

文章编号:1001-7380(2019)02-0010-03

# 苏州湿地水体透明度的动态变化及其 与悬浮颗粒物的关系

李欣<sup>1,2</sup>,周婷婷<sup>1,2</sup>,张影宏<sup>1</sup>,范竟成<sup>1</sup>,张铭连<sup>1,2</sup>,朱铮宇<sup>1</sup>,冯育青<sup>1,2\*</sup>

(1. 苏州市湿地保护管理站,江苏 苏州 215200; 2. 江苏太湖湿地生态系统国家定位观测研究站,江苏 苏州 215200)

**摘要:**为揭示苏州湿地水体透明度的动态变化规律及悬浮颗粒物对透明度的影响,2018年对苏州太湖水域及中小湖荡水域进行现场透明度调查和实验室颗粒物厘定,分析了苏州湿地水体透明度的时空分布特征、变化规律,探讨了透明度与悬浮颗粒物的相互关系。结果表明:从空间分布上,东南部中小湖荡水域透明度高于西南部太湖水域透明度;从时间分布上,太湖水域透明度秋季较高,中小湖荡水域透明度冬季较高;从颗粒物影响上,太湖水域中,太湖三山岛湿地、太湖贡山岛湿地透明度较低,主要受悬浮颗粒物中无机颗粒物的影响,中小湖荡水域透明度普遍较高,悬浮颗粒物含量较低,主要成分为有机颗粒物。太湖水域悬浮颗粒物含量是中小湖荡水域的2.3倍。

**关键词:**水体透明度;悬浮颗粒物;有机颗粒物;无机颗粒物;湿地;苏州

**中图分类号:**X832

**文献标志码:**A

**doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2019.02.003

透明度是指水体能使光线透过的程度,表示水体的清澈情况,是反映湿地水体生态系统健康状况中最明显和最直观的指标,它直接影响水下光场分布,进而影响水体的初级生产力和水生生物的生存,影响其他水质监测指标<sup>[1]</sup>。湖泊湿地透明度变化的主要影响因素是悬浮颗粒物,其来源为无机颗粒物(沙石、粘土)、有机颗粒物(藻类)。水体中的无机颗粒物会增加对光辐射的衰减,从而降低水体透明度,有机颗粒物对光具有吸收和散射作用,从而影响水体透明度<sup>[2-4]</sup>。

苏州自然湿地资源丰富,按照空间布局分为西南部太湖湿地、东南部湖泊密集的湖荡湿地。本研究通过全年的现场调查及实验室分析,研究了苏州湿地水体透明度的时空变化及悬浮颗粒物对透明度的影响,探求了湿地水体透明度下降的主导因子及其有效应对措施,以期对湖泊湿地健康生态系统的恢复提供理论依据和技术支撑。

## 1 材料和方法

### 1.1 采样时间及采样点设置

在太湖水域布置5个观测地,在中小湖荡水域布置9个观测地,位置见图1。每个观测地根据湿

地面积、进水口、出水口、水系交叉及不同人为干扰程度设置5—8个采水点,共94个采水点,分别于2018年1月(冬季)、2018年4月(春季)、2018年7月(夏季)和2018年10月(秋季)晴朗无风天气,进行水样采集及测定,对现场情况进行记录,并用GPS定位。

### 1.2 样品采集及测定方法

水体透明度测定采用赛克盘,采集水样用容积2 L的有机玻璃采水器,水样为表层及0.5 m深处的混合水样,不同采水点的采样深度均一致,水样带回实验室用0.45 μm的GF/F微孔滤膜过滤,采用烘干恒重法<sup>[5]</sup>测定悬浮颗粒物,马弗炉灼烧法<sup>[5]</sup>测定有机颗粒物含量。水样置于2—8℃保温箱中保存,并在12 h内进行分析测试。

### 1.3 数据分析

水体透明度、悬浮颗粒物分析以3次平行样品结果的平均值表示,数据的分析处理使用Excel软件。

## 2 结果与讨论

### 2.1 苏州太湖水域水质现状与分析

太湖水域选取5个观测地,包括东山东太湖湿

收稿日期:2019-03-19;修回日期:2019-03-31

基金项目:江苏省林业科技创新与推广项目“基于透明的的湿地水质快速诊断方法集成与示范”[LYKJ(2017)10]

作者简介:李欣(1982—),女,黑龙江人,副研究员,硕士。主要从事湿地恢复研究。E-mail:lixin3736886@163.com。

\*通信作者:冯育青(1970—),男,江苏苏州人,研究员级高级工程师,博士。主要从事湿地恢复研究。E-mail:75710962@qq.com。

地、太湖三山岛湿地、太湖湖滨湿地、太湖贡山岛湿地、太湖绿洲湿地。

4个季节,太湖水域水体的透明度在27.0—100.0 cm之间变化,均值为62.0 cm,透明度最大值出现在东山东太湖湿地,最小值出现在太湖三山岛湿地。整体看,太湖三山岛湿地和太湖贡山岛湿地的水体透明度低于平均水平,仅27.0—54.0 cm;太湖湖滨湿地、东山东太湖湿地、太湖绿洲湿地透明度高于平均水平(见图2)。

太湖水域水体悬浮颗粒物含量与透明度具有相反的变化趋势。悬浮颗粒物含量最大值出现在太湖三山岛湿地,最小值出现在太湖绿洲湿地。整体看,太湖三山岛湿地和太湖贡山岛湿地悬浮颗粒物含量总体高于平均水平,在17.25—67.33 mg/L间变化。东山东太湖湿地、太湖绿洲湿地悬浮颗粒物含量相差不大,且主要成分为有机颗粒物(见图3,4)。

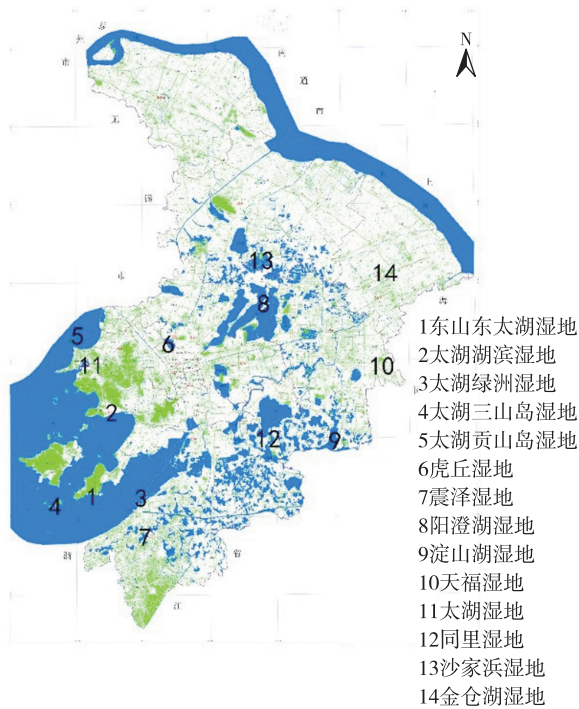


图1 苏州市湖泊和湖荡湿地观测地分布

## 2.2 苏州中小湖荡水域水质现状与分析

中小湖荡水域选取9个观测地,包括虎丘湿地、震泽湿地、阳澄湖湿地、淀山湖湿地、天福湿地、太湖湿地、同里湿地、沙家浜湿地、金仓湖湿地。

4个季节,中小湖荡水域水体的透明度在36.0—121.0 cm之间变化,均值为73.0 cm,透明度最大值出现在虎丘湿地和震泽湿地,为120.0 cm;最

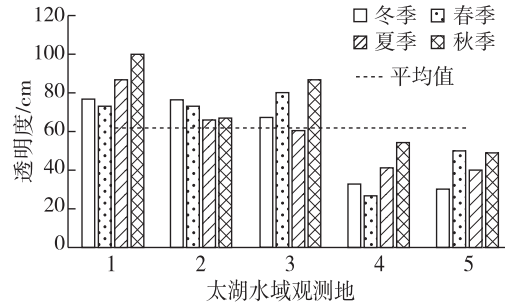


图2 太湖水域不同季节水体透明度变化

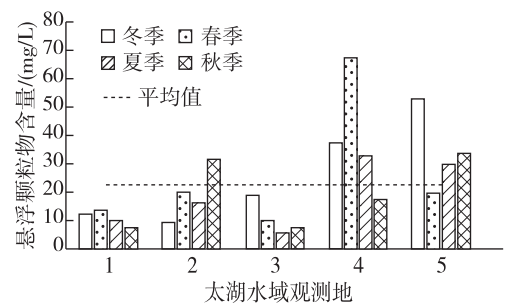


图3 太湖水域不同季节水体悬浮颗粒物含量

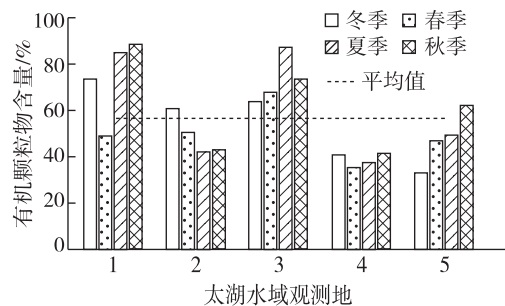


图4 太湖水域不同季度水体有机颗粒物百分比

小值出现在金仓湖湿地,仅为36.0 cm。整体看,虎丘湿地的透明度最高,震泽湿地次之。太湖湿地、同里湿地、沙家浜湿地透明度相差不大(见图5),金仓湖湿地透明度最低。

中小湖荡水体悬浮颗粒物含量与透明度具有相反的变化趋势。悬浮颗粒物含量最大值出现在同里湿地,为27.19 mg/L;最小值出现在虎丘湿地,为5.02 mg/L。整体看,虎丘湿地、震泽湿地和天福湿地悬浮颗粒物含量总体低于平均水平。阳澄湖湿地和淀山湖湿地悬浮颗粒物含量波动较大,且夏季含量达到最大值。同里湿地有机颗粒物(主要成分为藻类)占比较低,无机颗粒物(主要成分为泥沙)占比较高(见图6,7)。

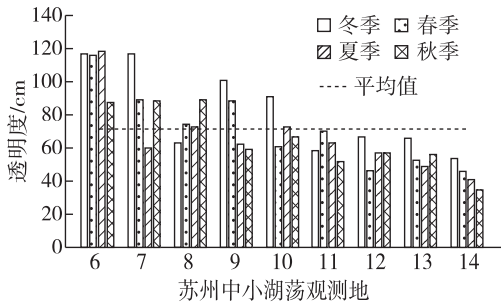


图 5 中小湖荡不同季度水体透明度变化

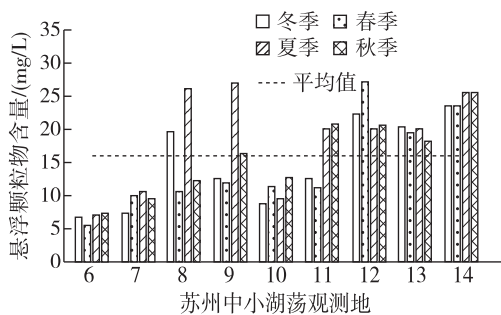


图 6 中小湖荡不同季度水体悬浮颗粒物含量

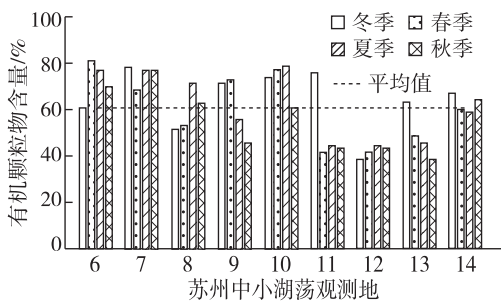


图 7 中小湖荡不同季度水体有机颗粒物百分比

### 3 结论与讨论

水体透明度作为水质评价的重要指标,在苏州不同区域具有差异,但也存在一定的规律。苏州湿地水体透明度年变化范围在27.0—121.0 cm之间,平均值为67.5 cm,总体上呈东南部中小湖荡湿地大于西南太湖湿地的趋势。春、夏、秋、冬四季太湖的透明度分别为60.7、58.8、71.4、56.7 cm,秋季透明度最高,冬季最低;中小湖荡四季的透明度分别为72.9、67.4、66.8、83.2 cm,冬季透明度最高,秋季透明度最低。太湖水域中太湖三山岛湿地、太湖贡山岛湿地透明度受悬浮颗粒物影响较大,主要成分为无机颗粒物;中小湖荡水域悬浮颗粒物含量整体较低,且主要成分均为有机颗粒物。

湖泊透明度大小随湖水中悬浮颗粒物对入射光的衰减和散射的差异而变化,悬浮颗粒物的成分和含量极大地影响着湖水的透明度变化<sup>[6]</sup>。水体总悬浮颗粒物主要由无机泥沙、浮游藻类及浮游动物死亡产生的有机碎屑组成<sup>[7]</sup>。太湖水域风浪较大,且水深较浅,一方面,风力的扰动导致湖面反射率增大透入光强减弱,另一方面导致水面的紊动强度增加,底泥受到水动力扰动而发生再悬浮,无机泥沙的悬浮是导致太湖透明度降低的主要影响因素。悬浮泥沙对光辐射的衰减影响极大,并且影响全年都存在<sup>[8]</sup>。中小湖荡水体受风浪扰动小,主要受有机颗粒物(浮游藻类)的影响,浮游藻类对光具有吸收和散射作用,但只在其生长季节表现较为明显。太湖水体中,沉水植物退化,大量残体沉积,水深较浅,易受水体扰动的影响<sup>[9]</sup>;与太湖水体相比,中小湖荡水体分布有水生植物,水生植物对水体起着过滤、净化、抑制底泥上浮、吸收水体氮磷营养盐和抑制藻类生长的作用<sup>[10-11]</sup>。

通过现场调查发现,太湖水域中,东太湖湿地、太湖湖滨、太湖绿洲湿地通过近5 a生态复层围堰及退鱼环湖等措施,透明度明显提升,沉水植物得到了恢复,悬浮颗粒物含量明显降低。中小湖荡水域中,虎丘湿地和震泽湿地属于封闭水面,水生植被丰富,受到外界干扰程度小,悬浮颗粒物的含量低。天福湿地采用人工生态界面,对河岸有护坡作用及对河道颗粒物具有沉淀作用,减少悬浮颗粒物的含量。

综上所述,要改善水质、提高苏州湿地水体的透明度,可从悬浮颗粒物的控制入手,主要包括减少无机悬浮颗粒物和有机颗粒物2个方面,可采用生态复层围堰、人工生态界面、降低游船扰动的方式,减少泥沙的再悬浮,采用恢复与重建水生植被的方式,抑制浮游藻类生长,从而提高水体透明度。

#### 参考文献:

- [1] NAUMENKO M A. Seasonality and trends in the Secchi disk transparency of Lake Ladoga[J]. Hydrobiologia, 2008, 599: 59-65.
- [2] WANG H, PANG Y, DING L, et al. Numerical simulations of the transparency of waterfront bodies[J]. Tsinghua Science & Technology, 2008, 13(5): 720-729.
- [3] 张运林, 秦伯强, 陈伟民, 等. 太湖水体透明度分布、变化及相关分析[J]. 海洋湖沼通报, 2003, 96(2): 30-36.
- [4] 杨顶田, 陈伟民, 曹文熙. 太湖梅梁湾水体透明度的影响因素分析[J]. 上海环境科学, 2003(S1): 34-38.

(下转第 37 页)

- [2] 贺 蕤,杨 希,刘青林.月季育种的国内现状和国际趋势[J]. 中国园林,2017,12:35-41.
- [3] 刘忠权,洪智强.微型月季及其研究进展[J]. 黑龙江农业科学,2016(1):170-172.
- [4] 闰永庆,袁晶波,王秀娟,等.盆栽月季栽培与养护[J]. 中国林副特产,2001(2):28.
- [5] ZIESLIN N, TSUJITA M J. Response of miniature rose to supplementary illumination 1. Light intensity [J]. Scientia Horticulturae 1990a, 42(1-2):113-122.
- [6] CARPENTER W J, ANDERSON G A. High intensity supplementary lighting increases yields of greenhouse roses[J]. American Society for Horticultural Science, 1972, 97: 331-334.
- [7] MORTENSEN L M. Effects of temperature, light and CO<sub>2</sub> level on growth and flowering of miniature roses[J]. Norwegian Journal of Agricultural Sciences, 1991, 5(3): 295-300.
- [8] 李合生.植物生理生化实验原理与技术[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [9] SCHIPPERS P, KROPFF M J. Competition for light and nitrogen among grassland species: a simulation analysis [J]. Functional Ecology, 2001, 15(2):155-164.
- [10] 汤志敏,贾桂霞,王玉华.月季花期调控技术研究进展[J].安徽农学通报,2008,14(5):57-58.

(上接第12页)

- [5] 国家环境保护局《水和废水监测分析方法》编辑委员会.水和废水监测分析方法:四版[M].北京:中国环境科学出版社,2002.
- [6] 王书航,姜 霞,王雯雯,等.蠡湖水体透明度的时空变化及其影响因素[J].环境科学研究,2014,27(7):688-695.
- [7] 马 红,李畅游,赵胜男,等.乌梁素海透明度的时空分布及其与环境因子的关系[J].水土保持通报,2016,36(5):273-277.
- [8] 贾后磊,苏 文,黄华梅,等.海岸带和内陆水体透明度动态变化特征及其主导影响因素[J].光学学报,2018,38(3):1-13.
- [9] ZHANG L, WANG S R, WU Z H. Coupling effect of pH and dissolved oxygen in water column on nitrogen release at water-sediment interface of Erhai Lake, China [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2014, 149: 178-186.
- [10] ALMROTH-ROSELL E, EILOLA K, HORDOIR R. Transport of fresh and resuspended particulate organic material in the Baltic Sea-a model study [J]. Journal of Marine Systems, 2011, 87(1): 1-12.
- [11] 何 俊,谷孝鸿,刘国峰.东太湖水生植物及其环境的相互作用[J].湖泊科学,2008,20(6):790-795.

(上接第24页)

- [6] 王甲威,张道辉,魏海蓉,等.蓝莓嫩枝半日光间歇雾扦插育苗技术研究[J].山东农业科学,2012,44(2):44-47.
- [7] 李亚东,王金丽,曲路平,等.越桔绿枝扦插育苗技术研究[J].吉林农业大学学报,1992,14(4):34-37.
- [8] 沈素贞,吴思政,聂冬伶,等.蓝莓引种栽培及繁殖研究进展[J].湖南林业科技,2013,40(5):67-70.
- [9] 闫金玲,凌 青.不同处理方式对蓝莓绿枝扦插的影响[J].安徽农业科学,2012,40(19):10029-10030.
- [10] 孙 山,李鹏民,刘庆忠,等.高灌蓝莓光合作用对若干环境因子的响应[J].园艺学报,2007,34(1):67-70.
- [11] 詹 菁,郑日华,朱 芳.蓝莓品系及栽培繁育技术概述[J].黑龙江农业科学,2017(2):144-146.
- [12] 蒋俊明,朱维双,刘国华,等.川南毛竹林土壤肥力研究[J].浙江林学院学报,2008,25(4):486-490.
- [13] 高志勤,傅懋毅.不同毛竹林土壤水分物理性质的特征比较[J].林业科技开发,2005,19(6):12-15.
- [14] 李亚东,吴 林,张志东,等.高丛、半高丛、矮丛蓝莓和红豆蓝莓光合作用特性比较研究[J].果树科学,1998,15(1):30-33.