

杭州西湖表层沉积物中水溶性有机碳含量的时空分布特征

王艳云^{1,2}, 王 川^{1,2}, 徐 思^{1,3}, 张 丹^{1,2}, 曾 磊^{1,2}, 贺 锋¹, 周巧红¹, 吴振斌¹

(1. 中国科学院水生生物研究所淡水生态与生物技术国家重点实验室, 武汉 430072;

2. 中国科学院研究生院, 北京 100049;

3. 武汉理工大学资源与环境工程学院, 武汉 430070)

摘要: 为了解西湖不同湖区表层沉积物中水溶性有机碳 (WSOC) 含量及动态变化规律, 分别对西湖西进区域及大湖区域表层沉积物中的 WSOC 含量进行了调查。采用奚旦立的改进方法, 用总有机碳分析仪测定分析沉积物中 WSOC 含量。结果表明, 西湖表层沉积物 WSOC 平均含量是 387.1 mg/kg, 西湖不同湖区的表层沉积物中 WSOC 含量均呈现显著性的季节性变化, 表现为春季 (437.5 mg/kg) > 冬季 (436.6 mg/kg) > 夏季 (405.0 mg/kg) > 秋季 (269.4 mg/kg); 其中秋季含量显著低于另外 3 个季节, 同一季节不同湖区的表层沉积物中 WSOC 含量不同。西湖西进区域茅家埠、乌龟潭和浴鹄湾沉水植物恢复区表层沉积物中 WSOC 含量平均值为 388.5 mg/kg, 均高于沉水植物匮乏区的均值 304.6 mg/kg, 但差异并不显著, 可能是由于水流和人工作用使得恢复区与匮乏区没有严格的界限; 开展沉水植被恢复措施的西湖西进区域 WSOC 含量为 346.6 mg/kg, 显著低于没有植被恢复的大湖区域 WSOC 含量 432.3 mg/kg, 表明沉水植被恢复可以降低湖泊沉积物中 WSOC 含量, 减少内源等污染物来源。

关键词: 西湖; 表层沉积物; 水溶性有机碳; 季节动态

中图分类号: X826 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-3075(2015)04-0057-06

湖泊沉积物是水体污染物的源与汇, 其中沉积物有机质对污染物的迁移、转化等地球化学行为起着至关重要的作用 (Deng et al, 2004)。有机质矿化过程中大量耗氧, 同时释放出 C、N、P、S 等营养盐, 造成水质恶化 (朱广伟等, 2001)。水溶性有机碳 (water-soluble organic carbon, WSOC) 是沉积物中有机碳的重要组成成分, 尽管沉积物中 WSOC 含量非常低, 但它是一种反应活性比较活跃的有机物质, 对湖泊生态系统起着重要作用, 其影响着环境的酸碱特性、营养物质的有效性及污染物的环境行为特性, 同时也与水体的富营养化有密切联系 (许中坚等, 2003)。近年来, 国内外一些学者对 WSOC 的季节动态进行了研究, 但由于活性有机碳库组成的复杂性及影响因素的多样性, 研究结论不尽一致。有学者全面综述了国内外 WSOC 在生态学作用和环境意义的研究进展, 着重强调了沉积物和湖泊中 WSOC 浓度上升对水质具有重要的影响 (李淑芬等, 2002; 赵劲松等, 2003)。WSOC 中易被氧化的化合

物可以充当化学和生物的需氧化合生物, 从而降低水中的溶解氧浓度 (王美丽等, 2010)。

由于地理条件及人为因的等原因, 西湖水质富营养化问题凸显, 多年来经历截污、沉积物清淤、钱塘江引水等措施, 控制了西湖水质恶化的趋势, 但尚未彻底摆脱富营养化状态 (邓开宇等, 2009); 这可能与湖底富集的大量有机质矿化释放有关 (吴根福等, 1998; 毛成贵等, 2010; 刘静静等, 2012)。西湖沉积物腐殖化程度较高 (李震宇等, 1999), WSOC 可以与沉积物中有机质其它组分可以相互转化, 处于动态平衡 (李淑芬等, 2003)。本文通过对西湖全湖表层沉积物 WSOC 的空间分布特征、季节动态变化及其与相关环境因子的关系, 旨在为针对性的治理西湖提供基础数据支撑。

1 材料与方法

1.1 样点设置

在西湖全区共设置 13 个采样点 (图 1), 分别在西湖西进区域的茅家埠、乌龟潭和浴鹄湾各设置 2 个采样点, 小南湖设 2 个采样点, 西里湖湖心、北里湖湖心、西湖湖心、西湖湖湾和岳湖分别设置 1 个采样点。分别于 2013 年 12 月 (冬)、2014 年 4 月 (春)、2014 年 6 月 (夏)、2014 年 10 月 (秋) 用彼得森采泥器, 采集 0~10 cm 表层沉积物混合均匀装

收稿日期: 2015-03-23

基金项目: 国家“十二五”水专项 (2012ZX07101007-005); 国家自然科学基金 (31123001; 51208498; 51308530)。

作者简介: 王艳云, 1988 年生, 女, 硕士研究生, 研究方向为环境科学。E-mail: wangyanyun917@163.com

通信作者: 周巧红。E-mail: qhzhou@ihb.ac.cn

袋,带回实验室,经室内风干,过 2 mm 筛备用。

1.2 指标测定

沉积物中 WSOC 的测定方法采用奚旦立等(1996)的改进方法,称取备用土样 10 g,按水土质量比 2:1 加入去离子水,放入往复式振荡机于 25℃ 振荡 30 min(250 r/min),提取 WSOC;然后离心 20 min(4 000 r/min),并用 0.45 μm 纤维素滤膜抽气过滤;滤液稀释 10 倍,用总有机碳分析仪(德国 Elementar 公司)测定其中水溶性总碳含量和水溶性无机碳含量,二者之差即为 WSOC 含量。其他指标及测定仪器如下:沉积物温度通过温度计测定,水深采用 SM-5&5A 水深测定仪,沉积物 pH 和氧化还原电

位使用 FJA-5 型氧化还原去极化法全自动测定仪,水体溶解氧等指标通过 Thermo ORION 5-STAR 便携式多参数分析仪测定。

1.3 统计分析

应用 SPSS 16. 0 软件对实验数据进行处理分析。采用单因素方差分析比较不同季节西湖表层沉积物中 WSOC 变化、沉水植被恢复湖区表层沉积物 WSOC 的变化以及西湖西进区域与大湖区的表层沉积物 WSOC 变化,多重比较采用 LSD 法;WSOC 含量与环境因子的相关分析中,季节因子采用 Spearman 秩相关分析,其余生态因子采用 Pearson 相关分析,并以双尾检验判断相关系数的显著性。

编号	采样点	GPS 定位	
MY	茅家埠恢复区	N30°14'31.1"	E120°07'34.1"
MW	茅家埠匮乏区	N30°14'31.5"	E120°07'26.7"
WY	乌龟潭恢复区	N30°14'01.5"	E120°07'46.0"
WW	乌龟潭匮乏区	N30°14'06.6"	E120°07'43.2"
YY	浴鹄湾恢复区	N30°13'42.5"	E120°07'57.6"
YW	浴鹄湾匮乏区	N30°13'42.5"	E120°07'55.3"
NY	小南湖匮乏区	N30°14'01.3"	E120°08'16.2"
NW	小南湖匮乏区	N30°13'55.7"	E120°08'18.0"
XL	西里湖	N30°14'45.5"	E120°07'52.8"
BL	北里湖	N30°15'31.9"	E120°08'23.8"
HC	西湖湖心	N30°14'37.7"	E120°08'23.8"
HW	西湖湖湾	N30°14'08.3"	E120°08'53.8"
YH	岳湖	N30°15'09.3"	E120°07'46.0"

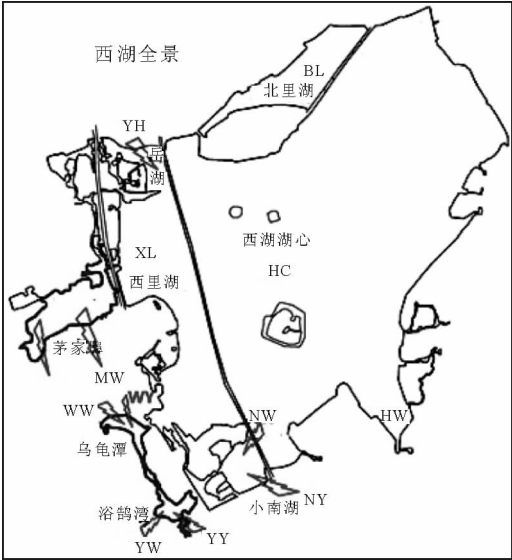


图 1 杭州西湖采样位点
Fig.1 Location of sampling sites in West Lake, Hangzhou

2 结果

2.1 表层沉积物中 WSOC 含量的季节变化

西湖表层沉积物中 WSOC 含量季节总体趋势为:春季(437.5 mg/kg) > 冬季(436.6 mg/kg) > 夏季(405.0 mg/kg) > 秋季(269.4 mg/kg)。表层沉积物中 WSOC 含量季节变化差异性极显著(图 2; $P=0.000424 < 0.01$),秋季的 WSOC 均显著性低于其它各个季节,但是不同湖区的 WSOC 含量的季节性变化趋势不完全一致,茅家埠、乌龟潭、小南湖、西里湖、岳湖冬春季较高,浴鹄湾、北里湖春夏季节较高,西湖湖心区和西湖湖湾区春季最高冬季最低。

2.2 沉水植被恢复湖区表层沉积物 WSOC 含量

茅家埠、乌龟潭和浴鹄湾的一些区域进行了沉水植物恢复,采样点沉水植被盖度和种类如表 2 所示。对比西湖植被恢复区和匮乏区表层沉积物

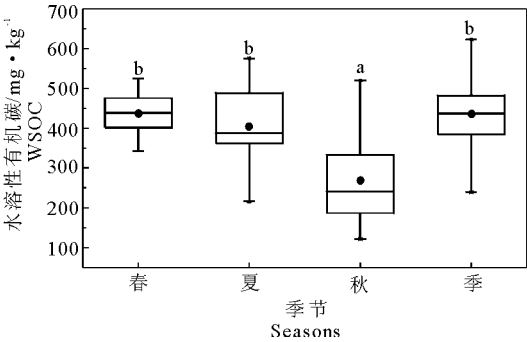


图 2 杭州西湖不同季节表层沉积物中水溶性有机碳含量
Fig.2 WSOC contents of surface sediment in different seasons of West Lake

WSOC 含量(图 3),恢复区平均值为 388.5 mg/kg,匮乏区平均值为 304.6 mg/kg,差异性并不显著($P=0.112 > 0.05$)。恢复区的沉水植被季节性分布不均匀,且恢复区的总盖度和分盖度均高于匮乏

区,具体表现为春夏季节的总盖度和分盖度较高,秋季最小,几乎无沉水植被的覆盖。匮乏区的茅家埠秋季有少量沉水植被分布,乌龟潭冬春季节有少量分布,浴鹄湾春夏季有少量分布。

2.3 西进区域与大湖区域表层沉积物 WSOC 变化

西湖西进区域与大湖区的表层沉积物水溶性有机碳含量如图 4。大湖区域包括西里湖、北里湖、岳湖、西湖湖心区、西湖湖湾区;西进区域包括茅家埠、乌龟潭、浴鹄湾。大湖区域表层沉积物中 WSOC 平均值为 432.3 mg/kg,西进区域的平均值为

346.6 mg/kg,该区域表层沉积物 WSOC 含量显著低于大湖区域($P=0.039<0.05$)。

2.4 表层沉积物中 WSOC 含量与生态因子的关系

表层沉积物中水溶性有机碳与主要生态因子之间的相关性分析表明,WSOC 含量变化与季节呈显著的相关性,但与沉积物温度、水深、pH、氧化还原电位、水体溶解氧、水温相关性均不显著(表 3)。进一步相关性分析表明,季节与水温 and 沉积物温度呈极显著正相关,这说明季节的变化主要通过影响水体和沉积物温度,进而影响 WSOC 的含量。

表 2 沉水植被盖度及种类分布

采样点	春季		夏季		秋季		冬季	
	总盖度	分盖度	总盖度	分盖度	总盖度	分盖度	总盖度	分盖度
茅家埠恢复区	30%	狐尾藻 30%	10%	狐尾藻 3%, 金鱼藻 8%	0	0	2%	金鱼藻 2%
茅家埠匮乏区	0	0	0	0	10%	狐尾藻 10%	0	0
乌龟潭恢复区	30%	狐尾藻 30%	35%	金鱼藻 30% 狐尾藻 10%	0	0	70%	狐尾藻 70%
乌龟潭匮乏区	25%	狐尾藻 25%	0	0	0	0	5%	狐尾藻 5%
浴鹄湾恢复区	40%	菹草 30% 金鱼藻 5%	50%	苦草 30%, 狐尾藻 12% 菹草 22%, 金鱼藻 18%	0	0	30%	狐尾藻 30%
浴鹄湾匮乏区	5%	狐尾藻 5%	20%	苦草 3%, 狐尾藻 15% 菹草 2%, 金鱼藻 10%	0	0	0	0

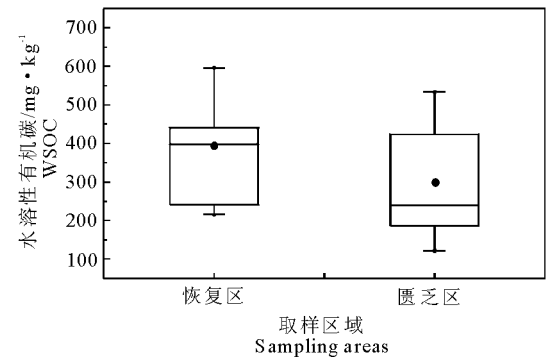


图 3 杭州西湖沉水植被恢复区表层沉积物中水溶性有机碳含量

Fig. 3 WSOC contents of surface sediment in submerged vegetation restoration areas of West Lake

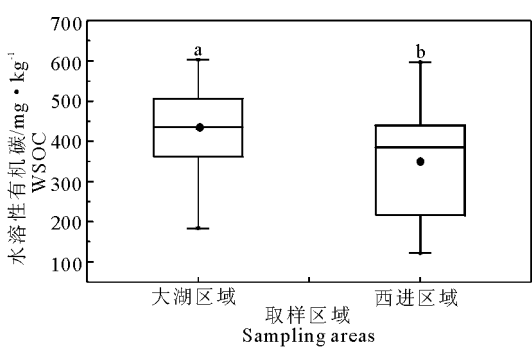


图 4 西进区域与大湖区域的表层沉积物水溶性有机碳含量

Fig. 4 WSOC contents of surface sediment in western West Lake and outer West Lake

表 3 表层沉积物中水溶性有机碳与主要生态因子的相关关系

生态因子	沉积物温度	水深	沉积物 pH	水体溶解氧	沉积物 ORP	水温	季节
WSOC	-0.189	0.087	0.033	-0.01	-0.19	-0.251	-0.452 **
季节	0.747 **	0.053	0.14	-0.088	-	0.815 **	1

注: * $P<0.05$, ** $P<0.01$

3 讨论

3.1 表层沉积物中 WSOC 含量季节性差异的原因

西湖表层沉积物中 WSOC 含量季节总体趋势为:春季>冬季>夏季>秋季。主要原因可能是冬

季微生物活动减弱,WSOC 矿化作用减弱,因此减少了其的消耗量;同时,冬季沉积物中沉水植物的枯枝落叶的积累,微生物分解不彻底,也增加了 WSOC 的积累 (Zhang et al, 2005; Iqbal et al, 2010)。Schimel & Clein (1996) 研究发现,冬季死亡的微生

物残体能释放出大量的 WSOC,夏季适宜的水热条件和理化环境使得沉水植物生长迅速,快速吸收营养物质,减少 WSOC 的积累,同时微生物活动加强,增加了微生物对 WSOC 的消耗。因此,夏季 WSOC 含量较低;然而,经过了夏季的 WSOC 的消耗,使到了秋季积累的量较少,因此秋季含量最少。所有湖区之中,茅家埠、乌龟潭、小南湖、西里湖和岳湖湖区的 WSOC 均表现出冬春季节显著高于夏秋季节的特点($P=0.000183 < 0.01$),而小南湖正好与之相反,这可能是因为此点生长的狐尾藻在夏末秋初正处于其生长期,为沉积物中的微生物提供了足够的易分解的新鲜有机质,同时微生物活性和狐尾藻的新陈代谢速率增强,凋落物分解加快,根系分泌物也增多;另一方面可能是引水工程带来的沉积物中的有机质降解不完全而得到积累。本研究中,各个湖区的 WSOC 的季节动态变化趋势并不是完全一致,冬季、夏季、春季都有可能是 WSOC 含量最高季节,这与 Evans 等(1996)的研究结果一致。

3.2 植被恢复区与匮乏区 WSOC 含量差异的原因

沉积物中 WSOC 主要来源于腐殖化的有机质、枯枝落叶、根系分泌物和微生物(Cook et al,1992;李淑芬等,2003)。沉水植被恢复区既是 WSOC 的碳源,又是 WSOC 的碳汇,区域中枯枝落叶、根系分泌物的积累导致 WSOC 含量增加,其中的微生物能够利用 WSOC 进行新陈代谢,导致其含量降低。WSOC 与总有机碳常又处于动态平衡之中,可以在一定条件下相互转化(陶澍等,1996;Hagedorn et al,2000);因而总有机碳含量高的沉积物中 WSOC 含量也常常较高。茅家埠、乌龟潭和浴鹄湾 3 个湖区沉水植物恢复区四季的 WSOC 均高于未恢复区域,但差异不显著,主要是由于其他区域种植水草扩繁,致使恢复区与匮乏区不能完全分开。

3.3 西湖西进区与大湖区 WSOC 差异的原因

西湖西进区域 WSOC 含量为 121.7 ~ 596.8 mg/kg,平均值为 346.6 mg/kg;大湖对照区 WSOC 含量为 183.5 ~ 602.7 mg/kg,平均值为 432.3 mg/kg,均高于富营养化的鄱阳湖表层沉积物 WSOC 含量(66.4 ~ 321.9 mg/kg,平均值为 192.9 mg/kg)和巢湖 WSOC 含量(100.8 ~ 253.9 mg/kg,平均值 170.1 mg/kg)(孟妍,2011);说明西湖大湖底质属于有机质含量特别高的湖沼相沉积。西进区域与大湖差异显著,一方面可能是由于西进区域与大湖区沉积物有机碳内源负荷本底差异所致;另一方面可能是由于近年来对西湖西进区

域实施引水工程、沉水植被恢复等措施,降低了该区域沉积物中的有机质。

3.4 表层沉积物 WSOC 含量与生态因子的关系

在沉积物 WSOC 的累积过程中,环境因子一方面影响输入沉积物的有机碳量;另一方面,影响沉积物中微生物对有机碳的分解和转化(Davidson et al,2000)。温度升高既能增加 WSOC 的积累,又能促进 WSOC 的分解(Oni et al,2013)。温度主要通过影响沉积物中微生物活性影响 WSOC 的含量;温度升高,微生物活性增加,WSOC 水平增加;但另一方面,随着温度的升高,沉积物中微生物活性加强,而直接作为沉积物中微生物碳源的 WSOC 被大量消耗,同时矿化作用加强,其产生量小于消耗量,沉积物中表层 WSOC 的移动状况受温度影响较大,温度的空间分异和 WSOC 的组分不同直接影响其运动(Hishia et al,2004;Chen et al,2005)。然而,本研究并未发现 WSOC 与除季节以外的(包括温度在内)其他环境因子具有相关性,却发现沉水植被恢复的生态修复措施对 WSOC 含量的降低影响显著。沉水植物对沉积物污染物超标有一定修复效果,有机质经过沉水植物根部的吸收而明显下降;同时沉积物中氮、磷释放量也会随沉水植物生物量增加而减少,其中沉积物总氮含量减少 16.1% ~ 21.3%,总磷减少 32.3% ~ 42.7%(霍姮翠,2011);沉水植物恢复措施能够修复水体、净化水质、降低湖区的富营养状态(Zhang et al,2010;郝贝贝等,2013;霍张丽等,2014)。

4 结论

西湖表层沉积物 WSOC 与季节显著相关,但与沉积物温度、pH、氧化还原电位以及水深、水体溶解氧等其他环境因子相关性均不显著。不同湖区的表层沉积物中,WSOC 含量均呈现显著的季节性变化,秋季含量显著低于另外三季,但不同湖区变化趋势并不一致,不同湖区 WSOC 含量的峰值出现的季节也不同,同一季节不同湖区的表层沉积物中 WSOC 含量不同,西湖西进区域茅家埠、乌龟潭和浴鹄湾沉水植物恢复区表层沉积物中 WSOC 含量均高于沉水植物匮乏区,但差异并不显著,可能是由于水流和人工作用使得恢复区与匮乏区没有严格的界限。然而开展沉水植被恢复措施的西湖西进区域却显著低于没有恢复的大湖区域,表明沉水植被恢复可以通过减少湖泊沉积物中 WSOC 含量而消减内源,加速水体富营养化治理进程。

志谢:感谢中国科学院水生生物研究所驻西湖工作站的闵奋力、张玥、谭谈、张垚磊、孙健同学在采样中给予的帮助;感谢净化与恢复生态学学科组老师和同学在实验和文章撰写方面给予的帮助。

参考文献

- 邓开宇, 吴芝瑛, 张国亮, 等. 2009. 从叶绿素 a 的变化浅析西湖综合保护工程效益 (1998 - 2007 年) [J]. 湖泊科学, 2 (4): 518 - 522.
- 郝贝贝, 吴昊平, 史俏, 等. 2013. 云南高原 10 个湖泊沉水植物的碳、氮、磷化学计量学特征 [J]. 湖泊科学, 25 (4): 539 - 544.
- 霍炬翠. 2011. 沉水植物在湿地底泥修复中的效应研究 [D]. 上海: 上海海洋大学.
- 霍张丽, 朱广龙, 张江汀, 等. 2014. 模拟人工湿地植物对富营养化水体的修复研究 [J]. 水土保持研究, (5): 267 - 271.
- 李淑芬, 俞元春, 何晟. 2002. 土壤溶解有机碳的研究进展 [J]. 土壤与环境, 11 (4): 422 - 429.
- 李淑芬, 俞元春, 何晟. 2003. 南方森林土壤溶解有机碳与土壤因子的关系 [J]. 浙江林学院学报, 20 (2): 119 - 123.
- 李震宇, 朱荫涓. 1999. 西湖沉积物有机质特征 [J]. 环境化学, 1 (2): 122 - 126.
- 刘静静, 董春颖, 宋英琦, 等. 2012. 杭州西湖北里湖沉积物氮磷内源静态释放的季节变化及通量估算 [J]. 生态学学报, 32 (24): 7932 - 7939.
- 毛成贵, 余雪芳, 邵晓阳. 2010. 杭州西湖总氮、总磷周年变化与水体富营养化研究 [J]. 水生态学杂志, 3 (4): 1 - 6.
- 孟妍. 2011. 湖泊沉积物溶解性有机质特征变化研究 [D]. 西安: 西安工程大学.
- 陶澍, 曹军. 1996. 山地土壤表层水溶性有机物淋溶动力学模拟研究 [J]. 中国环境科学, 16 (4): 410 - 414.
- 王美丽, 李军, 朱兆洲, 等. 2010. 土壤溶解性有机质的研究进展 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 29 (3): 304 - 311.
- 吴根福, 吴雪昌, 金承涛, 等. 1998. 杭州西湖底泥释磷的初步研究 [J]. 中国环境科学, 18 (2): 107 - 110.
- 奚旦立, 孙裕生, 刘秀英. 1996. 环境监测 [M]. 北京: 高等教育出版社.
- 许中坚, 刘广深, 刘维屏. 2003. 土壤中溶解性有机质的环境特性与行为 [J]. 环境化学, 22 (5): 427 - 433.
- 赵劲松, 张旭东, 袁星, 等. 2003. 土壤溶解性有机质的特性与环境意义 [J]. 应用生态学报, 14 (1): 126 - 130.
- 朱广伟, 陈英旭. 2001. 沉积物中有机质的环境行为研究进展 [J]. 湖泊科学, 13 (3): 272 - 279.
- Chen T H, Chiu C Y, Tian G L. 2005. Seasonal dynamics of soil microbial biomass in coastal sand dune forest [J]. Pedobiologia, 49 (6): 645 - 653.
- Cook B D, Allan D L. 1992. Dissolved organic carbon in old field soils: compositional changes during the biodegradation of soil organic matter [J]. Soil Biology and Biochemistry, 24 (6): 595 - 600.
- Davidson E A, Trumbore S E, Amundson R. 2000. Soil warming and organic carbon content [J]. Nature, 408: 789 - 790.
- Deng H G, Chen Z L, Zhang X Z. 2004. Development and research on phosphorus in sediment [J]. Guangzhou Environmental Sciences, 19 (1): 8 - 10.
- Evansa C D, Daviesa T D, Wigington P J, et al. 1996. Use of factor analysis to investigate processes controlling the chemical composition of four streams in the Adirondack Mountains, New York [J]. Journal of Hydrology, 185 (1): 297 - 316.
- Hagedorn F, Kaiser K, Feyen H, et al. 2000. Effects of redox conditions and flow processes on the mobility of dissolved organic carbon and nitrogen in a forest soil [J]. Journal of Environmental Quality, 29 (1): 288 - 297.
- Hishi T, Hirobe M, Tateno R, et al. 2004. Spatial and temporal patterns of water-extractable organic carbon (WEOC) of surface mineral soil in a cool temperate forest ecosystem [J]. Soil Biology and Biochemistry, 36 (11): 1731 - 1737.
- Iqbal J, Hu R G, Feng M L, et al. 2010. Microbial biomass, and dissolved organic carbon and nitrogen strongly affect soil respiration in different land use: a case study at Three Gorges Reservoir Area, South China [J]. Agriculture Ecosystems and Environment, 137 (3/4): 294 - 307.
- Schimel J P, Clein J S. 1996. Microbial response to freeze-thaw cycles in tundra and taiga soils [J]. Soil Biology and Biochemistry, 28 (8): 1061 - 1066.
- Zhang J S, Guo J F, Chen G S, et al. 2005. Concentrations and seasonal dynamics of dissolved organic carbon in forest floors of two plantations (*Castanopsis kawakamii* and *Cunninghamia lanceolata*) in subtropical China [J]. Journal of Forestry Research, 16 (3): 205 - 208.
- Zhang S, Liu A, Ma J, et al. 2010. Changes in physicochemical and biological factors during regime shifts in a restoration demonstration of macrophytes in a small hypereutrophic Chinese lake [J]. Ecological Engineering, 36 (12): 1611 - 1619.

Spatial and Temporal Variations of Water-soluble Organic Carbon in Surface Sediments of West Lake, Hangzhou

WANG Yan-yun^{1,2}, WANG Chuan^{1,2}, XU Si^{1,3}, ZHANG Dan^{1,2}, ZENG Lei^{1,2},
HE Feng¹, ZHOU Qiao-hong¹, WU Zhen-bin¹

- (1. State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Institute of Hydrobiology,
Chinese Academy of Science, Wuhan 430072, P. R. China;
2. Science Academy of China, Beijing 100049, P. R. China;
3. School of Resource & Environmental Engineering, Wuhan University of
Technology, Wuhan 430070, P. R. China)

Abstract: Water-soluble organic carbon (WSOC) is the critical component of organic carbon in lake sediments, and plays an important role in lake ecology. Research has shown that an increase of WSOC in sediments and lakes has a significant effect on water quality. Hangzhou's West Lake is world famous, but also suffers from eutrophication. In this study, water-soluble organic carbon (WSOC) concentrations in surface sediments were investigated in different areas of West Lake over an entire year and the aim of the study is to understand the WSOC levels in different areas of the lake, explore factors accounting for the dynamic variation of WSOC and supply basic data to support remediation of West Lake. A total of 13 sampling sites were selected: 6 sampling sites in the western section (Maojiabu (MY, MW), Wuguitan (WY, WW), Yuguwan (YY, YW)); 2 sampling sites at Xiaonan Lake (NY, NW); 1 site each in the open waters of Xili Lake (XL), Beili Lake (BL) and West Lake (HC), 1 site in a bay of West Lake (HW) and 1 site at the Yuehu Lake (YH). Surface sediment samples (0–10) cm were taken in December (winter) of 2013, April (spring), June (summer) and October (autumn) of 2014. The improved method of Xi Danli was used to analyze WSOC concentrations in the sediments with a total organic carbon (TOC) analyzer. Results are as follows: The mean concentration of WSOC in surface sediments was 387.1 mg/kg with significant differences among the seasons; Average concentrations for Spring, Winter, Summer and Autumn were, respectively, 437.5 mg/kg, 436.6 mg/kg, 405.0 mg/kg, 269.4 mg/kg, displaying much lower levels in autumn; Spatial variation occurred during each season. The average WSOC concentration (388.5 mg/kg) in submerged macrophyte restoration areas (MY, WY, YY) was higher than in areas (MW, WW, YW) without submerged macrophytes (304.6 mg/kg), but the difference was not significant. This is likely because there are no strict boundaries between vegetated and non-vegetated areas to influence water flow. However, the average value (346.6 mg/kg) of WSOC in the western area of West Lake, where macrophyte restoration was carried out, was significantly lower than other areas (432.3 mg/kg), indicating that submerged vegetation restoration reduces WSOC content in surface sediments.

Key words: West Lake; surface sediments; water-soluble organic carbon; seasonal dynamics