

湖泊水体中 HCHs 沉降通量及其与浮游植物间响应关系*

迟 杰¹, 王倩怡¹, 马永民²

(1: 天津大学环境科学与工程学院, 天津 300072)

(2: 天津市卫生疾病预防控制中心, 天津 300011)

摘 要: 于2006年跨春夏秋冬三季对一封闭的小型湖泊水体中颗粒物的沉降通量和浮游植物生物量进行了采样调查, 测定了沉降颗粒物中的 TOC 含量和六六六(HCHs)含量. 结果表明, 湖水中浮游植物在春末以及秋季密度较大, 浮游植物密度、叶绿素含量和总悬浮颗粒物浓度总体变化趋势基本一致, 说明水体总悬浮颗粒物浓度与浮游植物生物量密切相关; 春季颗粒物沉降通量较大, 且与总悬浮颗粒物浓度和叶绿素含量之间存在一定的滞后性, 夏季和秋季颗粒物沉降通量保持在一个较低水平; HCHs 的沉降通量呈现春季较大的现象, 与颗粒 TOC 沉降通量变化趋势相一致, 表明 HCHs 的沉降主要受颗粒 TOC 沉降通量的控制.

关键词: 六六六; 沉降通量; 浮游植物

Settling fluxes of HCHs and the relations to algal biomass in a eutrophic lake

CHI Jie¹, WANG Qianyi¹ & MA Yongmin²

(1: *School of Environmental Science and Technology, Tianjin University, Tianjin 300072, P.R.China*)

(2: *Tianjin Centres for Disease Control and Prevention, Tianjin 300011, P.R.China*)

Abstract: Particle settling fluxes, phytoplankton biomass and concentrations of HCHs and TOC, sampled from a small blocked lake, were monitored from spring to autumn in 2006. The results showed that biomass of phytoplankton was high at the end of spring and autumn. The same change trend was found with phytoplankton biomass, chlorophyll concentrations and suspended particulate materials, and a closely relationship found between suspended particulate materials and phytoplankton biomass. Particle settling fluxes were high in spring in which there was a lag period with suspended particulate materials and chlorophyll concentrations, and kept lower in summer and autumn. HCHs settling fluxes were high in spring which was consistent with the change trend of organic carbon settling fluxes. This indicated that HCHs settling fluxes were mainly controlled by organic carbon settling fluxes.

Keywords: HCHs; settling fluxes; phytoplankton

天然水体中许多化学物质的循环都与水体中颗粒物的产生、迁移和去除密切相关. 富营养化是一普遍存在的环境问题, 其结果会使水体中生物量大大增加, 水体有机碳大量蓄积, 其中浮游植物生物量的增加是富营养化水体最显著的特征之一. 当营养盐、水温以及光照等条件适宜时, 浮游植物就会大量繁殖, 然后聚集, 并沉降于沉积物表面, 尤其是在水华期间浮游植物快速沉降形成特有的年周期图形^[1].

水环境中疏水性有机污染物(HOCs)的迁移转化受有机碳动力学控制^[2], 由于富营养化造成的碳循环的变化可能会增大 HOCs 向底部迁移的通量, 使 HOCs 在底泥中浓度增加^[3], 成为 HOCs 的汇. 因此, 有必要弄清富营养化水体中 HOCs 由水体向底部沉降通量的变化规律. 然而有关方面的报道十分缺乏, 且有限的报道主要是集中在近海海域^[4-6], 未见关于湖泊的报道. 此外, 相关报道仅仅是有限次的采样调查结果, 尚缺乏这类物质沉降通量的连续的、季节性变化的数据.

* 国家自然科学基金项目(20677042)资助. 2007-02-07 收稿; 2007-10-15 收修改稿. 迟杰, 女, 1964 年生, 博士, 教授; E-mail: cjiechi@yahoo.com.cn.

六六六(HCHs)为一种高残留、生物富集性很强的 HOCs, 且具有内分泌激素的活性. HCHs 可以通过“蚱蜢效应”在全球范围内迁移, 因此广为人们所关注. 我国大小湖泊数量众多, 与大型湖泊相比, 小型湖泊有其独特性, 例如它的面积较小, 水较浅, 水体的自身调节性差等. 这些都会直接影响其水质变化, 进而对有机污染物的环境行为产生影响. 本文从 2006 年 3-10 月对天津市一封闭的小型富营养化湖泊(敬业湖)中水体颗粒物的沉降通量和浮游植物生物量进行了为期 7 个月的监测, 时间上涵括了春夏秋三个季节, 测定了沉降颗粒物中的 TOC 含量和 HCHs 含量, 并对水体中 HCHs 的沉降通量及其与浮游植物间响应关系进行了分析.

1 材料与方法

1.1 采样点

敬业湖为天津大学附近一小型富营养化湖泊, 湖面积约为 4.5km², 平均水深 3.2m. 该湖为藻型与草型交替的富营养化湖泊. 3-5 月沉水植物菹草生长, 菹草衰败后成为藻型水体. 采样点位于湖的中间部位.

1.2 水样的采集和水质分析

水样采用自制水样采集器, 取水下 0.5m 处的水样装入棕色试剂瓶中, 带回实验室分析.

浮游植物当场添加福尔马林固定液固定, 采用血球计数板计数. 总悬浮颗粒物(SPM)采用重量法测定^[7]. 叶绿素采用乙醇提取-分光光度法测定^[8].

1.3 沉降颗粒物的捕获

捕获器为一个内径 150mm, 柱径高比 1:3 的柱型沉积物捕获器. 捕获器底部是一个倾斜度为 45°的漏斗, 漏斗底部通过胶塞与一个 500ml 广口瓶连接, 采集的颗粒物将会通过漏斗沉降到广口瓶内. 捕获器上口用 40 目尼龙网布覆盖, 以防止 swimmer 的进入. 广口瓶内添加 2%的福尔马林防腐剂, 防止沉降颗粒物中的 HCHs 被降解. 捕获器采用锚式放置, 在水中放置 7d 后取出, 虹吸出上清液, 下层收集的颗粒物取回待用.

1.4 有机污染物的提取

取过 80 目筛的沉降颗粒物样品 50mg, 放入离心管中. 在离心管中分 3 次加入二氯甲烷: 正己烷 (1:1)5ml, 超声萃取 15min, 4000 转/min 离心 5min. 上清液合并至 100ml 具塞锥形瓶中, 合并萃取液. 将萃取液 K-D 浓缩, 吹干, 定容至 0.1ml, 气相色谱分析测定. 每个样品做三个平行样.

1.5 色谱分析条件

Agilent6890N 型气相色谱仪, μ -ECD 检测器, 大连物化所-农残分析石英毛细管柱(30m \times 0.25mm \times 0.5 μ m), 进样口温度: 250°C, 检测口温度: 300°C, N₂: 1.5ml/min, 进样量: 1 μ l, 不分流. 程序升温: 150°C(2min) \rightarrow 10°C/min \rightarrow 230°C \rightarrow 5°C/min \rightarrow 275°C(5 min). α -HCH、 β -HCH、 γ -HCH、 δ -HCH 的加标回收率分别为 48.3%、78.5%、62.6%和 103.3%.

2 结果与讨论

2.1 浮游植物生长与悬浮颗粒物间的关系

叶绿素含量通常作为描述水中浮游植物生物量的一个指标. 水中叶绿素含量和 SPM 随时间变化趋势显示(图 1), 在春季(3-5 月), 叶绿素含量呈上升趋势, 浓度从 0.017mg/L 上升到 0.044mg/L; 夏季(6-8 月)叶绿素浓度变化不大, 只除 6 月 13 日的叶绿素浓度较低(0.018mg/L), 其它时间叶绿素浓度在 0.03mg/L 左右; 秋季(9-10 月)叶绿素浓度在 10 月 4 日达到了最大值也是整个监测期间的最大值 0.058mg/L. 总体上来说, 叶绿素浓度春季呈上升趋势, 夏季变化不大, 最大值发生在秋季. 这与文献报道一致^[9].

水样中 SPM 的变化趋势与叶绿素的变化具有相关性. SPM 在 5 月 12 日和 5 月 30 日最高, 分别为 25.5mg/L 和 28.0mg/L, 这与叶绿素在这两点也达到峰值相符合(图 1). 此外, 除 8 月 9 日和 10 月 4 日两点差异较大外, 其余采样点也均有较好的一致性.

湖中除浮游植物以外还有水生植物, 对叶绿素的含量可能会有影响, 因此本文还对水样中浮游植物的密度进行了调查(图 2). 浮游植物在春末(5 月 30 日)以及秋季(9-10 月)密度较大. 由于湖中除浮游植物外, 在春季还有大量沉水植物生长, 因此抑制了浮游植物的生长. 进入 5 月后, 沉水植物开始衰败, 导致浮游植物迅速繁盛. 相应地, 叶绿素和 SPM 也随之升高并达到峰值.

对比图 1 和图 2 可以看出, 水中浮游植物密度、叶绿素和 SPM 总体变化趋势基本一致, 这说明水体 SPM 与浮游植物生物量密切相关。

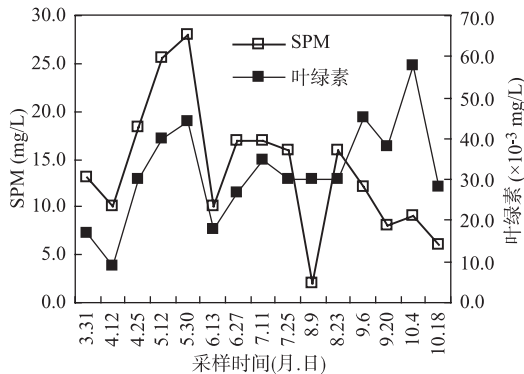


图 1 水中叶绿素与 SPM 的变化趋势

Fig.1 Concentrations of chlorophyll-a and SPM in water phase

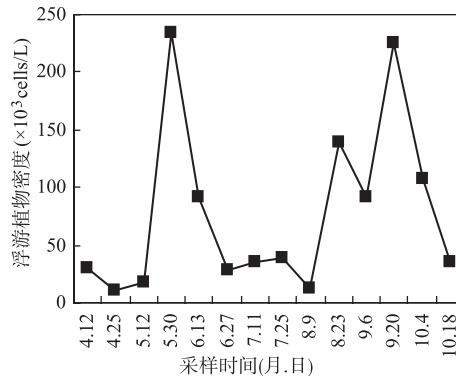


图 2 水中浮游植物总密度的变化趋势

Fig.2 Phytoplankton biomass in water phase

2.2 水体颗粒物沉降通量的变化

颗粒物沉降通量在 4-5 月份最高, 到了夏天, 逐渐减少, 并维持一个较低水平. 6 月 13 日后颗粒物沉降通量与颗粒 TOC 沉降通量的变化趋势相当吻合. 而 6 月 13 日前颗粒 TOC 沉降通量偏低的原因可能是由于在此之前捕获器中没有加入防腐剂, 致使采集过程中部分有机质被降解, TOC 含量下降(图 3).

对比颗粒物沉降通量与 SPM 和叶绿素的变化趋势可以发现, 在春季, 与 SPM 以及叶绿素相比, 颗粒物沉降通量的变化存在一定的滞后性, 如 SPM 和叶绿素在 5 月 30 日达到峰值, 而颗粒物沉降通量的峰值到 6 月 13 日才到达. 这是因为浮游植物衰落、沉降的过程相对于浮游植物的生长具有一定滞后性. 当浮游植物生长、衰落, 成为颗粒有机质, 并成为沉降颗粒物时, 这之间存在一定的时间差^[10]. 与春季相比, 虽然 SPM 和叶绿素含量在夏季降低并不十分显著, 且叶绿素含量在秋季较高, 但是颗粒物沉降通量在夏季和秋季一直保持在较低的水平. 这可能是由于春季(4-5 月)沉水植物大量生长, 沉水植物可以通过减少水体的扰动而使颗粒物沉降通量增大^[11].

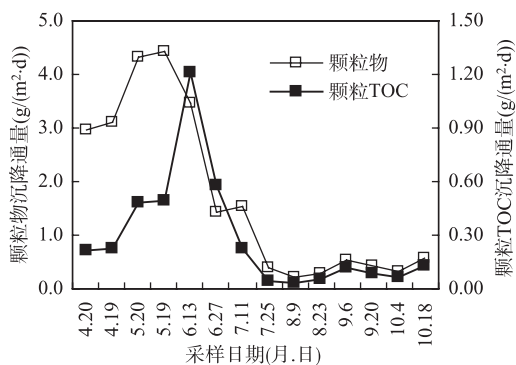


图 3 颗粒物沉降通量以及颗粒 TOC 沉降通量的变化趋势

Fig.3 Particle settling fluxes and organic carbon settling fluxes

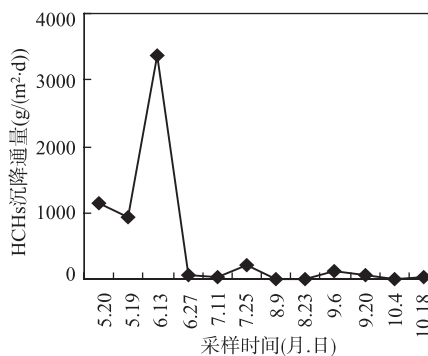


图 4 水体中 HCHs 的沉降通量

Fig.4 HCHs setting fluxes in water phase

2.3 水体中 HCHs 的沉降通量

水体中 HCHs 的沉降通量随时间变化趋势(图 4). 对比图 3 和图 4 可以发现, 水中 HCHs 沉降通量与颗粒 TOC 沉降通量变化趋势的一致性要好于颗粒物沉降通量. 水中 HCHs 沉降通量与颗粒 TOC 沉降通量都是 5-6 月数值较高, 且在 6 月 13 日达到最大值.

对水中 HCHs 沉降通量与颗粒 TOC 沉降通量和颗粒物沉降通量进行相关性分析(图 5), 相关系数分别为 0.8156 和 0.4775, 说明 HCHs 的沉降主要受颗粒 TOC 沉降通量的控制. 这是由于 HCHs 具有较高的辛醇/水分配系数, 倾向于吸附在有机质中. Maria 等人在斯德哥尔摩中心以东的湖泊中对 DDT 和 PCBs 的研究也发现了同样的现象^[12].

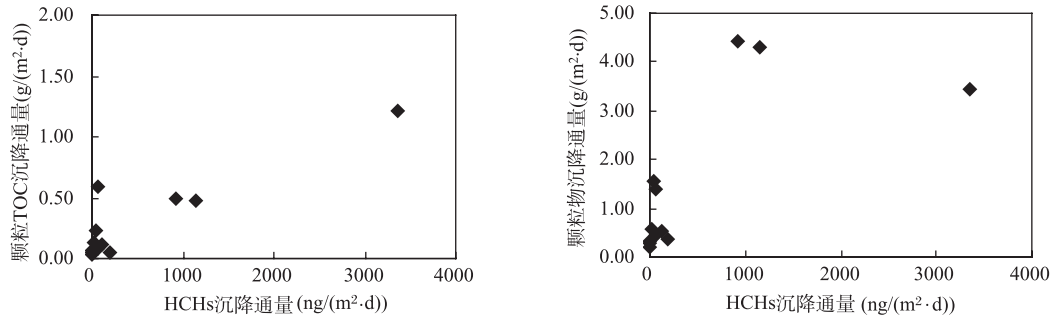


图 5 水体中 HCHs 的沉降通量与颗粒 TOC 沉降通量和颗粒物沉降通量的相关性

Fig.5 Relationships between HCHs settling fluxes, particle settling fluxes and organic carbon settling fluxes

3 结论

(1) 湖水中浮游植物在春末及秋季密度较大. 浮游植物密度、叶绿素含量和 SPM 浓度总体变化趋势基本一致, 说明水体 SPM 浓度与浮游植物生物量密切相关.

(2) 颗粒物沉降通量与颗粒 TOC 沉降通量的变化趋势相当吻合. 春季颗粒物沉降通量较大, 且与 SPM 浓度和叶绿素含量之间存在一定的滞后性; 夏季和秋季颗粒物沉降通量保持在一个较低水平. 这是由于春季沉水植物大量生长, 沉水植物可以通过减少水体的扰动而使颗粒物沉降通量增大.

(3) HCHs 的沉降通量呈现春季较大的现象, 与颗粒 TOC 沉降通量变化趋势一致, 表明 HCHs 的沉降主要受颗粒 TOC 沉降通量的控制. 这是由于 HCHs 具有较高的辛醇/水分配系数, 倾向于吸附在有机质中.

4 参考文献

- [1] 张志南. 水层-底栖耦合生态动力学研究的某些进展. 青岛海洋大学学报, 2000, 30(1): 115-122.
- [2] Gobas FAPC. Time response of the Lake Ontario ecosystem to virtual elimination of PCBs. *Environ Sci Technol*, 1995, 29: 2038-2046.
- [3] Gunnarsson JS. Interactions between eutrophication and contaminants(III), Mobilization and bioaccumulation of benzo(a)pyrene from marine sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 1996, 33(1-6): 80-89.
- [4] Colombo JC, Cappelletti N, Barreda A *et al.* Vertical fluxes and accumulation of PCBs in coastal sediments of the Riodela Plata estuary, Argentina. *Chemosphere*, 2005, 61: 1345-1357.
- [5] Strandberg B, Bavel BV, Bergqvist P *et al.* Occurrence, sedimentation, and spatial variations of organochlorine contamination in settling particulate matter and sediments in the northern part of the Baltic Sea. *Environmental Science & Technology*, 1998, 32: 1754-1759.
- [6] Dachs J, Bayona JM, Ittekkot V *et al.* Monsoon-driven vertical fluxes of organic pollutants in the western Arabian Sea. *Environmental Science & Technology*, 1999, 33: 3949-3956.
- [7] 国家环境保护总局水和废水监测分析方法编委会编. 水和废水监测分析方法. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 109.
- [8] 陈宇炜, 高锡云. 浮游植物叶绿素 a 含量测定方法的比较测定. 湖泊科学, 2000, 12(2): 185-188.
- [9] 陈琼. 氮磷对水华发生的影响. 生物学通报, 2006, 41(5): 12-15.
- [10] Hagy JD, Boynton WR, Jasinski DA. Modelling phytoplankton deposition to Chesapeake Bay sediments during winter-spring: interannual variability in relation to river flow. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 2005, 62: 25-40.
- [11] 刘戈潞, 何宗健. 水生植物净化富营养化水质的机理探讨和研究进展. 江西化工, 2006, 1: 27-30.
- [12] Soderstrom M, Nylund K, Jarnberg U *et al.* Seasonal variations of DDT compounds and PCB in a eutrophic and an oligotrophic lake in relation to algal biomass. *Ambio*, 2000, 29(4-5): 229-237.