

农业用水环境中有机氯类污染物污染现状

王艺潼

宁波大学,浙江 宁波 131200

摘要: 本文综述了有机氯农药 (OCPs) 和多氯联苯 (PCBs) 在农业用水环境中的污染现状及详细剖析了它们对环境和人类健康的潜在威胁。文章深入分析了 OCPs 和 PCBs 的来源、物理化学特性以及它们在养殖水体和水产品中的分布,强调了这些污染物通过食物链传递对人类健康的潜在风险。尽管这些污染物的生产和使用受到限制,但由于其持久性和生物累积性,仍广泛存在于环境中。本文强调了加强养殖环境中有机氯类污染物监测和管理的重要性。

关键词: 有机氯农药; 多氯联苯; 水环境; 污染现状

DOI: 10.63887/fns.2025.1.3.3

近年来,经济和工业化的快速发展对环境和健康构成挑战。持久性有机污染物 (POPs) 是环境中长期存在的脂溶性化合物,对生态系统和人类健康产生了严重威胁^[1]。氯化有机污染物是具有高亲脂性和生物蓄积性的合成化合物,如氯酚、二氯甲烷、氯仿等,已广泛用于生产农药、药品、防腐剂、制冷剂等原料或溶剂^[2]。因其生物富集能力、高毒性和潜在致癌性,已在水、空气和土壤检测到,导致严重的环境污染,威胁人类健康并造成生态风险^[3]。尽管这些物质已被长期禁用,但目前环境中仍有广泛检出,人们通过肥鱼、肉类、奶制品和蛋类等动物脂肪饮食经常接触到这些低剂量的污染物,令人担忧。对农业养殖环境中OCPs和PCBs的污染特征进行调查并对其进行风险评估,对于海洋生态环境保护、水产健康养殖、水产品安全以及人类健康具有重要意义。

1 有机氯类污染物

有机氯农药 (OCPs) 是一类合成的氯代碳氢化合物,分为苯基和环戊二烯基两大类,曾被广泛用于农业病虫害防治。然而,由于其持久性和生物累积性,OCPs对环境和人类健康构成潜在风险。世界卫生组织 (WHO) 和国际癌症研究机构 (IARC) 将某些OCPs (如DDT) 归类为可能致癌的物质。OCPs还可能影响神经系统功能,干扰内分泌平衡,对儿童和胎儿的生长发育产生不良影响^[4]。

多氯联苯 (PCBs) 是一种人为合成的化学物质,曾被广泛用于电气设备、油漆和塑料中。PCBs具有高亲脂性,难以分解,容易在生物体内积累,并通过食物链传递。PCBs被环境保护署 (EPA) 和IARC归类为可能的人类致癌物,对神经、免疫、生殖和内分泌系统具有多种毒副作用^[5]。

尽管OCPs和PCBs的生产和使用已受到限制或禁止,但由于其持久性,它们仍广泛存在于环境中,对生物和人类健康构成严重威胁。

2 水产养殖现状

我国是全球水产养殖第一大国,渔业产品年产量稳居世界首位,为国家粮食安全提供了重要补充。水产养殖业已从传统捕捞向集约化生产转型,成为居民膳食消费的主要形式。然而,随着水产养殖业的快速发展,养殖环境污染问题逐渐成为公众关注的焦点。养殖区域的环境质量直接影响水产品的质量,而一些商业动物饲料中含有残留的POPs等污染物,通过水体、食物、沉积物等途径进入水生生物体内,积累并传递到人类,可能引发健康问题。

对农业养殖环境中OCPs和PCBs的污染特征进行调查并对其进行风险评估,对于海洋生态环境保护、水产健康养殖、水产品安全以及人类健康具有重要意义。

3 OCPs和PCBs污染现状分析

3.1 养殖水环境中OCPs和PCBs污染现状分析

水环境质量不仅决定着养殖生物的安全,还影响生态环境和人体健康。在水产养殖中,养殖用水的主要来源是海水或河流、湖泊等自然水域。天然水中的多氯联苯和有机氯农药通常以多组分、低浓度的形式存在。进入水生生物体内后不易分解,并沿食物链不断浓缩富集,对水产品质量安全及人体健康造成严重危害。因此,探究养殖环境的污染现状对水产品质量安全问题意义重大。

当下研究发现,各地区养殖水体中OCPs和PCBs污染程度各异。在工业和农业较发达区域,养殖水体里OCPs和PCBs浓度偏高。这类污染物浓度具有季节性波动的特点,部分区域还面临新OCPs和PCBs输入的生态隐患。Wang等对杭州湾和东海地区养殖海水中50种OCPs和34种PCBs的污染特征和生态风险进行了评估,结果表明OCPs和PCBs的总浓度范围分别为2.6-102.07 ng/L和0.40-51.75 ng/L。风险评估结果表明,OCPs在养殖海水中构成低风险。Jiang等在2020年夏季(7月至8月)和2020年秋季(10月至11月)从渤海湾海水养殖区35个站点点采集了海水样本,分析18种多氯联苯的浓度、分布和来源,以评估多氯联苯的生态影响。结果表明, $\Sigma 18$ 多氯联苯的平均浓度在夏季为124.6 ng/L(范围为28.1-445.5 ng/L),秋季为122.8 ng/L(范围为21.0-581.4 ng/L)。渤海湾养殖海水中多氯联苯表现出高近岸和低远岸特征,表明港口活动、河流输入等陆源影响严重。生态风险评估表明,渤海湾地区几乎所有站点都处于高风险,其中沿海地区风险较高。

国外研究养殖环境中OCPs和PCBs的污染特征发现,养殖水体中PCBs主要是低氯化合物,并且养殖水环境中OCPs和PCBs的浓度和化合物的种类也因区域不同而存在差异。Chakraborty等调查了布拉马普特拉河和胡格利河流域水体中13种OCPs和19种PCBs。 $\Sigma 13\text{OCP}$ (53 ng/L)和 $\Sigma 19\text{PCB}$ (108 ng/L)的几何平均值在胡格利河中高于布拉马普特拉河中 $\Sigma 13\text{OCP}$ (24 ng/L)和 $\Sigma 19\text{PCB}$ (77 ng/L)的几何平均值。生态毒理学风险评估表明,由于DDT和硫丹污染,可能

会对低营养级的生物产生不利影响。意大利伏特罗河流域监测数据显示,PCBs总量浓度介于4.1-48.0 ng/L,

OCPs浓度介于0.93-8.66 ng/L。Eremina等[36]研究了俄罗斯莫斯科河的PCBs,发现仅存在低氯代PCBs同系物,其中PCB49的检出浓度最高(浓度范围为:2.63-91.32 ng/L),其总量水平与北美密西西比河接近,但显著高于哈德逊河及中国长江三角洲地区。

目前水产养殖环境中污染物的防控对水产品质量安全与人类健康至关重要,养殖生境中的污染物变化仍需进行长期研究。目前针对不同养殖环境中OCPs和PCBs等污染物的周期性变化及其对比性研究较少,亟需加强关注。

3.2 水产品中OCPs和PCBs污染现状分析

OCPs和PCBs等持久性污染物通过沉积物-生物体的直接迁移途径,成为众多水生生物的主要接触源。尽管这类有机污染物已实施长期管控,但其在环境中的持续存在仍构成显著风险。这类物质普遍具有疏水性强、亲脂性高的物化特性,同时具有半挥发性、性质相对稳定等特点。这使其能够蓄积于生物体的脂肪组织,并通过营养级传递在食物链中形成放大效应,最终导致高位生物的污染物富集现象。

国内外学者在不同地区、不同种类的水产品中都检出了OCPs和PCBs,并评估了不同人群摄入水产品带来的风险。表1.5总结了一些地区水产品中OCPs和PCBs的污染特征。Arisekar等[9]于2021年10月至2022年2月采集了位于印度东南海岸的马纳尔湾四个对虾养殖场的凡纳滨对虾样本。探究了不同养殖阶段的凡纳滨对虾中OCPs的含量组成和人类健康风险。结果表明,在凡纳滨对虾三个生长阶段OCPs的浓度范围为ND-0.522 $\mu\text{g/kg}$,低于国际食品法典委员会和欧盟设定的标准。风险评估表明,食用该地区的凡纳滨对虾没有非致癌和致癌风险。Robinson T等探究了印度河重要生态地点的淡水中OCPs和PCBs的污染特征。结果表明,鱼肌肉组织中的 $\Sigma 15\text{OCPs}$ 和 $\Sigma 29\text{PCBs}$ 的浓度范围分别为1.93~61.9和0.81~44.2 ng/g (ww)之间。单个物质的浓度由高到低为:DDT>PCB>HCHs>氯丹。在PCBs中三氯含量占比最高,达到了59%。此外,健

康风险评估表明,每天接触 OCPs和 PCBs的终生癌症风险为百万分之一。

国内不同地区不同种类的水产品中都检测到了OCPs和 PCBs。Zhang等在厦门地区代表性贝类中检出 10 种PCBs和 9 种OCPs,总浓度分别为 0.48-3.28 ng/g (ww)和 1.686-73.61 ng/g (ww)。在PCBs中, tetra-、penta- 和 hexa-PCB 同系物占主导地位。在OCPs中, DDT浓度占比最高,其次是艾氏剂类和硫丹。此外,风险评估表明艾氏剂和狄氏剂具有高致癌风险, p, p'-DDD、p,p'-DDT、 α -HCH和 β -HCH的潜在的致癌风险也值得关注。Pan等探究了来自中国 13 个沿海渔业养殖区鲈鱼样本中 7 种PCBs和 10 种OCPs的污染特征。研究结果表明鲈鱼样本肌肉中PCBs、DDTs 和HCHs的浓度分别为 1.02-2.2 ng/g (ww), 0.44-1.74 ng/g (ww)和 2.84~106.11 ng/g (ww)。肝脏中的 Σ OCPs为 127~442.43 ng/g (ww), 分别比鳃和肌肉组织中的 Σ OCPs高 8~12 和 10~14 倍。南方鲈鱼样本中的 Σ OCPs和 Σ PCBs要低于北方。此外,风险评估表明食用研究区域中的鲈鱼可能会影响人类健康。

从以上研究可以看出,在国内外不同地区日常食用的水产品已受到不同程度的 PCBs和OCPs 的污染,即使是在相对寒冷和偏远的青藏高原地区。很多水产

品中存在PCBs和OCPs,对健康风险较大。此外,随着全球 PCBs和OCPs的使用增加,水产品中PCBs和OCPs 的污染在未来可能会进一步加剧,从而增加健康风险。儿童及青少年作为敏感人群,以及渔民作为特殊职业群体,可能比一般成年人面临更高的健康风险。因此,迫切需要对水产品中PCBs和OCPs 污染进行长期、系统的监测,以了解 PCBs和OCPs污染的动态变化,理解接触 PCBs和OCPs人群暴露的长期风险,并促进对 PCBs和OCPs的科学监测和控制。

总结与展望

本文探讨了持久性有机污染物 (POPs), 特别是有机氯农药 (OCPs) 和多氯联苯 (PCBs) 在农业水产养殖环境中的污染现状及其对环境和健康的潜在威胁。详细分析了OCPs和PCBs的来源、特性以及它们在养殖水体和水产品中的分布情况,强调了这些污染物通过食物链传递对人类健康的潜在风险。尽管其生产和使用已被限制或禁止,但由于其持久性和生物累积性,它们仍广泛存在于环境中。加强对养殖环境中POPs的监测和管理,推动生态养殖模式的发展,并提高公众对这些污染物危害的认识,以保护海洋生态环境和人类健康,制定有效的污染防治策略,为养殖业的可持续发展和环境保护提供科学依据。

参考文献

- [1]张辉,吴湘香,陶玲,等.中国淡水池塘养殖发展的时空格局与前景展望[J].淡水渔业,2024,54(02):42-49.
- [2]于艳新,李奇,王慧,等.食物中典型持久性有机污染物(POPs)的生物可给性研究综述 [J]. 生态环境学报, 2015, 24(08): 1406-1414.
- [3]彭政,姜晨,余劲坤.基于斯德哥尔摩公约履约经验强化我国新污染物治理的思考 [J]. 环境保护, 2023, 51(07): 24-27.
- [4]王赛,王团团,黄丽波.水环境中多氯联苯来源与风险评价 [J]. 云南化工, 2021, 48(07): 24-28.
- [5]阚可聪,谷孝鸿,李红敏,等.固城湖及出入湖河道表层水体、沉积物和鱼体中有机氯农药分布及风险评估 [J]. 环境科学, 2020, 41 (03): 1346-1356.