

# 白洋淀有机氯农药赋存水平及污染成因

何琦, 卢少勇, 曹凤梅, 张胜男, 秦攀

中国环境科学研究院, 环境基准与风险评估国家重点实验室, 北京 100012

**摘要** 有机氯农药(OCPs)是一类环境激素,对生物体产生遗传毒性、内分泌毒性等效应,对人类健康产生威胁。回顾了20世纪50年代至2017年白洋淀水体、沉积物及水生生物的OCPs多介质赋存水平及来源。分析表明,白洋淀区表层水OCPs浓度为10.80~261.90 ng/L,沉积物中OCPs含量为73.95~269.80 ng/g。OCPs污染以六氯环己烷(HCHs)和滴滴涕(DDTs)为主,其他OCPs检出率很低,并未呈面源污染特征。淀区的OCPs污染与河流(府河)的外源输入关系密切,也与生态补水频繁、周边农业种植结构变化及自身生态环境脆弱等因素相关。

**关键词** 白洋淀;有机氯农药;外源输入;生态补水;生态环境

白洋淀是华北地区最大的内陆淡水湖,地处保定市与天津市腹地,地势平坦且石油资源丰富,地理位置优越。该湿地总面积为765.20 km<sup>2</sup>,其中淀区面积366.00 km<sup>2</sup>,发挥着防洪蓄水、调节气候、补充地下水及保护生物多样性等重要作用<sup>[1]</sup>。

有关淡水湖泊水体、沉积物等介质中有机氯农药(OCPs)的污染一直受到国内外学者关注<sup>[2-16]</sup>,目前针对白洋淀及周边入淀河流沉积物<sup>[3]</sup>、水体<sup>[4-5]</sup>、鱼类<sup>[2]</sup>、水生生物<sup>[2]</sup>等环境介质中OCPs的研究多有报道,但由于白洋淀补水较频繁,水质变化较大,现有研究并未系统梳理白洋淀区OCPs的变化特征,缺乏对淀区OCPs多介质赋存水平及污染原因解析。2014年南水北调中线工程正式通水,为白洋淀的生态补水计划省出调配空间,一定程度上缓解了白洋淀的缺水压力,对促进白洋淀水质提升有积极作用。白洋淀约85.00%的水域在保定市安新县境内,白洋淀将成为雄安新区的重要水源地之一,保障白洋淀的水质安全,至关重要。为此,调研

了大量文献,以识别人类活动对白洋淀水质状况的影响,总结多年来白洋淀区OCPs的变化趋势,梳理OCPs残留水平及来源。

## 1 白洋淀OCPs的多介质赋存水平

### 1.1 白洋淀OCPs赋存的总体特征

白洋淀的OCPs污染大致经历两大特殊时期,20世纪50年代到1995年为OCPs的快速积累期;从1995年至今为OCPs的不断减少期。1914—2011年淀区沉积物柱芯中六氯环己烷(HCHs)和滴滴涕(DDTs)含量变化如图1所示。Guo W等<sup>[17]</sup>认为,淀区在20世纪50年代开始使用OCPs,截至1995年,淀区的沉积物柱芯中显示OCPs为最高含量水平,且HCHs和DDTs浓度接近太湖的OCPs高峰期(1980—1990)。20世纪50年代前,淀区并未使用OCPs,1952—1983年,中国一直在大量生产和消费OCPs用于控制病虫害,如HCH和DDT<sup>[18]</sup>。虽在1983年禁止使用OCPs,仍有少量DDTs和HCHs作

收稿日期:2017-07-19;修回日期:2017-10-10

基金项目:国家科技支撑计划课题(2014BAC09B02,2015FY110900)

作者简介:何琦,硕士研究生,研究方向为地表水污染与控制,电子信箱:hqcrease@163.com;卢少勇(通信作者),研究员,研究方向为湖泊生态修复与污染防治,电子信箱:lushy2000@163.com

引用格式:何琦,卢少勇,曹凤梅,等.白洋淀有机氯农药赋存水平及污染成因[J].科技导报,2018,36(2):88-94;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2018.02.010

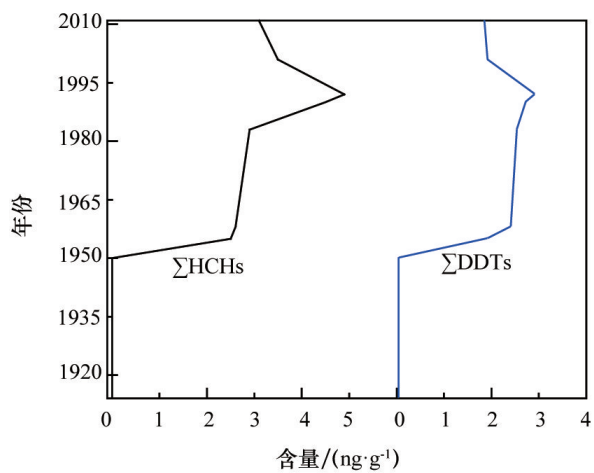


图1 1914—2011年淀区沉积物柱芯中HCHs和DDTs含量变化

Fig. 1 Schematic diagram of HCHs and DDTs in core sediments during 1914—2011 in Baiyangdian Lake

为其他化学品的原料或为满足出口需求(如DDTs质量含量3%~7%的三氯杀螨醇)而被大量使用<sup>[9]</sup>。这些化合物可通过大气输入和土壤冲洗持续入湖,导致20世

纪90年代中期的异常高峰<sup>[20]</sup>。2001年,全球共127个国家签署《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》,公布首批受控清单,其中包括9种OCPs(狄氏剂、滴滴涕、六氯苯、艾氏剂、异狄氏剂、毒杀芬、氯丹、七氯和灭蚁灵)。随着OCPs在全球的生产和使用得到进一步限制,白洋淀地区的OCPs赋存水平也逐渐降低,其降低速度加快,截至2011年,共有14种OCPs被列入受控物质清单。随着国家对OCPs越来越严格的管控限制,白洋淀地区的OCPs赋存水平降低趋势较明显。

## 1.2 白洋淀OCPs的赋存水平及组成

### 1.2.1 白洋淀表层水与沉积物中OCPs的残留水平

表1和表2分别为白洋淀表层水、沉积物中OCPs赋存水平与国内外湖泊(水库)的对比,白洋淀表层水ΣOCPs浓度为4.90~12.90 ng/L,与面积相近的官厅水库、洪湖及Haleji湖污染相当,其中ΣHCHs低于湖面面积较大的鄱阳湖和巢湖及滇池,远低于巴基斯坦的Rawal湖。淀区沉积物中OCPs含量为4.93~14.20 ng/g,与官厅水库、洪湖及Haleji湖污染相当,低于鄱阳湖及滇池,ΣDDTs远低于印度东西海岸及Gomti河。

表1 白洋淀与国内外湖泊/水库表层水OCPs赋存水平对比

Table 1 Comparison of OCPs in Baiyangdian Lake with other lakes/reservoirs

湖泊	面积/km <sup>2</sup>	ΣHCHs/(ng·L <sup>-1</sup> )	ΣDDTs/(ng·L <sup>-1</sup> )	ΣOCPs/(ng·L <sup>-1</sup> )	文献
白洋淀	366.00	2.10	2.40	12.48	[2]
白洋淀	366.00	1.65(春)	0.12(春)	21.24(春)	[3]
白洋淀	366.00	0.90(夏)	<0.12(夏)	10.80(夏)	[3]
白洋淀	366.00	6.18	11.28	17.46	[4]
西湖	6.39	46.20	2.61	63.10	[5]
官厅水库	280.00	13.23	8.83	36.25	[6]
洪湖	344.00	2.54~16.92	1.84~17.52	29.16	[7]
巢湖	825.00	18.83	39.50	68.83	[8]
鄱阳湖	3050.00	20.65~115	2.31~33.40	4.38~59.65	[9]
Rawal湖	—	—	1760.00~5260.00	—	[10]

表2 白洋淀与国内外湖泊/水库沉积物中OCPs赋存水平对比

Table 2 Comparison of OCPs in Baiyangdian Lake with other lakes/reservoirs

湖泊	面积/km <sup>2</sup>	ΣHCHs/(ng·g <sup>-1</sup> )	ΣDDTs/(ng·g <sup>-1</sup> )	ΣOCPs/(ng·g <sup>-1</sup> )	文献
白洋淀	366.00	11.60	2.60	14.20	[11]
白洋淀	366.00	2.68	2.26	4.93	[4]
滇池	330.00	10.01	18.91	29.23	[12]
官厅水库	280.00	4.35	5.79	12.90	[6]
洪湖	344.00	0.79~7.04	0.06~0.82	4.68~42.95	[7]
鄱阳湖	3050.00	0.54~6.94	14.42~82.87	—	[13]
印度东西海岸	—	0~721.88	0~109.50	—	[14]
Gomti河	—	0~81.23	0~345.70	—	[15]
Haleji湖	—	—	0~6.50	—	[16]

白洋淀淀区的 $\Sigma$ OCPs以HCHs和DDTs为主。水体中 $\Sigma$ HCHs( $\alpha$ -HCH+ $\beta$ -HCH+ $\gamma$ -HCH+ $\delta$ -HCH)含量最低,沉积物中 $\Sigma$ HCHs含量高于滇池和官厅水库;淀区水体中 $\Sigma$ DDTs(o,p'-DDT+p,p'-DDT+p,p'-DDE+p,p'-DDD)含量较低,与西湖所含 $\Sigma$ DDTs相当,沉积物中 $\Sigma$ DDTs略高于洪湖含量。HCHs主要来源于环境残留和大气长距离传输,Hu G等<sup>[2]</sup>认为白洋淀沉积物中 $\alpha$ -HCH/ $\gamma$ -HCH比值为2.02,表明环境中一段时间内林丹代替工业六六六,与Guo W等<sup>[21]</sup>所述林丹等作为主要出口产品而被生产使用一致。王乙震认为枯水期有相当部分监测断面指示可能有新林丹输入;DDTs主要来自历史残留。历次淀区的DDTs残留浓度显示,随时间推移,母体已被降解;另外,可能由于白洋淀已多次进行生态补水,污染物被大量稀释。

### 1.2.2 白洋淀水生生物体内OCPs的富集水平

在OCPs长期暴露下,DDTs和HCHs的生物富集效

应可沿食物链放大,需进一步评估其毒性及生态风险。淀区周边土地以耕地为主,历史上长期使用农药,且耕地面积占比有上升趋势。土壤中残留的OCPs可通过干湿沉降、地表径流等途径入淀,亲脂性OCPs可在水生生物体内富集<sup>[22-23]</sup>,沿食物链毒性效应放大,其毒性及生态风险不容忽视。表3为白洋淀鱼、虾、蟹、蚌体内受HCHs和DDTs污染程度<sup>[2]</sup>。通常,高营养级(鱼)动物体内 $\Sigma$ OCPs含量比低营养级动物(浮游动物)高,底栖动物(黄鲶鱼、泥鳅、鳊鱼、虾、河蚌)中 $\Sigma$ OCPs高于一般水体动物。肉食性动物体内OCPs高于杂食性动物且高于草食性动物<sup>[22]</sup>。表3显示,淀区的底栖生物体内富集的OCPs与太湖底栖生物体的浓度水平相当。以鲤鱼为例,淀区的鲤鱼体内富集的 $\Sigma$ HCHs和 $\Sigma$ DDTs较土耳其、法国及中国高碑店高,低于伊朗。

表3 白洋淀与其他地区水生生物体内OCPs对比

Table 3 Comparison of OCPs of aquatic organisms in Baiyangdian Lake and other areas

地区	生物种类	习性	$\Sigma$ HCHs/(ng·L <sup>-1</sup> )	$\Sigma$ DDTs/(ng·L <sup>-1</sup> )	$\Sigma$ OCPs/(ng·L <sup>-1</sup> )
白洋淀	鲤鱼	杂食	73.00	31.00	142.00
	鲫鱼	杂食	167.00	55.00	222.00
	草鱼	草食	174.00	23.00	196.00
	大头鱼	滤食	348.00	64.00	414.00
	黄鲶鱼	肉食	562.00	401.00	963.00
	泥鳅	肉食	315.00	81.00	396.00
	黄鳊	肉食	398.00	119.00	517.00
	浮游动物	—	34.00	78.00	112.00
	虾	—	58.00	303.00	361.00
	蟹	—	120.00	34.00	131.00
	蜗牛	—	447.00	44.00	491.00
河蚌	—	423.00	99.00	522.00	
印度 <sup>[24]</sup>	金钱鱼	—	0.72	6.91	7.63
	蓝点笛鲷	—	69.6	ND	70.56
土耳其 <sup>[25]</sup>	鲤鱼	杂食	0.21	14.40	—
	软口鱼	杂食	0.08	34.80	—
伊朗 <sup>[26]</sup>	鲤鱼	杂食	360.00	420.00	—
法国 <sup>[27]</sup>	鲤鱼	杂食	1.27	0.71	—
太湖 <sup>[28]</sup>	铜锈环棱螺	—	1.42	0.24	12.35
	河蚬	—	328.28	19.52	420.34
高碑店 <sup>[29]</sup>	浮游动物	—	0.63	3.78	—
	罗非鱼	—	2.85	9.97	—
	鲤鱼	杂食	4.54	13.37	—

## 2 白洋淀 OCPs 污染成因分析

### 2.1 白洋淀 OCPs 的来源及污染特征

淀区 OCPs 污染来自两方面:内源及外源污染。内源污染即来自沉积物内源释放。外源污染分大气迁移和府河外源输入<sup>[30-31]</sup>。OCPs 属持久性有机污染物,具“蚱蜢跳”效应,在全球发生污染物迁移<sup>[32]</sup>。2011 年, Hu G 等<sup>[4]</sup>调查研究白洋淀及其北部入湖河流府河(19 个采样点)的表层沉积物 OCPs,结果表明,府河沉积物中 OCPs 为 5.4~707.6 ng/g,平均值 161.3 ng/g,明显高于白洋淀(12.1~15.8 ng/g,平均 14.2 ng/g)。白洋淀入淀河流中仅府河入淀,其余河流基本断流<sup>[2]</sup>。淀区 OCPs 污染与府河较高浓度 OCPs 有关。

淀区 OCPs,并未呈现面源污染特征<sup>[33]</sup>,王乙震等<sup>[3]</sup>认为淀区大部分监测断面表层水 OCPs 浓度变化表现为枯水期(0.69~4.50 ng/L)高于丰水期(0.11~3.20 ng/L),可能是丰水期上游来水对污染物的稀释;部分点位出现丰水期比枯水期的污染物高,可能是该区表层沉积物再悬浮造成上覆水体 OCPs 二次释放<sup>[4]</sup>。

淀区挺水、浮水植物对淀区 OCPs 去除具积极作用。Guo W 等<sup>[21]</sup>2014 年从白洋淀湿地芦苇、香蒲及根系沉积物来评估水生植物对湿地沉积物中 OCP 分布的影响。表层沉积物中  $\Sigma$  OCPs 浓度在 3.60~11.12 ng/g,植物组织中  $\Sigma$  OCPs 浓度为 4.72~11.19 ng/g,芦苇叶中的  $\Sigma$  OCPs 浓度最高,且芦苇对 OCP 去除效果最好。白洋淀芦苇面积约占淀区面积 46%,一定程度上缓解了白洋淀 OCPs 污染。HuG 等<sup>[2]</sup>测定睡莲体内  $\Sigma$  HCHs 和  $\Sigma$  DDTs 分别为 92 和 3.8 ng/g(湿重),也验证了浮水植物能减缓白洋淀淀区内 OCPs 污染。

### 2.2 白洋淀 OCPs 污染的影响因素

#### 2.2.1 生态补水对淀区 OCPs 的影响

1984 年起,白洋淀生态补水共经历了上游水库补水、跨河系引岳济淀、跨流域引黄济淀 3 个阶段。因白洋淀属半封闭式平原湖,水蒸发量大,目前 9 条入淀河流中仅府河有水入淀,孝义河、瀑河仅部分季节有水入淀,水量自我调节能力差,生态补水将成为一段时间内有效机制。目前,引黄入冀补淀工程在快速建设中。但因白洋淀生态环境脆弱,生态引水对源头水水质要求较高且注意维护沿岸(明渠输水)水质的安全。生态补水可暂时维持淀区水位,人工调节淀区水平衡,也对污染物(N、P、OCPs)等具稀释作用<sup>[34]</sup>。

#### 2.2.2 农业对白洋淀区 OCPs 的影响

白洋淀湿地面积总体呈下降趋势,变化趋势主要由干草地和水域向耕地、建筑用地转变,一定程度上反映农业生产及生活对淀区水质污染比值增加。张敏<sup>[35]</sup>认为近 30 年来,白洋淀农业种植结构由粮食作物向经济作物过渡且播种面积增加,农业用水剧增,对淀区上游用水增大,会加剧淀区水量减少。水量是浅水湖泊维持其基本生态平衡的生命线,水量减少一定程度上会削弱其对污染物的自净能力。且历史上淀区周围的农药使用频繁,仅 2014 和 2015 年,白洋淀区所在保定市农药使用量分别为 13439 和 12835 万吨,占河北省农药用量的 15.57%和 15.40%,居首位<sup>[36]</sup>。虽然多数 OCPs 已于 1983 年禁用,但因 OCPs 的难降解性和持久性,淀区内由于历史上农业活动输入的 OCPs 并不会短时间内大量消失,仍赋存在白洋淀环境中,也对白洋淀区的 OCPs 污染存在影响。

#### 2.2.3 淀区生态脆弱,对 OCPs 的自净能力下降

2007 年前后,谢松等<sup>[37]</sup>调查白洋淀区的底栖生物表明,淀区有 23 种底栖动物,物种种类比 1984 年降低;张敏等<sup>[35]</sup>研究了 1984—2014 年白洋淀的景观类型,认为研究区挺水和沉水植物呈减少趋势,农田和居民点呈持续快速增长趋势。在入淀河流中,除拒马河水水质较好外(基本可达 III 类),其余入淀河流主要携带流域内工业废水<sup>[38]</sup>和生活及农业废水,其中卷带的 OCPs 加重淀区的 OCPs 污染。淀区生物多样性减少,生态系统十分脆弱;湿地植物较少,其对污染负荷(N、P 及 OCPs)的削减作用降低。

## 3 结论

淀区表层水 OCPs 浓度为 10.80~261.9 ng/L,沉积物中 OCPs 含量为 73.95~269.80 ng/g, OCPs 污染以 HCHs 和 DDTs 为主,其他 OCPs 检出率很低。白洋淀区 OCPs 并未呈面源污染特征,即枯水期浓度高于丰水期,可能由于丰水期上游来水或生态调水对淀区污染物的稀释作用;白洋淀 OCPs 污染也与河流(府河)外源输入关系密切。在生态退化的状态下,淀区的挺水、浮水植物对淀区 OCPs 去除效果受损。淀区鱼、虾、蟹、蚌体内均受不同程度 HCHs 和 DDTs 污染,但未超过现阶段农残标准。目前,研究白洋淀湿地 OCPs 偏多,但研究白洋淀流域 OCPs 污染的少,需同步开展流域内各污染源污染

调查及控制,逐步恢复淀区自我修复能力。

### 参考文献(References)

- [1] Vymazal J, Brezinová T. The use of constructed wetlands for removal of pesticides from agricultural runoff and drainage: A review[J]. *Environment International*, 2015, 75: 11–20.
- [2] Hu G, Dai J, Mai B, et al. Concentrations and accumulation features of organochlorine pesticides in the Baiyangdian Lake freshwater food web of North China[J]. *Archives of Environmental Contamination & Toxicology*, 2010, 58(3): 700–710.
- [3] 王乙震, 张俊, 周绪申, 等. 白洋淀多环芳烃与有机氯农药季节性污染特征及来源分析[J]. *环境科学*, 2017, 38(3): 964–977.  
Wang Yizhen, Zhang Jun, Zhou Xushen, et al. Seasonal pollution characteristics and source identification of polycyclic aromatic hydrocarbons and organochlorine pesticides in surface water of Baiyangdian Lake[J]. *Environmental Science*, 2017, 38(3): 964–977.
- [4] Hu G, Luo X, Li F, et al. Organochlorine compounds and polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediment from Baiyangdian Lake, North China: Concentrations, sources profiles and potential risk[J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2010, 22(2): 176–183.
- [5] 梁一灵, 梁国伟, 姜普查, 等. 杭州西湖表层水体有机氯农药残留特性研究[J]. *中国计量学院学报*, 2008, 19(2): 174–177.  
Liang Yiling, Liang Guowei, Jiang Pucha, et al. Studies on residual characteristic of organochlorine pesticides in surface water of West Lake of Hangzhou[J]. *Journal of China Jiliang University*, 2008, 19(2): 174–177.
- [6] 万译文, 康天放, 周忠亮, 等. 北京官厅水库有机氯农药分布特征及健康风险评估[J]. *农业环境科学学报*, 2009, 28(4): 803–807.  
Wan Yiwen, Kang Tianfang, Zhou Zhongliang, et al. Distribution and health risk assessment of organochlorine pesticides in Beijing Guanting Reservoir[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2009, 28(4): 803–807.
- [7] Yuan L, Qi S, Wu X, et al. Spatial and temporal variations of organochlorine pesticides (OCPs) in water and sediments from Honghu Lake, China[J]. *Journal of Geochemical Exploration*, 2013, 132(3): 181–187.
- [8] 张明, 花日茂, 李学德, 等. 巢湖表层水体中有机氯农药的分布及其组成[J]. *应用生态学报*, 2010, 21(1): 209–214.  
Zhang Ming, Hua Rimao, Li Xuede, et al. Distribution and composition of organochlorine pesticides in surface water body of Chaohu Lake[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*. 2010, 21(1): 209–214.
- [9] Zhi H, Zhao Z, Zhang L. The fate of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and organochlorine pesticides (OCPs) in water from Poyang Lake, the largest freshwater lake in China[J]. *Chemosphere*, 2015, 119(1): 1134–1140.
- [10] Iram S, Ahmad I, Ahad K, et al. Analysis of pesticides residues of Rawal and Simly lakes[J]. *Pakistan Journal of Botany*, 2009, 41(4): 1981–1987.
- [11] Dai G, Liu X, Gang L, et al. Distribution of organochlorine pesticides (OCPs) and poly chlorinated biphenyls (PCBs) in surface water and sediments from Baiyangdian Lake in North China[J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2011, 23(10): 1640–1649.
- [12] 林田, 马传良, 王丽芳, 等. 滇池沉积物中多氯联苯和有机氯农药的残留特征与风险评估[J]. *地球与环境*, 2014, 42(5): 625–630.  
Lin tian, Ma Chuanliang, Wang Lifang, et al. Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyl in surface sediments of the Dianchi Lake: The distribution and risk assessment[J]. *Earth and Environment*, 2014, 42(5): 625–630.
- [13] Lu M, Zeng D C, Liao Y, et al. Distribution and characterization of organochlorine pesticides and polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediment from Poyang Lake, China[J]. *Science of the Total Environment*, 2012, 433: 491–497.
- [14] Pandit G G, Rao A M M, Jha S K, et al. Monitoring of organochlorine pesticide residues in the Indian marine environment [J]. *Chemosphere*, 2001, 44(2): 301–305.
- [15] Malik A, Ojha P, Singh K P. Levels and distribution of persistent organochlorine pesticide residues in water and sediments of Gomti River (India)—A tributary of the Ganges River[J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2009, 148(1): 421–435.
- [16] Sanpera C, Ruiz X, Jover L, et al. Persistent organic pollutants in little egret eggs from selected wetlands in Pakistan[J]. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 2003, 44(3): 360–368.
- [17] Guo W, Huo S, Ding W. Historical record of human impact in a lake of northern China: Magnetic susceptibility, nutrients, heavy metals and OCPs[J]. *Ecological Indicators*, 2015, 57: 74–81.
- [18] Tao S, Liu W, Li Y, et al. Organochlorine pesticides contaminated surface soil as reemission source in the Haihe Plain, China[J]. *Environmental Science & Technology*, 2008, 42(22): 8395–8400.
- [19] Jiang Y F, Wang X T, Jia Y, et al. Occurrence, distribution and possible sources of organochlorine pesticides in agricultural soil of Shanghai, China[J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2009, 170(2): 989–997.
- [20] Li Y F, Macdonald R W. Sources and pathways of selected organochlorine pesticides to the Arctic and the effect of path-

- way divergence on HCH trends in biota: A review[J]. *Science of the Total Environment*, 2005, 342(1): 87–106.
- [21] Guo W, Zhang H, Huo S. Organochlorine pesticides in aquatic hydrophyte tissues and surrounding sediments in Baiyangdian wetland, China[J]. *Ecological Engineering*, 2014, 67(2): 150–155.
- [22] 王德庆. 太湖鱼体中 PAHs 和 OCPs 的暴露水平、分布特征和人体健康风险评估[D]. 上海: 上海大学, 2013.
- Wang Deqing. Polycyclic aromatic hydrocarbons and organochlorine pestribution and human health risk assement[D]. Shanghai: Shanghai University, 2013.
- [23] 谢文平, 朱新平, 陈昆慈, 等. 珠江口水体、沉积物及水生动物中 HCHs 和 DDTs 的含量与生态风险评价[J]. *环境科学学报*, 2009, 29(9): 1984–1994.
- Xie Wenping, Zhu Xinping, Chen Kunci, et al. Concentration and ecological risk assessment of HCHs and DDTs in water, sediment and aquatic animals in the Pearl River Estuary[J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2009, 29(9): 1984–1994.
- [24] Sankar T V, Zynudheen A A, Anandan R, et al. Distribution of organochlorine pesticides and heavy metal residues in fish and shellfish from Calicut region, Kerala, India[J]. *Chemosphere*, 2006, 65(4): 583–590.
- [25] Erdogrul Ö, Covaci A, Schepens P. Levels of organochlorine pesticides, polychlorinated biphenyls and polybrominated diphenyl ethers in fish species from Kahramanmaras, Turkey[J]. *Environment International*, 2005, 31(5): 703–711.
- [26] Davodi M, Esmaili-Sari A, Bahramifarr N. Concentration of polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in some edible fish species from the Shadegan Marshes (Iran)[J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2011, 74(3): 294–300.
- [27] Thomas M, Lazartigues A, Banas D, et al. Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in sediments and fish from freshwater cultured fish ponds in different agricultural contexts in north-eastern France[J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2012, 77: 35–44.
- [28] Zhao Z, Zhang L, Wu J, et al. Distribution and bioaccumulation of organochlorine pesticides in surface sediments and benthic organisms from Taihu Lake, China[J]. *Chemosphere*, 2009, 77(9): 1191–1198.
- [29] Li X, Zhang Q, Dai J, et al. Pesticide contamination profiles of water, sediment and aquatic organisms in the effluent of Gaobeidian wastewater treatment plant[J]. *Chemosphere*, 2008, 72(8): 1145–1151.
- [30] Hu G C, Li F C, Dai J Y, et al. Characteristics of distribution and risk assessment of DDTs in surface sediments from Fuhe River and Baiyangdian Lake[J]. *Research of Environmental Sciences*, 2009, 22(8): 891–896.
- [31] Sun T, Chen J, Wang H. Study on non-point source pollution loads in villages along the Fuhe River, Baiyangdian watershed [J]. *Research of Environmental Sciences*, 2012, 25(5): 568–572.
- [32] 笪春年. 黄河入海口环境介质中有机氯农药环境地球化学行为[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2014.
- Da Chunnian. Studies on environmental geovhistry behavior of organochlorine pesticides in environmental medium from the yellow river estuary[D]. Hefei: University of Science and Technology of China, 2014.
- [33] Gao J, Zhou H, Pan G, et al. Factors influencing the persistence of organochlorine pesticides in surface soil from the region around the Hongze Lake, China[J]. *Science of the Total Environment*, 2013, 443(3): 7–13.
- [34] Liu M, Gao Y, Gan G. Long-term trends in annual runoff and the impact of meteorological factors in the Baiyangdian watershed[J]. *Resources Science*, 2011, 33(8): 1438–1445.
- [35] 张敏, 宫兆宁, 赵文吉, 等. 近 30 年来白洋淀湿地演变驱动因子分析[J]. *生态学杂志*, 2016, 35(2): 499–507.
- Zhang Min, Gong Zhaoning, Zhao Wenji, et al. Analysis of driving forces of Baiyangdian wetland evolution during 1984–2013[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2016, 35(2): 499–507.
- [36] 河北省统计局. 河北农村统计年鉴 2016[M]. 北京: 中国统计出版社, 2016.
- Hebei Provincial Bureau of Statistics. Hebei rural statistical yearbook 2016[M]. Beijing: China Statistics Press, 2016.
- [37] 谢松, 黄宝生, 王宏伟, 等. 白洋淀底栖动物多样性调查及水质评价[J]. *水生态学杂志*, 2010, 3(1): 43–48.
- Xie Song, Huang Baosheng, Wang Hongwei, et al. Assesment of water quality in Baiyangdian Lake by Zoobenthos Biodiversity[J]. *Journal of Hydroecology*, 2010, 3(1): 43–48.
- [38] Fengchao L I, Feng W, Wang J, et al. Ecotoxicity of industrial wastewater from baoding city to microbial communities in the baiyangdian lake[J]. *Chinese Journal of Applied & Environmental Biology*, 2005, 11(3): 315–318.

## Occurrence of organochlorine pesticide in Baiyangdian Lake and the cause of pollution

HE Qi, LU Shaoyong, CAO Fengmei, ZHANG Shengnan, QIN Pan

State Key Laboratory of Environmental Criteria and Risk Assessment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China

**Abstract** Organochlorine pesticides (OCPs) are a typical kind of endocrine disrupting chemicals, with genotoxicity and endocrine toxicity effects, which is a great threat to human health. This paper studies the concentration and the sources of OCPs in surface water, sediments and aquatic organisms in Baiyangdian Lake during the 1950s and in 2017. It is shown that the concentration of OCPs in the Baiyangdian area is between 10.80 and 261.90 ng/L, and the corresponding concentration in sediments is from 73.95 to 269.80 ng/g. HCHs and DDTs are widely detected, while other OCPs are quite few. The pollution of OCPs in Baiyangdian area does not see the characteristics of the non-point source pollution, and the pollution is closely related to the external input of the river (the Fuhe river). Moreover, the frequent ecological water supplement, the development of the agricultural planting structure and the fragile ecological environment also affect the OCPs pollution.

**Keywords** Baiyangdian Lake; OCPs; external input; ecological water supplement; ecological environment ●



(责任编辑 傅雪)