶性有机碳质量比(mg/kg)			
	芦苇盐沼	盐地碱蓬盐沼	柽柳盐沼	互花米草盐沼
0~2	554.14	76.60	46.53	154.41
2~4	218.05	31.33	27.61	88.79
4~6	129.27	25.97	11.87	88.93
6~8	72.81	13.98	15.28	88.70
8~10	48.81	8.32	13.08	93.49
10~12	36.75	3.65	16.21	47.82
12~14	29.37	4.53	10.13	53.26
14~16	13.05	8.30	12.49	23.57
16~18	16.80	7.48	10.00	22.83
18~20	50.38	4.86	11.04	24.67

加,须根越来越少,根系分泌物减少,导致土壤中的可溶性有机碳含量减小。

芦苇盐沼各深度土壤中的有机碳和可溶性有机碳含量都高于其它采样地相同深度土壤中的含量,互花米草盐沼各深度土壤中的可溶性有机碳含量高于盐地碱蓬盐沼和柽柳盐沼相同深度土壤

中的含量。盐地碱蓬盐沼和柽柳盐沼土壤盐碱化程度较高(见表 2),不利于微生物的生存和分解,这可能是导致其可溶性有机碳含量相对较低的主要原因。互花米草为 C4 植物,其光合作用强于盐地碱蓬和柽柳,可为微生物提供丰富的生物质材料,但是,互花米草可被微生物有效分解的生物量

仅为30%~40%，分解产生的残渣多为纤维素和半纤维素等难分解和利用的成分^[16]，因此，互花米草盐沼各深度土壤中的可溶性有机碳含量低于芦苇盐沼，高于盐地碱蓬和怪柳盐沼。

2.3 表层土壤中有机碳的来源

河口湿地受海陆的交互作用，通常采用土壤碳氮比和 $\delta^{13}\text{C}$ 值，判断河口湿地土壤中有机碳的来源^[17]。当土壤碳氮比为5~10时，土壤中的有机碳来源主要为海源，当土壤碳氮比大于15时，则主要为陆源；当土壤碳氮比为14~23时，土壤中的有机碳主要来自高等植物，当土壤碳氮比为2.8~13时，土壤中的有机碳则主要来自水生生物和浮游动植物^[18]。当土壤 $\delta^{13}\text{C}$ 值为-28‰~-26‰时，土壤中的有机碳来源主要为陆源，当土壤 $\delta^{13}\text{C}$ 值为-22‰~-19‰时，有机碳主要来源为海源，来自浮游植物^[19]。

在本研究中，芦苇盐沼、互花米草盐沼、盐地碱蓬盐沼和怪柳盐沼表层土壤碳氮比分别为14.35、11.74、15.50和14.29，互花米草盐沼表层土壤的碳氮比与海源、水生生物和浮游动植物碳氮比相近，而其它3种采样地表层土壤的碳氮比与陆源、高等植物碳氮比相近，说明本研究中互花米草盐沼土壤中的有机碳更多来自水生动植物，而其它3种采样地土壤中有机碳更多来自陆源植物残

体的分解。芦苇盐沼、互花米草盐沼、盐地碱蓬盐沼和怪柳盐沼表层土壤中 $\delta^{13}\text{C}$ 值分别为-28.35‰~-25.39‰、-25.24‰~-23.30‰、-26.63‰~-23.65‰和-26.92‰~-25.23‰。利用稳定性同位素的混合模型^[20]，由计算可知，芦苇盐沼、盐地碱蓬盐沼、怪柳盐沼和互花米草盐沼表层土壤中陆源有机碳的贡献率分别为79.81%、42.73%、63.45%和34.91%，对应海源有机碳的贡献率分别为20.19%、57.27%、36.55%和65.09%。这表明互花米草入侵初期会极大增加海源有机碳对土壤有机碳的贡献。互花米草具有强大而紧密的根系，能够有效截留潮汐中的浮游生物和颗粒态有机碳，是导致互花米草盐沼表层土壤中海源有机碳贡献率相对较高的主要原因^[21]。

2.4 可溶性有机碳组分的有机官能团结构

傅里叶红外光谱分析结果表明，各采样地表层土壤中可溶性有机碳红外光谱特征相似(图2)，主要吸收峰出现在2917~2921 cm^{-1} ($-\text{CH}_2-$ 不对称振动，脂肪族)、1635 cm^{-1} ($\text{C}=\text{C}$ 伸缩振动，芳烃类)、1506~1538 cm^{-1} ($\text{C}=\text{C}$ 伸缩振动，芳烃类)、1417~1442 cm^{-1} ($\text{C}-\text{H}$ 弯曲振动，烷烃)、1139~1141 cm^{-1} 、3243 cm^{-1} 、3396~3405 cm^{-1} ($\text{C}-\text{H}$ 伸缩振动，醇类或者酚类)、667~856 cm^{-1} ($\text{C}-\text{H}$ 面外弯曲，烯烃)、603~615 cm^{-1} ($\text{C}-\text{Br}$ ，卤代烃)和424~

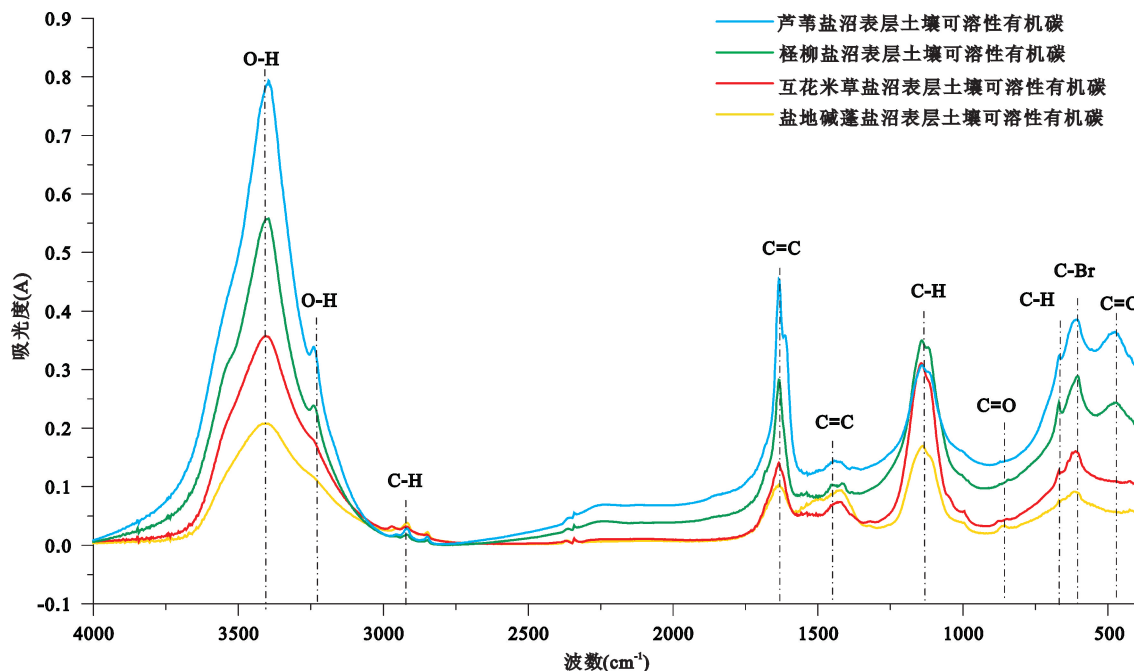


图2 各采样地表层土壤中可溶性有机碳的傅里叶变换红外光谱

Fig.2 Fourier transform infrared spectroscopy of dissolved organic carbon in surface soil of the sampling sites

476 cm^{-1} (C=O 伸缩振动, 仲酰胺类)。官能团键主要包括脂肪族、烯烃、醇酚类、卤代烃、芳烃和仲酰胺类, 其中以醇酚类(-OH)比例最高, 其所占比例为42%~48%; 其次为芳烃, 其所占比例为16%~25%。

芦苇盐沼表层土壤中可溶性有机碳官能团结构中, 醇酚类含量最高, 其次为芳烃、烷烃、卤代烃、仲酰胺、脂肪族和烯烃。其它采样地表层土壤中官能团结构组成具有类似的特征, 醇酚类含量最高, 其次为芳烃、卤代烃、仲酰胺、烷烃和烯烃。在怪柳盐沼和盐地碱蓬盐沼表层土壤中可溶性有机碳都无脂肪族官能团存在, 而在互花米草盐沼土壤可溶性有机碳中, 却检测出脂肪族官能团的存在。对胶州湾地区的土壤溶解性有机物荧光特性的研究表明, 互花米草入侵显著改变了土壤中溶解性有机物的分子结构单元和官能团特征, 脂肪族和碳水化合物成分增加^[22], 这与本研究结果一致。

红外光谱中不同峰面积比可以表征土壤可溶性有机碳的结构特征^[5]。波数为1 580~1 660 cm^{-1} 和2 800~3 010 cm^{-1} 处的峰面积比代表了可溶性有机碳中的惰性碳含量^[23]。在本研究中, 在波数为1 580~1 660 cm^{-1} 与2 800~3 010 cm^{-1} 处, 芦苇盐沼、互花米草盐沼、怪柳盐沼和盐地碱蓬盐沼表层土壤中可溶性有机碳红外光谱的峰面积比分别为0.13、0.61、2.27和5.14, 表明盐地碱蓬盐沼表层土壤可溶性有机碳中惰性碳含量最大, 芦苇盐沼表层土壤可溶性有机碳中惰性碳含量最少。这表明互花米草取代芦苇, 虽然会导致表层土壤中的可溶性有机碳含量减小, 但是土壤可溶性有机碳中的惰性碳结构将增加, 而当互花米草取代盐地碱蓬或怪柳后, 表层土壤可溶性有机碳中的惰性碳结构将减少。

3 结 论

2018年7月, 黄河三角洲芦苇盐沼、盐地碱蓬盐沼、怪柳盐沼和互花米草盐沼表层土壤中有机碳和可溶性有机碳含量都在0~2 cm深度最大, 随着土壤深度的增加, 二者基本在逐渐减小。芦苇盐沼表层土壤陆源有机碳贡献率最高, 为79.81%, 互花米草盐沼表层土壤海源有机碳贡献率最高, 为65.09%。

芦苇盐沼、盐地碱蓬盐沼、怪柳盐沼和互花米

草盐沼表层土壤中可溶性有机碳官能团结构都以醇酚类和芳烃类为主。芦苇盐沼表层土壤可溶性有机碳中惰性碳含量最小, 更易于参与碳循环, 盐地碱蓬盐沼表层土壤可溶性有机碳中惰性碳含量最大, 更利于维持表层土壤有机碳稳定性。

参考文献

- [1] LIAO C, LUO Y, JIANG L, *et al.* Invasion of *Spartina alterniflora* enhanced ecosystem carbon and nitrogen stocks in the Yangtze estuary, China[J]. *Ecosystems*, 2007, **10**(8): 1351-1361.
- [2] 王宝霞, 曾从盛, 陈丹, 等. 互花米草入侵对闽江河口芦苇湿地土壤有机碳的影响[J]. *中国水土保持科学*, 2010, **8**(5): 114-118.
- [3] 曾艳, 田广红, 陈蕾伊, 等. 互花米草入侵对土壤生态系统的影响[J]. *生态学杂志*, 2011, **30**(9): 2080-2087.
- [4] 张祥霖, 石盛莉, 潘根兴, 等. 互花米草入侵下福建漳江口红树林湿地土壤生态化学变化[J]. *地球科学进展*, 2008, **23**(9): 974-981.
- [5] 何伟, 白泽琳, 李一龙, 等. 溶解性有机质特性分析与来源解析的研究进展[J]. *环境科学学报*, 2016, **36**(2): 359-372.
- [6] MIKUTTA R, KLEBER M, TORN M S, *et al.* Stabilization of soil organic matter: Association with minerals or chemical recalcitrance? [J]. *Biogeochemistry*, 2006, **77**(1): 25-56.
- [7] 张文敏, 明吴, 蒙王, 等. 杭州湾湿地不同植被类型下土壤有机碳及其组分分布特征[J]. *土壤学报*, 2014, **51**(6): 1351-1360.
- [8] 张耀鸿, 张富存, 周晓冬, 等. 互花米草对苏北滨海湿地表土有机碳更新的影响[J]. *中国环境科学*, 2011, **31**(2): 271-276.
- [9] 孙慧敏, 姜姜, 崔莉娜, 等. 互花米草入侵对漳江口红树林湿地土壤有机碳官能团特征的影响[J]. *植物生态学报*, 2018, **42**(7): 774-784.
- [10] 杭子清. 互花米草(*Spartina alterniflora*)盐沼土壤有机碳组分、来源及结构特征研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2013.
- [11] 杨敏, 孙涛, 刘世梁, 等. 黄河三角洲湿地景观边界变化及其对土壤性质的影响[J]. *湿地科学*, 2009, **7**(1): 67-74.
- [12] 刘加珍, 李卫卫, 陈永金, 等. 黄河三角洲湿地水盐影响下灌草群落的物种多样性研究[J]. *生态科学*, 2015, **34**(5): 135-141.
- [13] 刘明月. 中国滨海湿地互花米草入侵遥感监测及变化分析[D]. 北京: 中国科学院大学, 2018.
- [14] 于小娟, 张仲胜, 薛振山, 等. 1989年以来7个时期黄河三角洲潮沟的形态特征及连通性研究[J]. *湿地科学*, 2018, **16**(4): 517-523.
- [15] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999.
- [16] 蒋福兴, 王维中, 赵鸣, 等. 两种米草(叶)的分解及其营养成分的初步研究[J]. *海洋学报(中文版)*, 1987, **9**(3): 367-372.
- [17] 刘敏, 侯立军, 许世远, 等. 长江口潮滩有机质来源的C、N稳定同位素示踪[J]. *地理学报*, 2004, **56**(6): 918-926.
- [18] THORNTON S F, MCMANUS J. Application of organic carbon and nitrogen stable isotope and C/N ratios as source indicators of

- organic matter provenance in estuarine systems: evidence from the Tay estuary, Scotland[J]. Estuarine Coastal and Shelf Science, 1994, **38**(3): 219-233.
- [19] 胡建芳, 彭平安, 麦碧娴, 等. 珠江口不同沉积有机质的来源及相对含量[J]. 热带海洋学报, 2005, **24**(1): 15-20.
- [20] SHULTZ D, CALDER J A. Organic carbon $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ variations in estuarine sediments[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1976, **40**: 381-385.
- [21] 王丹, 张荣, 熊俊, 等. 互花米草入侵对滨海湿地土壤碳库的贡献—基于稳定同位素的研究[J]. 植物生态学报, 2015, **39**(10): 941-949.
- [22] ZHANG H, LI Y, PANG M, *et al.* Responses of contents and structure of DOM to *Spartina alterniflora* invasion in Yanghe estuary wetland of Jiaozhou Bay, China[J]. Wetlands, 2019, **39**(4): 729-741.
- [23] DEMYAN M S, RASCHE F, SCHULZ E, *et al.* Use of specific peaks obtained by diffuse reflectance Fourier transform mid-infrared spectroscopy to study the composition of organic matter in a Haplic chemozem[J]. European Journal of Soil Science, 2012, **63**(2): 189-199.

Contents of Organic Carbon and Dissolved Organic Carbon and Characteristics of Functional Group Structure in Surface Soils of Salt Marshes in Yellow River Delta

LI Zhe^{1,2}, ZHANG Zhongsheng², LI Min², ZHANG Hongri¹, SONG Xiaolin², WU Haitao²

(1. College of Geomatics, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, Shandong, P.R.China;

2. Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Science, Changchun 130102, Jilin, P.R.China)

Abstract: Soil samples of 0-20 cm depth in *Phragmites australis* salt marsh, *Suaeda salsa* salt marsh, *Tamarix chinensis* salt marsh and *Spartina alterniflora* salt marsh in the Yellow River Delta were collected on July 6-8, 2018. The soil samples were cut apart by 2 cm for one layer, and contents of soil organic carbon and dissolved organic carbon were determined. The structural features of functional groups of dissolved organic carbon in surface soils were revealed using the fourier transform infrared spectroscopy. The results showed that contents of organic carbon and dissolved organic carbon in surface soils were the highest at 0-2 cm depth in the *Phragmites australis* salt marsh, *Suaeda salsa* salt marsh, *Tamarix chinensis* salt marsh and *Spartina alterniflora* salt marsh. With the depth of the soil deepened, contents of organic carbon and dissolved organic carbon in surface soils decreased, and the surface soil organic carbon derived from terrestrial sources accounted for about 79.81%, 42.73%, 63.45% and 34.91%, and the corresponding contributions to sea sources were 20.19%, 57.27%, 36.55% and 65.09%, respectively. The characteristics of dissolved organic carbon in surface soils of the salt marshes with 4 kinds of plants were similar. The functional group structure was dominated by phenolic alcohols and aromatic hydrocarbon, others included aliphatic, olefins, halogenated hydrocarbons, and secondary amides. The ratios of peak area of infrared spectroscopy of dissolved organic carbon in *Phragmites australis* salt marsh, *Spartina alterniflora* salt marsh, *Tamarix chinensis* salt marsh and *Suaeda salsa* salt marsh were 0.13, 0.61, 2.27 and 5.14 at 1 580-1 660 cm^{-1} and 2 800-3 010 cm^{-1} , which indicated that the content of inert carbon in dissolved organic carbon in *Suaeda salsa* salt marsh was the highest.

Keywords: soil; organic carbon; dissolved organic carbon; *Phragmites australis*; *Spartina alterniflora*; *Tamarix chinensis*; *Suaeda salsa*; Yellow River Delta