

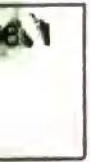
动物污染

杨明宪 编译

生态学



江



江

责任编辑 徐 速
封面设计 本 忠
责任校对 伍 文

动物污染生态学

杨明宪 编译

*

辽宁大学出版社出版 (沈阳市崇山西路3段4号)
辽宁省新华书店发行 沈阳市第六印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/32 印张: 3.25 字数: 70千

1988年6月第1版 1988年6月第1次印刷

印数: 1—2,000

*

ISBN 7-5610-0257-2

Q·10 定价: 0.95 元

序

什么是生态学？说法各异，就生态学研究的对象看不外是生物体与生物所处环境之间互相作用的规律和机理。从表面上看，这一范畴因为它与人类事物密切相关，很易被人们接受。但所谓环境，从它涉及的范围和可以应用的领域看深入地理解则是困难的，也存在着复杂的意见分歧。特别涉及到人类和社会环境之间的关系，人们往往离开了生态学领域，看成是与生态学不相干的社会学的分支学科。然而，作为人类社会环境是互相依存，互相关联和不可分割的。尽管人类行为有可塑性，有控制周围环境的能力，不依赖于环境，发展文化的趋势比任何生物都大得多。生态学的特点和力量就在于他是一门综合的科学。他能够把自然科学和人文科学整体化。今后用生态学原理造福于人类能否成功，并不是更多的依据于技术和环境科学，而是有赖于经济、法律、计划和人文的其它领域。而在这些方面至今还很少有生态学的渗透。如在城市规划中，社会指数和污染指数一样重要。在监测城市生命质量中，已婚人口百分比、离婚百分比、无父家庭百分比、健康百分比、失业少年百分比、犯罪率、学龄人数占人口数百分比，都可以做为政治生活质量指数。如果过去就有规律的测量这些指数，并用生态学的方法对城市的设计加以控制，城市问题就不会达到现在这种危机程度。

一种栖息地不被破坏和变革是很少的。生态危机已成为世界舆论中心，是与自然社会多方面因素密切相关的。世界固有的生态平衡已开始全面遭到破坏。英国诺曼·迈耶斯博士为首的专家工作组经过三年调查的结果认为：地球上的生物种

类现在大约有300万到1000万种。根据世界各地野外考察的实际情况推断,由于人类对自然界的破坏,自然淘汰也一直在进行着,不少生物将从地球上消灭。现在地球上生物种类的减少速度明显地加快。35亿年以前,地球上开始有生物,种类逐渐增多。最多时估计有1—1.5亿种。据推测,在恐龙等绝灭的冰河期,生物绝种的速度是“每千年一种”。然而,从十六世纪到十九世纪的300年间,鸟、兽灭绝了75种,即每4年1种。70年代末期,生物以平均“每天一种”的速度从地球上绝迹。目前估计世界上有2500种植物和1000种脊椎动物处于绝灭的危险之中。这种加速绝灭明显是人为原因造成的。

人类的生存也面临着生态危机。人从开始直立时起到十八世纪才生殖繁衍成10亿人口。预计到本世纪末就要突破6⁰亿大关。这种巨大的人口增长速度,伴随着天文数字的消耗规模,一系列问题正在严重化,到一定时期就会爆发。

对于地球的生态现状,人类需要总结过去,正视现在,更需要放眼未来。为人类在地球上长远生存,不得不对在人为干预下,不稳定、不正常的生态环境加以认真的研究。60年代人们从生态学中提出了“污染生态学”的概念,目的是研究在人为干预下,生态特异性的种种变化,即用生态学的观点、方法和理论去探讨,由于污染和恶劣的社会环境给生态系统带来的反常影响。并指示这一变化的生命系统与环境系统之间互相作用的规律及机理。以求保护人类赖以生存的生态系统正常化、最优化的途径,保护生物种源的多样性、丰富性和稳定性。然而,污染生态学到目前为止尚未形成一完整体系的真正学科。但随着人们对污染生态学认识的深化和资料的积累,必将成为一门自成体系,有广阔发展前途的新兴学科。

目 录

第一章 陆地生态系统	1
一、样品问题	2
二、陆地生态系统	3
三、陆地食物链	6
四、陆地脊椎动物	9
(一) 两栖类	9
(二) 爬行类	11
(三) 鸟类	12
(四) 哺乳动物	17
第二章 淡水生态系统	25
一、水资源	25
二、施用过杀虫剂土地中水的运输和腐蚀性迳流	29
三、DDT与甲氧DDT	31
四、环戊乙烯类衍生物和高丙体六六六	33
五、有机磷和氨基甲酸酯类杀虫剂	34
六、杀虫剂在生物区系内的迁移	37
(一) 水生生物对杀虫剂的吸收	37
(二) 食物链	39
(三) 模拟生态系统	43
七、小溪、河流中的杀虫剂	46
八、在大湖区中的有机氯农药	48
第三章 河口生态系统	52
一、河口营养物的来源和转化	54
二、生物对营养物的沉淀和转化作用	58
第四章 海洋生态系统	63

一、石油污染.....	63
二、世界渔获量.....	66
三、海洋哺乳动物.....	68
四、海洋食物链.....	70
第五章 人类的种群生态.....	72
一、人口增长的趋势和特点.....	76
二、都市化.....	83
三、拥挤.....	87
结束语.....	91
主要文献.....	94

第一章 陆地生态系统

生物在陆地环境中会遇到各种灾难。如季节的变化、洪水、火灾、地震、疾病、饥饿、捕食、对栖息地和生境的竞争，都会大量改变生物群落、种群的结构。生态系统中所有生物的稳定性和脆弱性都是十分脆弱的。现存的各物种，是经过长期历史进化，在群体基因库内进行特性合理配合，并成功地繁衍才形成的。生物与生境的统一、协调是生物生存的重要条件。然而，现代工艺产生的化学合成物，对所有生物都是新的环境因素。对他们在基因库内的选择是不适宜和有害的。加上栖息地的减少、破坏给生物带来了严重威胁。虽然不是所有地方都消灭了生物，但陆地生态系统对污染的忍耐力已达到了顶点。

本章对陆地脊椎动物大的分类群及毒物对它们的影响进行了讨论，这些讨论大部分集中于农药。但几百种新的非农药化学物质，每年都被新的技术生产出来，这对野生动物都是极危险的。但多年来对这方面研究地很少。即便是农药对野生动物有影响，因缺乏仪器和适当的方法，研究地也很不够。事实上一种新农药在应用之前就应研究消除它的方法。现在的情况是，大多数农药在了解它的危险性之前，就已经扩散到环境中了。

决定一个生态系统或一个种类生态的弹性限度是困难的。提出可靠的监测数据，要依靠有效的样品技术。没有可靠的测量技术，测定污染物在生态系统中的迁移、转化，只靠种类和种群数量的减少作标志是不够的。

对陆地动物污染影响的调查中，无论野外或实验室的化学分析、资料鉴定、用公式对资料进行解释上，都遇到了一些困难。

一、样品问题

如何采取样品和对样品进行综合化验分析，是动物污染监测的关键。必须选择一系列科学、合理的程序，才能达到预期的目的。采取动物样品之前，首先应计划取样的过程、方法。使用群体样本的大小，应根据种群的数量和研究目的，用统计学的方法选择适合的样本数量。所用样品应该在生物学、生态学、生理上处于正常状态。随机样品应带有许多因素的正确资料、像动物是迁栖还是居留的种类；他们有什么样的生理节律和摄食周期；在不同季节或一天内生物能量变化是什么状况；动物的食物是处于丰富的年份还是缺乏的年份，采样时是否超出了这一地区正常的气候范围；所取样品是否有倾向于体弱的个体或倾向于健壮的个体，如果体弱个体占优势极易夸大了化学毒性，通常会有组织中毒偏高的倾向；捕捉健壮的个体会导致毒理学问题的减轻。

许多动物，特别是小型哺乳类和鸟类，依靠其它生物和环境因素的互相作用来调节它们群体的大小。如，有一种植物激素，是干旱荒漠地区一种一年生植物叶子中合成的。这种植物当被加利福尼亚鹌鹑食用后，就抑制鹌鹑的繁殖。当潮湿的年分，这种植物生长很茂盛，叶子中只产生少量的激素，鹌鹑吃了之后就恢复了生育力。因为潮湿年分，其他谷物的种子也很丰富，经过一个冬季，鹌鹑的种群扩大了。如果不了解这一机制，采用鹌鹑为样品监测杀虫剂的污染，正

好采样时处于干旱年分，就会误认为在鹌鹑组织中有较多的杀虫剂是种群下降的原因，而得出错误的结论。

以干重计算的样品通常失去了70%以上的水分，可使毒性减少3—4倍或更多，动物组织结构会参入其中的变动，这样的资料难以做比较分析。动物脂肪是有机氯沉着的重要位置。测定脂肪与体重的比和脂肪中有机氯的残留量，是监测有机氯农药经常使用的方法。一般不应采用在野外中毒死亡的动物做样品。动物死亡后大量脱水，组织中毒物形态的改变会严重影响所测数据的准确性。可见，采取新鲜样品，对残毒分析是很重要的。

在实验室控制条件下，同样的实验所测数据也会有很大差异，这与设备、试剂的品质、重复次数有直接关系。

二、陆地生态系统

第二次世界大战期间的1942年，美国人发明了DDT。1943年首先在意大利把DDT粉剂撒在盟军大批士兵身上，成功地消灭了斑疹伤寒。两年之后，为了控制疟蚊使用了DDT，结果奏效神速。于是，DDT声誉大振，生产量直线上升。目前世界上化学药物年产量已达170—200万吨。品种增加到500种以上，通用的有100种左右。有机氯农药如六六六、艾氏剂、狄氏剂得到了大规模的应用。

50年代，美国制定了用化学药物控制昆虫的10年计划，一次喷药的土地面积，少则几万亩，多达几千万亩。1959年秋天，在密执安州东南部，包括底特律郊区的100多万亩的土地，喷撒了艾氏剂药粉。艾氏剂的毒性为DDT的100—300倍，而且价钱便宜。目的是为了控制日本甲虫的蔓延。接

着，肯塔基州、依阿华州、印第安纳州、伊利诺斯州、密苏里州等，许多地区也卷入了喷撒有机氯农药的狂热之中。这种大肆宣传是“无害的”粉粒象雨、雪似的降临大地，就连门廓和人行道上也布满了这样的小颗粒。在撒过药粉的几天内，到处可以看到死鼠，河里的死鱼，突然从天上掉下来的小鸟。据统计，这里80%的鸣禽都被无端杀害。

伊利诺斯州自1954年掀起“扑灭甲虫运动”之后，到1961年末，已有532万亩土地喷撒了狄氏剂（毒性为DDT的50倍）等化学农药。不但消灭了甲虫，各种有益的昆虫，象蚯蚓也相继死亡。农场的90%的猫、大量的家禽、羊群都被毒杀。人喉咙发炎、脑部刺激、恶心、发冷发热，感到十分疲劳。

据调查，1971年用近似 0.5×10^9 公斤农药控制2000种害虫，其中只有1%农药直接与害虫接触；只有25%—50%的农药降落在作物区。当用飞机喷撒就更加危险，有更大的比例不能接触有害昆虫。现在60%的杀虫剂是用飞机喷撒。如果用化学药品直接接触农业害虫，不计算二次中毒，就只有少量的污染问题。但现在的情况是，这种不合理、不适当的农药使用方法不仅浪费了大量农药，而且造成了农药污染的严重问题。

到现在，已有136.2万吨DDT扩散在整个生物圈里。他们通过物质循环、能量流动，几乎污染到世界每个角落，使各种生物、农产品、畜产品、水产品都含有不同程度的DDT。

除DDT之外，人类还有一次有意识地、大面积使用除草剂，这就是60年代美国在越南进行的“枯叶战”。从1961年到1970年的9年中，美国空军在越南南方大面积的喷撒各种枯叶剂—含氯的有机酸。喷药飞行2万次，使1400平方公

里的红树林遭到破坏。西贡北部和西郊的硬木林死掉一半。毁坏了2000平方公里土地上生长的谷物。随着植被和作物的破坏，野生动物也遭到浩劫，土地裸露，几年不能恢复。更严重的是，喷药地区产妇死胎、缺陷胎明显增加。后来研究表明，这些除草剂中含有少量对氧蒽杂质。对氧蒽是一种强烈的致畸胎毒剂。另外，除草剂里含有砷。在马萨诸塞州喷药后，有20头母牛因砷中毒而死亡。除草剂喷到人体上，达到一定剂量会使人患严重的神经炎，甚至瘫痪。由于化学药物给植物的新陈代谢带来变化，糖的含量暂时有明显增加，对许多食草动物有更大的吸引力。家畜因满足这种不正常的食欲而死亡。

污染物对生态系统的影响往往是强烈和持久的。当富营养化时，某些生物大量生长，限制了种的多样性。植物群落结构的改变使整个生态系统景观发生变化。

当污染是慢性的或一个短时期的严重污染，预期对生态系统会产生两种影响：

(a) 生态位和营养水平的降低使群落简单化，物种数量的减少缩短了食物链，使生态效率降低。稳定的生态系统被破坏，群落系列向不稳定的方向倒退。

(b) 植物失去叶丛，光合作用效率降低。植物呼吸作用主要靠树干和茎，则生产量大幅度下降。

在被污染强烈干扰的地区，那些具有抗性的动物，如麻雀、燕子、八哥、老鼠、因失去天敌而大量繁殖，特别是那些有害的食草动物大量繁殖常达到暴发的水平。

某些植物也能很快适应污染影响。在冶炼厂附近，沿着道路两旁某些植物的这种适应性得以表现。道路两旁可被长矛车前群体封闭。

这就给人一个启示：高的诱导因素对植物敏感性是一种选择性压力，可使一些种群表现出对特定污染物具有显著容忍的特性。

三、陆地食物链

生物在生态系统中，由食物关系把多种生物联接起来，一种生物以另一种生物为食；另一种生物再以第三种生物为食……彼此完成一个以食物关系联接起来的网络，叫着“食物链”或叫“食物网”。他是贯串生态系统，维护生态平衡的纽带。而自然界的物质循环和能量流动，往往要经过食物链的传递。污染物质进入环境后，也不是静止不变的，随着生态系统中物质循环，通过食物链逐步积累，在越高的营养级别中浓度也越大，我们称这种现象为“富集”。

1960年在美国加利福尼亚东北部的困利湖和克拉马斯保护区，发生食鱼性鸟类大量异常死亡，10天内发现307只死鸟。经检验，死亡的小鸕鶿脂肪体中DDT的浓度高达湖水中DDT含量的77万倍。下面是这次调查中DDT在食物链中生物浓缩的情况见图1.1。

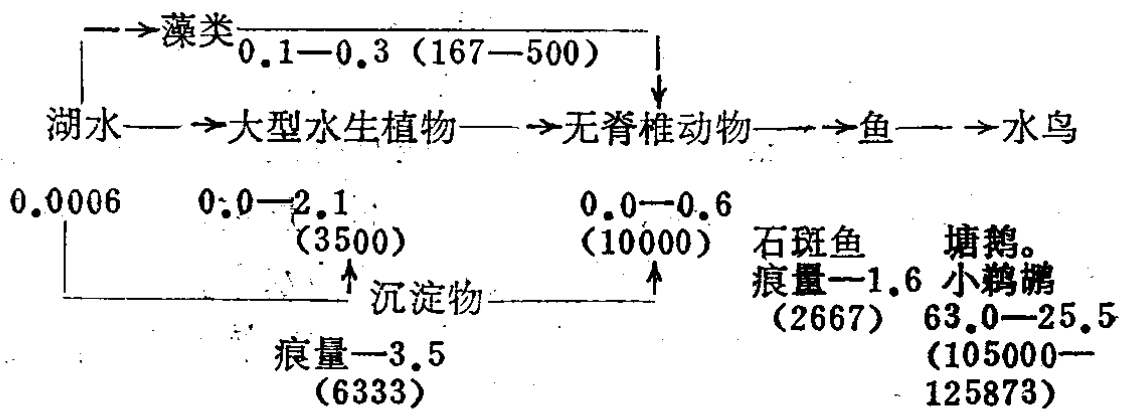


图1.1 DDT在食物链中的浓缩

数字是DDT的PPm，痕量表示：0.1PPm以下，括号内为浓缩系数

美国为控制榆树病施用了大量DDT。蚯蚓浓缩土壤中DDT10倍,蚯蚓体内的DDT通过食物链被知更鸟吸收再次浓缩10倍。这种污染传递过程DDT被转化为DDE。

在美国宾西法尼亚的阔叶林中以每公亩0.25公斤的DDT喷雾,3个月后河流沉积物中含有10ppb的DDT,小龙虾体内含0.2ppm,脂鱼和鲈鱼体中含0.6ppm。

在密苏里州一片庄稼地里每公亩施用0.5公斤的艾氏剂,经过7年,其残毒量见表1.1

表1.1 施用0.5公斤/公亩艾氏剂17年后的含量 (ppm)

土壤	0.03	白蚁	1.0
蚯蚓和步行鸟	1.0—1.5	蛇	12.4

在富集过程中,艾氏剂经环氧化作用形成狄氏剂。

在密西西比河地区每公亩施用0.4公斤灭蚊灵,使不同食性的小型哺乳动物体内积累见表1.2

表1.2 施用0.4公斤/公亩灭蚊灵在小型哺乳动物体内的含量(ppm)

草食动物	0.01
杂食动物	0.21
肉食动物	1.00

靠近冻原带哈德逊湾附近,为了控制蚊子,每公亩施用0.1公斤DDT,连续20年。在陆地水域动物体内的含量见表1.3

表1.3 施用0.1公斤/公亩DDT连续施用20年后在生物体内的含量

池塘沉积物	0.4	土壤	0.09
无脊椎动物	0.35—0.5	陆地植物	0.2
鱼	0.7—3.6	松鼠	0.5—0.7

表1.4是在该地区夏季鸟类脂肪中测得。由于食性不同残毒含量有很大差异。

表1.4 施用0.1公斤/公亩DDT连续施用20年后
在不同食性鸟类脂肪中的含量 (DDT ppm)

柳雷鸟 (食种子)	3—4	鸭和鸕 (食无脊椎动物)	20—52
麻雀 (食种子和昆虫)	11—17	鸥和燕鸥 (食鱼)	56—64

以上数据表明,在食物链中随能量级别的增加,富集大体以10倍的基数递增。食性不同,富集的程度也不同,同样是小型哺乳动物,食肉种类比食草种类高100倍。

有机氯农药和多氯联苯都是脂溶性化合物,因此毒物可以溶解在动物脂肪中,使食物链对毒物的富集有更大的危险性。

动物对农药的浓缩除与动物体内脂肪的容量有关外,与动物的年龄、体积大小也有直接关系。

毒素的生物富集,在肉食性鸟类、哺乳类中比草食类有更大的影响。种群的降低和体内残毒的分析都支持了这一论点。浣熊长期食用含有2ppm狄氏剂的食物引起死亡或生殖能力下降;鹿可忍受25ppm狄氏剂的剂量;同样剂量的DDT或DDE对野鸭只有轻微影响,而却杀死茶隼。这种不同是因为生理容忍性和解毒机制上差异造成的。如,食草动物消化道比食肉动物长,肠内有大量共生微生物可以帮助食草动物毒素的代谢。

DDT是一种不易降解长效性杀虫剂。很多报告表明,喷撒DDT后土壤中无脊椎动物的胃、肠里含有大量毒素。蚯蚓

含有33—164ppm DDT和14—59ppm的DDE（指干重），平均吃3次这种蚯蚓的知更鸟就会中毒死亡。经过9年的研究，土壤中的DDT使蚯蚓和知更鸟之间的这种致死关系可以长达30年之久。

老的杀虫剂现在被高效低毒新的杀虫剂所代替，对蚯蚓群体很少有持久性的影响。呋喃碳、丰索磷在土壤中的毒性能维持4个星期或更长的时间。氯丹、甲拌磷胺甲萘对蚯蚓是致命的杀虫剂。铜基杀菌剂常用来除掉高尔夫球场中的蚯蚓。

土壤中有两个微小的生物体系，即无脊椎动物和小植物。他们是重要的还原者、分解者，对重金属和各种持久性、非持久性杀虫剂有不同的敏感性。虽然他们的数量随着药品的使用，在几个星期或几个月后可以大量减少，但对这些小有机体和土壤肥力，很少有充分的证据说明农药对他们有长期性的影响。

四、陆地脊椎动物

对陆地脊椎动物的健康和种群动态的调查很少。在两栖类、爬行类方面几乎是空白，有一些资料是偶然观察的结果。大部分的研究都集中于鸟类、哺乳类，而重点是农药污染方面。遗憾的是，这些资料要与许多环境因素分开也是不容易的。有些实验缺乏现在同过去种群调查资料的对比。

（一）两栖类

两栖类对污染物有很高的敏感性。原因有三：

（a）毒物在水中缺乏冲淡。

(b) 有毒物质在水中溶解、扩散,有强烈的渗透能力。两栖类的皮肤有丰富的血管负担部分呼吸作用,这是增加毒物进入体内的一个重要途径。

(c) 两栖类在污染的水域中,吃身体上占满了毒物的昆虫,毒物从口、皮肤同时侵入机体,加大了动物的受害程度。暂时性的沟、水塘和水池被污染后水蒸发很快,毒物被浓缩后提高了两栖类的受害程度。高温季节小水域中水温极易升高,生化耗氧量增加,特别是蝌蚪容易被杀死。

两栖类体内蓄存有很多脂肪,特别对有机氯农药在体内的富集是良好的条件。当蝌蚪积累脂肪时期,处于有DDT污染的环境中可引起畸变而导致死亡。小蝌蚪比大蝌蚪有更高的敏感性。

西方合唱蛙 (*Pseudacris Triseriata*) 和捕禽蟾蜍 (*Bufo woodhousii fowleri*) 对狄氏剂、异狄氏剂、甲氧DDT、DDD、三硫磷、马拉硫磷和DDE都有很大的敏感性。用蟾蜍的蝌蚪做96小时毒性实验时,甲氧DDT比七氯和艾氏剂有更大的毒性。

捕禽蟾蜍和蟋蟀蛙用浸透杀虫剂的滤纸做36小时毒性实验,对有机氯杀虫剂的敏感性按下列顺序减少。

异狄氏剂 > 狄氏剂 > 艾氏剂 > 毒杀芬 > DDT

以每公亩0.015公斤三硫磷喷雾,可以全部杀死牛蛙和西方蟾蜍 (*Bufo boreas*) 的蝌蚪;而同样剂量的乙基谷硫磷,对硫磷(1605)、二溴磷、杀螟松、皮蝇磷和壤虫磷则不引起死亡。每公亩施用0.0125公斤的对硫磷能杀死大量的蚊鱼,但是很少伤害年轻的牛蛙。在纽约的森林里,每公亩喷雾0.015公斤的胺甲萘,对蛙、蟾蜍和蝶螈都没有伤害。

从多环烃污染实验的池塘中收集的蝶螈标本,发现其体

内含有很高的芳基羟化酶 (AHH)。这是一种混合机能加氧酶群的微粒肝酶。这种高含量的AHH与癌的高发病率有关。1970年在这个池塘中发现有一个蝶螈组织内有异常生长；1971年有25%的个体产生癌变；1974年增加到40%。蝶螈受AHH的侵害，第1年是1%，第2年就增加到10%。

两栖类对农药也能产生抗性。对两种蟋蟀蛙 (*A. crepitans* *A. gryllus*) 作过实验。从有DDT污染区域采到的个体对DDT的抗性比非用药区的个体(经半致死量实验)高5倍。

(二) 爬行类

在野外,对爬行类的污染研究比两栖类更少。在农业上,杀虫剂对爬行类的影响作过一些观察,爬行类对杀虫剂的敏感性小于两栖类。因他们的表皮角质化,呼吸经过一对完整的肺,这与皮肤很薄,皮下有丰富血管的两栖类相比有很大区别。

海龟、水蛇体内DDT含量达到2ppm时引起死亡。在落叶林中每公亩喷雾0.02公斤DDT时可以杀死少量水蛇。每公亩喷雾0.04公斤,连续五年箱龟群体可不受影响。在北方落叶林中每公亩喷雾0.04公斤马拉硫磷和0.025公斤芳基氨,对两栖和爬行类都没有影响。在路易斯安那州森林里喷雾每公亩0.02公斤磷酸胺或0.005公斤百活磷对水蛇、棉口蛇、铜头都没有影响。

在德克萨斯州冲积平原上应用多种农业杀虫剂的结果,使水蛇在脂肪体中积累了大量农药,其最高含量为(ppm): DDE 590、DDD3.3、DDT 20.4。带蛇含狄氏剂的最高浓度为9.8ppm。DDT在带蛇脑子中的浓度不超过1.5ppm。在同一地区陆地蛇类体内农药含量比水蛇低。七氯环氧化物在海