

连云港潮滩表层沉积物中有机氯农药残留特征与风险评估*

刘兴健¹ 葛晨东^{1**} 崔雁玲¹ 邹欣庆¹ 王晓蓉²

(1. 南京大学海岸与海岛开发教育部重点实验室, 江苏省海岸与海岛开发重点实验室, 南京, 210093;

2. 南京大学污染控制与资源化研究国家重点实验室, 南京, 210093)

摘要 利用 GC-ECD 检测了连云港地区绣针河口、临洪河口、灌河口北和灌河口南等 4 个潮滩断面表层沉积物中 DDTs 和 HCHs 含量及组成成分。结果表明, 连云港潮滩沉积物中有机氯农药的含量在 2.15—24.84 ng·g⁻¹ 之间, 均值为 9.09 ng·g⁻¹。其中 DDTs 的含量在 1.11—11.74 ng·g⁻¹ 之间, 均值为 3.72 ng·g⁻¹, HCHs 的含量在 0.38—20.17 ng·g⁻¹ 之间, 均值为 5.36 ng·g⁻¹。4 个断面有机氯农药含量的顺序是临洪河口 > 绣针河口 > 灌河口北 > 灌河口南。连云港潮滩沉积物中 HCHs 主要来源于早期林丹在土壤中的残留, 灌河口有新的 DDT 污染源输入。总有机碳是影响绣针河口和临洪河口潮滩有机氯农药分布的主要因素。以风险低值(ERL)为评价基准, 沉积物中有机氯农药的最大风险商达到 7.43, 连云港潮滩有机氯农药存在着一定的潜在生态风险。

关键词 有机氯农药, DDTs, HCHs, 风险评估, 沉积物, 连云港。

有机氯农药(OCPs)是一种能对环境构成严重威胁的持久性有机污染物^[1]。我国 20 世纪 50 年代开始使用 OCPs, 于 1983 年禁止生产和使用, 在 30 多年的生产和使用中有大量的有机氯农药残留在土壤中, 并且通过工业废水及生活污水的排放、农业径流、大气的干湿沉降(降尘及降雨)等途径进入海洋中, 而进入海洋环境中的 OCPs 比陆地土壤中的更难降解^[2]。DDTs 和 HCHs 是 OCPs 的典型代表物质, 具有疏水亲脂的特性, 在水体中的含量比较低, 主要存在于沉积物中, 海洋沉积物尤其是河口沉积物是 OCPs 的一个重要的聚集地^[3]。沉积物不仅是 OCPs 的归宿, 一定的条件下还可以成为 OCPs 的污染源, 从沉积物再次释放到周围环境中^[4]。许多学者对沉积物中的 OCPs 对环境造成的长期影响进行了研究^[5-9]。

连云港市位于江苏省东北部, 118°24' E—119°48' E 和 34° N—37°07' N 之间, 水域面积 1759 km²。连云港的海岸线北起鲁苏交界的绣针河口, 南至与盐城交界的灌河口(图 1)。连云港水系属于淮河流域沂沭泗水系, 境内有 17 条直接入海河流。其中绣针河、临洪河和灌河是连云港市主要入海河流。绣针河全长 46 km, 流域面积 412 km², 其中山东约 396 km², 江苏约 17 km²。绣针河口潮滩是缓慢淤长的淤泥质潮滩。临洪河干流长约 15.7 km, 是新沭河和蔷薇河的人海通道, 流域面积 2850 km²。临洪河口潮滩芦苇丛生, 是向海淤长较快的淤泥质潮滩。灌河是连云港最大的入海河流, 全长 161 km, 流域面积达 6400 km²。灌河口属于侵蚀后退型淤泥质潮滩^[10]。河口潮滩是海陆相互作用的地带, 受河流和潮流等多种因素的影响, 是陆源污染物的聚集地。近年来随着连云港经济快速发展, 土地利用的加强, 土壤中残留的有机氯农药顺着河流再次输入海洋, 对河口潮滩的生态环境造成潜在的风险。

本文主要分析了连云港地区绣针河、临洪河和灌河口潮滩的表层沉积物中 DDTs 和 HCHs 的含量和组成成分, 探讨了其分布特征和可能的来源, 并评价了沉积物中 OCPs 的污染水平和生态风险。

1 材料与方法

1.1 样品采集

2006 年 8 月在连云港地区绣针河口、临洪河口、灌河口北和灌河口南等 4 个潮滩断面(X、L、GN、

2012 年 1 月 13 日收稿。

* 国家 908 项目(JS-908-01-02-05); 国家自然科学基金项目(40371048)资助。

** 通讯联系人, Tel: 025-83593943; E-mail: gcd@nju.edu.cn

GS)采集 12 个表层沉积物,每个断面分别采集了 3 个表层样,编号分别是 X1-X3、L1-L3、GN1-GN3、GS1-GS3(图 1)。X、L、GN 和 GS 4 个断面编号和表层样编号分别对应着江苏 908 项目海岸带与海岛调查的 JD01、JD07、JD15 和 JD16 断面和相应的表层样站点。样品采集区的河口潮滩周期性受到潮水的淹没和暴露。沉积物采集后装入深色的玻璃广口瓶中,立即冰冻带回实验室冷冻待处理。

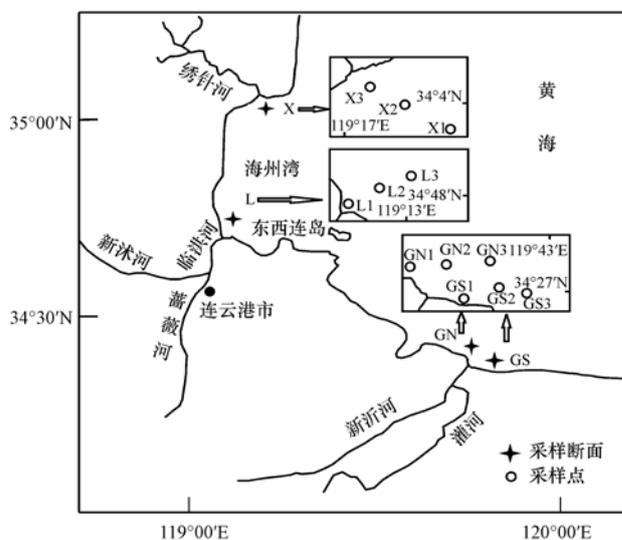


图 1 研究区和采样断面的位置

Fig. 1 Study area and sampling sections

1.2 样品的处理与测定

样品冷冻干燥后,研磨过筛。称取 25 g 左右的样品,加入回收率指示物 PCB209,装入 120 mL 索氏抽提器。加入适量高纯活性铜粉脱硫,用 90 mL 二氯甲烷/丙酮(体积分数 1:1) 超声波提取 30 min,重复 3 次,合并提取液,经无水硫酸钠干燥后在旋转蒸发器上浓缩至 4—5 mL。然后分 3 次加入正己烷 5—10 mL,浓缩近 2 mL,将浓缩液通过硫酸硅胶:硅胶:氧化铝体积分数为 1:1:2 的玻璃层析柱,用正己烷/二氯甲烷体积分数为 1:1 的 50 mL 混合液淋洗,将淋洗液用高纯氮气吹缩至 1 mL,加入内标物(PCNB),准备上机分析。

有机氯农药测定所用仪器为 Agilent 6890 气相色谱仪。采用双柱双检测器(ECD, ^{63}Ni) 系统,毛细管柱 1: DB-1701, 30 m \times 0.53 μm \times 0.32 mm;毛细管柱 2: DB-608, 30 m \times 0.53 μm \times 0.32 mm。载气为高纯氮气,不分流进样,进样量为 2.0 μL 。进样口温度: 200 $^{\circ}\text{C}$, 初始温度: 60 $^{\circ}\text{C}$, 保持 2 min。柱升温程序: 以 8 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 的速率升温至 210 $^{\circ}\text{C}$, 再以 3 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 的速率升温 270 $^{\circ}\text{C}$, 保持 10 min。回收率指示物 PCB209 的回收率范围为 75%—100%, 所得数据均经回收率校正。有关分析方法的质量控制/质量保证(QA/QC)措施按照文献进行^[11]。

总有机碳(TOC)的测定采用 Thermo electron corporation 生产的 FLASHEA 1112 Series CNS 元素分析仪。取 2 g 左右沉积物样品,用 10% 的稀盐酸 15 mL 放入水浴锅加热 6 h,离心分离去除酸液,重复 4 次,以去除无机碳的干扰。样品于 40 $^{\circ}\text{C}$ 真空干燥箱内烘干,放入干燥器至恒重。用精度为百万分之一的天平准确称量 20—25 mg 样品放入锡杯中,将包好的样品放入元素分析仪测量。上述实验在南京大学海岸与海岛开发教育部重点实验室完成。

2 结果与讨论

2.1 沉积物中 OCPs 的含量

连云港潮滩 4 个断面的表层沉积物中 OCPs 含量如图 2 所示。OCPs 含量在 2.15—24.84 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ 之间,均值为 9.09 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$,其中 HCHs 的含量在 0.38—20.17 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ 之间,均值为 5.36 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$,DDTs 的含量在 1.11—11.74 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ 之间,均值为 3.72 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ 。从总体来看,HCHs 的含量比 DDTs 的含量高。

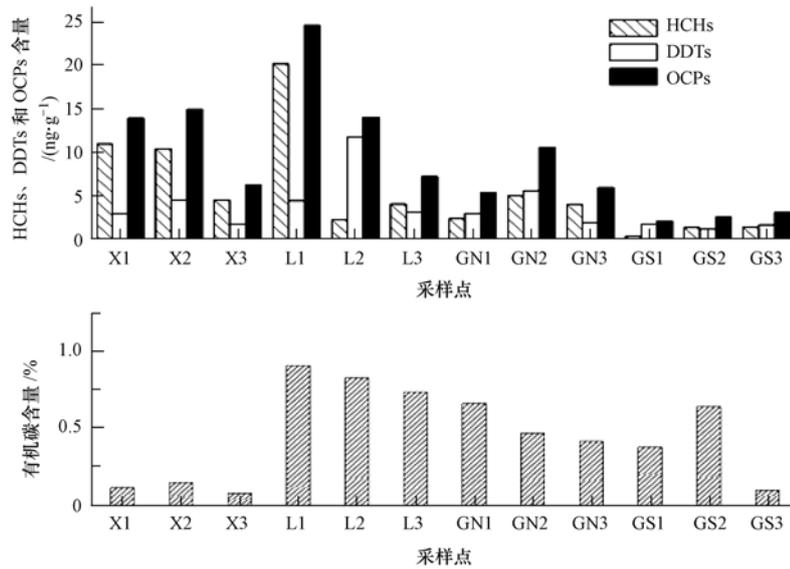


图2 连云港潮滩表层沉积物中的 HCHs、DDTs、OCPs 以及总有机碳的含量

Fig.2 Concentration of HCHs, DDTs, OCPs and TOC in the surface sediments from Lianyungang tidal flat

临洪河口断面 OCPs 的含量最高,在 $7.01\text{--}24.84\text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ 之间,平均值为 $15.32\text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$. 临洪河流域面积达 2480 km^2 ,蔷薇河流经连云港市,流域内是连云港市工业和农业最发达区域,农田土壤径流和工业废水带来大量的有机污染物汇入临洪河口;而且临洪河口位于海州湾底部,其水体与外海交换能力较弱,不利于有机污染物的扩散,导致沉积物中有机氯农药最高. 绣针河口断面 OCPs 含量仅次于临洪河口断面,其含量在 $5.87\text{--}14.84\text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$,平均值为 $11.49\text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$. 绣针河流经山东日照的农业区,农田土壤中残留 OCPs 汇入绣针河,导致河口潮滩 OCPs 含量很高. 绣针河口和临洪河口断面的潮滩不断地向海淤长,潮滩的淤长导致 OCPs 迅速埋藏,导致两个断面的 OCPs 值较高. 灌河口北断面 OCPs 含量在 $4.99\text{--}10.25\text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ 之间,平均值为 $6.98\text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$;灌河口南断面 OCPs 含量在 $2.15\text{--}3.08\text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ 之间,平均值为 $2.53\text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$. 相对于临洪河和绣针河断面,灌河口 OCPs 含量较低. 灌河口地形开阔,与外海水体交换充分,有机污染物易于扩散;灌河口属于侵蚀后退型淤泥质潮滩,南侧侵蚀作用比北侧强烈,南侧沉积物部分出现粗化现象^[12],南侧的有机污染物比北侧更易扩散. 4 个断面 OCPs 含量顺序是:临洪河口 > 绣针河口 > 灌河口北 > 灌河口南.

与国内其它地区的表层沉积物中 OCPs 含量比较(表 1),连云港河口潮滩沉积物中 DDTs 含量处于较低的水平,HCHs 含量处于中等的水平.

表 1 国内不同地区表层沉积物中 OCPs 含量的比较

Table 1 Comparisons of OCPs in the surface sediments from different areas in China

研究区域	$W(\text{DDT})/(\text{ng}\cdot\text{g}^{-1})$	平均值/ $(\text{ng}\cdot\text{g}^{-1})$	$W(\text{HCH})/(\text{ng}\cdot\text{g}^{-1})$	平均值/ $(\text{ng}\cdot\text{g}^{-1})$
锦州湾 ^[13]	0.97—154.87	23.86	5.77—323.07	58.61
大连湾 ^[14]	2.12—72.3	21.75	0.03—5.78	3.16
珠江三角洲 ^[15]	2.6—1628.81	352.86	0.14—17.04	4.59
长江口南支 ^[16]	0.37—10.84	3.73	0.05—2.84	0.73
厦门西港 ^[17]	1.91—16.6	9.31	0.18—0.60	0.26
香港维多利亚港 ^[18]	1.38—30.3	9.1	0.1—2.3	0.51
闽江口 ^[19]	1.10—14.34	4.20	0.03—0.59	0.18
台湾乌溪河口 ^[20]	0.53—11.4	2.51	0.99—14.5	3.79
连云港潮滩	1.11—11.74	3.72	0.38—20.17	5.36

2.2 沉积物中 DDT 和 HCH 组分特征和来源分析

DDT 有两个同分异构体:*o,p'*-DDT 和 *p,p'*-DDT,DDT 的降解产物是 *p,p'*-DDE 和 *p,p'*-DDD,通常简

写为 DDE 和 DDD. DDT 在好氧条件下降解转化为 DDE, 在厌氧环境下降解为 DDD, 所以当环境中 $DDD/DDE < 1$, DDT 发生好氧性生物降解, 当 $DDD/DDE > 1$, DDT 发生厌氧性生物降解. DDT 在环境中存在的时间越长降解越充分, 则 DDT 所占的比例会越低. 受 DDT 污染的土壤经长期风化后, 当 $DDT/(DDD + DDE) > 1$ 时说明环境中有新源输入^[21].

潮滩沉积物中 DDT 各成分的组成如图 3 所示. 其中 X 轴为 DDE 含量, Y 轴为 DDT 含量, Z 轴为 DDD 含量. A 区中 $DDT/(DDD + DDE) > 1$, B 区中 $DDD/DDE < 1$, C 区中 $DDD/DDE > 1$. X1、X3、L2 落在 B 区, 即 $DDD/DDE < 1$, 说明这 3 点 DDT 发生好氧性生物降解, X2、L1、L3、GN1、GS1、GS3 落在 C 区, 即 $DDD/DDE > 1$, 以上 6 点 DDT 发生厌氧性生物降解. GN2、GN3、GS2 落在 A 区, 即 $DDT/(DDD + DDE) > 1$, 说明灌河口有新的 DDT 来源.

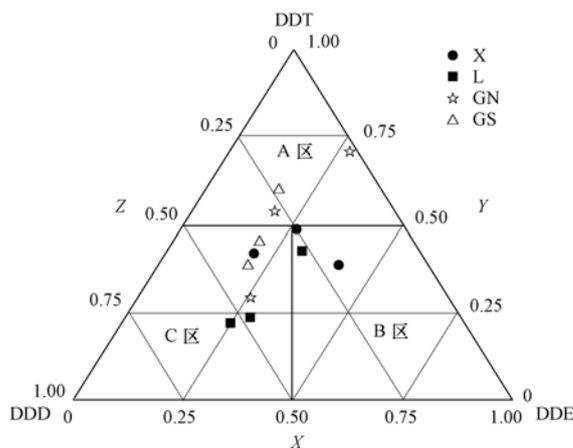


图 3 连云港潮滩表层沉积物 DDTs 组分三角图

Fig. 3 Triangle diagram for DDTs composition in the surface sediments from Lianyungang tidal flat

HCH 有 4 种异构体, 分别为 α -HCH、 β -HCH、 γ -HCH 和 δ -HCH. α -HCH 和 γ -HCH 在土壤、空气以及水中广泛分布, 其中 γ -HCH 具有明显的杀虫功效, 也作为单体应用于农业, 即林丹. γ -HCH 相对于 α -HCH 更容易降解, 且在一定的条件下, γ -HCH 可向 α -HCH 发生异构转化. 因此在降解的过程中, α -HCH/ γ -HCH 的值会越来越高. 可用 α -HCH/ γ -HCH 的比值来追踪林丹的释放源^[2]. 一般而言, 当水体和沉积物中 α -HCH/ γ -HCH 接近于 1 时, 表示周围环境中林丹代替了工业 HCH 在使用; 当比值介于 4—7 之间时, 表示来源于工业 HCH, 并可能经过大气长距离运输^[22]. 连云港潮滩表层沉积物中 HCH 4 种异构体的检出率是 100%. 如图 4 所示, 残留总量中 β -HCH ($40.55 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$) $>$ δ -HCH ($8.56 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$) $>$ α -HCH ($8.08 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$) $>$ γ -HCH ($6.13 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$). 连云港河口潮滩沉积物 α -HCH/ γ -HCH 值在 0.21—4.86 之间 (图 4), 大部分采样点比值在 1 左右, 表明沉积物中 HCHs 主要来源于林丹的使用, 而我国 1983 年已停止生产和使用 HCHs 农药, 因此 HCHs 主要来源于早期林丹在土壤中的残留.

2.3 总有机碳对有机氯农药的影响

总有机碳代表了沉积物中的有机质含量, 有机质对有机氯农药含量有两方面的影响, 一方面由于有机氯化合物具有低溶解度, 高脂溶性的特性, 因此具有强烈地向有机质富集的趋势; 另一方面, 有机质代表着较高含量的微生物, 而微生物对有机氯农药有一定的生物降解作用^[5].

连云港潮滩断面的 TOC 含量如图 2 所示. 连云港潮滩 X 断面和 L 断面 OCPs 和 TOC 的空间分布呈现正相关, 相关系数分别为 0.925 和 0.987. 这与绣针河口和临洪河口潮滩向海淤长有关, 潮滩淤长导致沉积物有机质迅速埋藏和保存, 易于吸附有机氯农药. 总有机碳是影响绣针河口和临洪河口潮滩沉积物中 OCPs 分布的重要因素. 而灌河口北部和南部潮滩沉积物 OCPs 和 TOC 之间呈现负相关, 相关系数分别为 0.41 和 0.589. 灌河口潮滩持续受到潮流和波浪的侵蚀作用, 导致沉积物中有机质易于降解和扩散.

2.4 生态风险评价

Long 等^[23] 通过研究北美海岸和河口沉积有机物污染的生态风险, 提出用风险评估值来指示沉积物

的风险程度,即 ERL 值(effects rang-low)和 ERM 值(effect rang-median). 沉积物中污染物浓度小于 ERL 值则表示极少产生负面效应(生物效应几率 < 10%),大于 ERM 值表示经常发生负面生态效应(生物效应几率 > 50%),处于 ERL 和 ERM 之间表示偶尔发生负面生态效应.

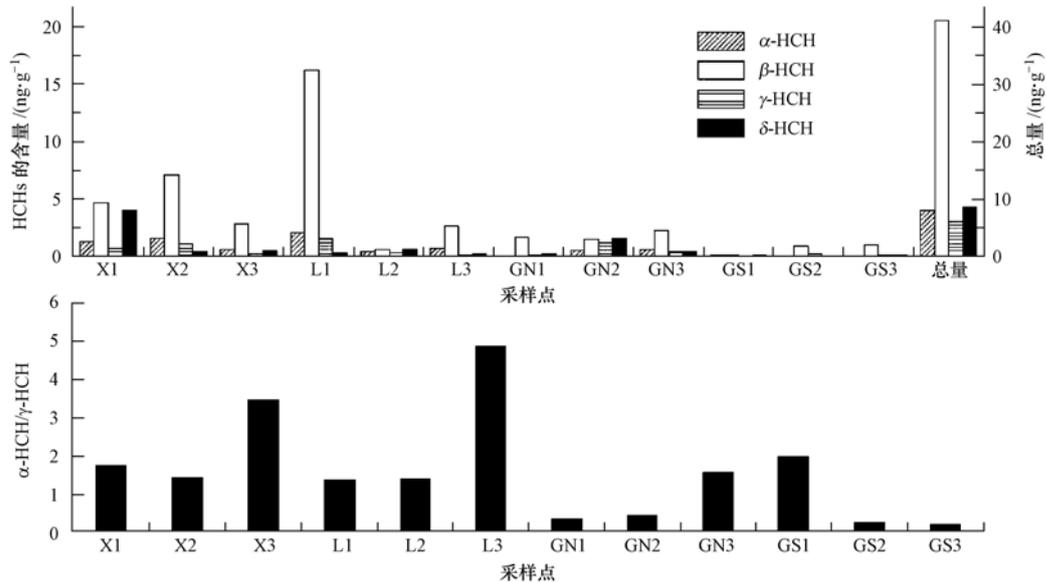


图 4 连云港潮滩表层沉积物中 HCH 异构体含量和 α -HCH/ γ -HCH 的比值

Fig. 4 Concentration of the HCH isomers and α -HCH/ γ -HCH ratios in the surface sediments from Lianyungang tidal flat

连云港潮滩表层沉积物中 OCPs 含量以及 ERL、ERM 值如表 2 所示. 沉积物中 OCPs 含量均未超过 ERM 值(即生物效应几率 < 50%). 因此采用 ERL 作为风险评价基准值,即通过计算 ERL 风险商(ERL HQ)来评价连云港潮滩表层沉积物中 OCPs 的生态风险^[24]. 风险商计算公式如下:

$$HQ = C/B$$

式中, HQ 为风险商值, B 为风险评价基准值, C 为 OCPs 的测定浓度. ERL HQ ≤ 1 表示风险较低(生物效应几率 < 10%); ERL HQ > 1 表示存在潜在的生态风险(生物效应几率介于 10% 和 50% 之间).

表 2 连云港地区潮滩表层沉积物中 OCPs 与 ERL 及 ERM 值比较

Table 2 Comparisons of OCPs in the surface sediments from Lianyungang tidal flat with ERL and ERM

化合物	ERL/(ng·g ⁻¹)	ERM/(ng·g ⁻¹)	测定/(ng·g ⁻¹)	ERL HQ	<ERL 比例/%	ERL-ERM 比例/%	>ERM 比例/%
DDT	1	7	0.65—4.98	0.65—4.98	50	50	0
DDE	2	20	0.19—3.62	0.09—1.86	91.7	8.3	0
DDD	2	15	0.1—3.14	0.05—1.57	83	17	0
DDTs	1.58	46.1	1.11—11.74	0.70—7.43	8.3	91.7	0

连云港潮滩表层沉积物中 DDT、DDE 和 DDD 的含量均低于 ERM(表 2). DDE 最大的 ERL HQ 为 1.86, DDD 最大的 ERL HQ 为 1.57,除了个别样点外,这两种成分对环境造成的负面影响很小. 50% 的样点 DDT 的含量低于 ERL,最大 ERL HQ 是 4.98,对环境偶尔发生负面影响. 91.7% 的样点 DDTs 的含量介于 ERL 和 ERM 之间,最大 ERL HQ 达到 7.43,即偶尔会对环境发生负面生态效应. 连云港潮滩沉积物中 OCPs 具有一定的潜在生态风险.

3 结论

(1)连云港潮滩表层沉积物中 OCPs 含量范围是 2.15—24.84 ng·g⁻¹,均值为 9.09 ng·g⁻¹,其中 DDTs 的含量范围是 1.11—11.74 ng·g⁻¹,均值为 3.72 ng·g⁻¹,HCHs 的含量范围是 0.38—20.17 ng·g⁻¹,均值为 5.36 ng·g⁻¹. 4 个采样断面的 OCPs 含量顺序为临洪河口 > 绣针河口 > 灌河口北 > 灌河口南. 与

国内其它地区沉积物中 OCPs 含量相比较,连云港潮滩沉积物中 DDTs 含量处于较低的水平,HCHs 含量处于中等的水平。

(2)连云港潮滩沉积物中 HCHs 主要来源于早期林丹在土壤中的残留,灌河口有新的 DDT 污染源输入。

(3)总有机碳是影响绣针河口和临洪河口潮滩沉积物中 OCPs 分布的重要因素,而灌河口潮滩受到波浪和潮流的侵蚀作用导致总有机碳降解和扩散。

(4)根据沉积物风险商值,连云港潮滩沉积物中 OCPs 存在一定的潜在生态风险。

致谢:在采样过程中得到了李海宇老师、何华春、于文金、丁艳峰的帮助,在样品的测定过程中得到了中国科学院南京土壤研究所靳伟老师和任雷、陈燕燕的帮助,在此一并致谢!

参 考 文 献

- [1] Glynn P W, Rumbold D G, Snedaker S C. Organochlorine pesticide residues in marine sediment and biota from the northern Florida reef tract [J]. *Mar Pollut Bull*, 1995, 30(6): 397-402
- [2] 刘敏,许世远. 长江口潮滩 POPs 环境生物地球化学过程与生态风险 [M]. 北京:中国环境科学出版社, 2005: 1-15
- [3] Strandberg B, Strandberg L, van Bavel B, et al. Concentrations and spatial variations of cyclodienes and other organochlorines in herring and perch from the Baltic Sea [J]. *Science of the Total Environment*, 1998, 215(1-2): 69-83
- [4] Li X D, Mai B X, Sheng G Y, et al. Distribution of organochlorine pesticide in a sediment profile of the Pearl River Estuary [J]. *Bull Environ Contam Toxicol*, 2001, 67: 871-880
- [5] 胡雄星,韩中豪,周亚康,等. 黄浦江表层沉积物中有机氯农药的分布特征及风险评价 [J]. *环境科学*, 2005, 26(3): 44-48
- [6] 孙剑辉,王国良,张干,等. 黄河表层沉积物中有机氯农药的相关性分析与风险评价 [J]. *环境科学学报*, 2008, 28(2): 342-348
- [7] 刘立丹,王玲,高丽荣. 鸭儿湖表层沉积物中有机氯农药残留及其分布特征 [J]. *环境化学*, 2011, 30(9): 1643-1649
- [8] 杨毅,刘敏,许世远,等. 长江口潮滩表层沉积物中 PCBs 和 OCPs 的分布 [J]. *中国环境科学*, 2003, 23(2): 215-219
- [9] 袁旭音,王禹,陈骏,等. 太湖沉积物中有机氯农药的残留特征及风险评估 [J]. *环境科学*, 2003, 23(1): 121-125
- [10] 连云港市地方志编纂委员会. 连云港市志 [M]. 北京:方志出版社, 2000
- [11] 林峥,麦碧娟,张干,等. 沉积物中多环芳烃和有机氯农药定量分析的质量保证和质量控制 [J]. *环境化学*, 1999, 18(2): 115-121
- [12] 黄家祥,殷勇,徐军,等. 苏北灌河口潮间带表层沉积物重金属空间分布特征及其环境效应 [J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2007, 27(5): 23-32
- [13] 李洪,伏宇众,周传光,等. 大连湾和锦州湾表层沉积物中有机氯农药和多氯联苯的分布特征 [J]. *海洋环境科学*, 1998, 17(2): 73-76
- [14] 刘现明,徐学仁,张笑天,等. 大连湾沉积物中的有机氯农药和多氯联苯 [J]. *海洋环境科学*, 2001, 20(4): 40-44
- [15] 康跃惠,麦碧娟,张干,等. 珠江三角洲河口及其临近海区表层沉积物中含氯有机化合物的分布特征 [J]. *中国环境科学*, 2000, 20(3): 245-249
- [16] 刘贵春,黄清辉,李建华,等. 长江口南支表层沉积物中有机氯农药的研究 [J]. *中国环境科学*, 2007, 27(4): 503-507
- [17] 张元标,林辉. 厦门海域表层沉积物中 DDTs、HCHs 和 PCBs 的含量及其分布 [J]. *台湾海峡*, 2004, 23(4): 423-428
- [18] Hong H, Xu L, Zhang L, et al. Environmental fate and chemistry of organic pollutants in the sediment of Xiamen and Victoria Harbors [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 1995, 31: 229-236
- [19] 陈伟琪,洪华生,张路平,等. 闽江口—马祖海域表层沉积物中有机氯污染物的残留水平与分布特征 [J]. *海洋通报*, 2000, 19(2): 53-58
- [20] Doong R A, Peng C K, Sun Y C, et al. Composition and distribution of organochlorine pesticide residues in surface sediments from the Wu-Shi River estuary, Taiwan [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2002, 45(1-12): 246-253
- [21] Willett K L, Ulrich E M, Hites R A. Differential toxicity and environmental fates of hexachlorocyclohexanes isomers [J]. *Environ Sci Technol*, 1998, 32: 2197-2207
- [22] 邢云青,尹方,黄宏,等. 长江口及东海近岸表层沉积物中有机氯农药赋存特征 [J]. *海洋环境科学*, 2011, 30(1): 52-56
- [23] Long E R, Field L J, Macdonald D D. Predicting toxicity marine sediments with numerical sediment quality guidelines [J]. *Environ Toxicol Chem*, 1998, 17(4): 714-727
- [24] Gómez-Gutiérrez A, Garnacho E, Bayona J M, et al. Screening ecological risk assessment of persistent organic pollutants in Mediterranean Sea sediments [J]. *Environment International*, 2007, 33(7): 867-876

Determination of organochlorine pesticide residues in the surface sediments of Lianyungang tidal flat and their ecological risk assessment

LIU Xingjian¹ GE Chendong^{1*} CUI Yanling¹ ZOU Xinqing¹ WANG Xiaorong²

(1. Ministry of Education Key Laboratory of Coast and Island Development, Nanjing University, Key Laboratory for Coast and Island Development, Jiangsu Province, Nanjing, 210093, China;

2. State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, Nanjing University, Nanjing, 210093, China)

ABSTRACT

Twelve surface sediment samples were collected from the Xiuzhen River estuary, the Linhong River estuary, the northern and southern Guan River estuaries on the Lianyungang tidal flat. The concentrations of OCPs in the sediments were analyzed by GC-ECD. The results show that the concentrations of OCPs, DDTs and HCHs vary from 2.15 to 24.84 ng·g⁻¹, from 0.38 to 20.17 ng·g⁻¹ and from 1.11 to 11.74 ng·g⁻¹ respectively. The OCPs concentration is the highest in the Linhong River estuary and the lowest in southern Guan River estuary. The distribution of DDTs components shows that there are some new input sources to the Guan River estuary. HCHs in the sediments may be derived from the non-degraded lindane in the agricultural soils. The OCPs in the Linhong and Xiuzhen River estuary may correlate positively to the TOC content in the sediment. Using the ERL, the highest ERL HQ (hazard quotient) was 7.43 within the samples. Potential ecological risk caused by OCPs would be high on the Lianyungang tidal flat.

Keywords: OCPs, DDTs, HCHs, risk assessment, surface sediment, Lianyungang.