

生物技术在水生态监测中的应用与发展研究

杜昶¹ 罗晓² 林冬庆¹ 刘云琦¹

1 河北科技大学建筑工程学院, 河北石家庄, 050018;

2 河北科技大学环境科学与工程学院, 河北石家庄, 050018;

摘要: 本文围绕生物技术在水生态监测里应用与发展展开相关研究, 说明水生态监测重要意义以及传统监测方法存在的局限, 审视基因技术、生物传感器技术、微生物监测技术等生物技术在水生态监测中的具体应用实例, 考量其面对的难题, 且就未来发展的趋势予以瞻望, 以推动生物技术在水生态监测领域的应用为目标, 为优化水生态监测水平给予借鉴。

关键词: 水生态系统质量监测; 生物探测装置; 实施微生物监测

DOI: 10. 69979/3060-8767. 25. 04. 036

引言

水生态系统作为地球生态系统的关键组成部分, 其健康稳定状况对维护生物多样性、保障人类用水安全和生态平衡有着重要意义, 伴随工业化与城市化进程的加速, 水污染问题严峻性持续上升, 精准且高效的水生态监测是及时把握水生态情况、制定科学治理方案的关键所在。传统水生态监测手段在准确性、时效性等方面存有一定局限, 生物技术靠着其特异性显著、灵敏度不错、能揭示生态系统本质变化等长处, 相继成为水生态监测领域的研究聚焦点, 全面探究生物技术在水生态监测方面的应用与拓展, 对水生态环境的保护具有关键的现实意义。

1 水生态监测的重要性及传统监测方法的局限性

1.1 水生态监测的重要性

水生态监测借助对水体物理、化学及生物指标开展长期且系统的观测与分析, 能及时察觉水生态系统结构及功能的变化态势, 审定水生态系统的健康情形, 精确的水生态监测数据是拟定水污染防治政策、水资源管理规划的关键依据, 通过监测水体里诸如氮、磷的营养物质含量, 可判定水体是否存在富营养化隐患, 进而实施针对性举措预防蓝藻爆发等生态难题; 实施水生生物多样性相关的监测, 有利于把握生态系统的稳定及完整状态, 为生物多样性的保护给予决策支撑, 水生态监测还可就水生态修复工程效果开展评估, 保障修复工作科学有效实施^[1]。

1.2 传统监测方法的局限性

传统水生态监测大体包含物理化学监测与部分简易的生物监测, 物理化学监测手段借助测定水体的温度、酸碱度、溶解氧、化学需氧量等参数, 展现水体的污染

情形, 这些途径只能探测水体里污染物的浓度, 不能揭示污染物对水生态系统里生物产生的影响, 还不容易反映生态系统整体功能的综合变化。当水体面临低浓度有毒物质的污染, 物理化学监测指标或无明显的变化, 然而生物早已受到潜在的侵害, 既往的生物检测途径, 就像观察鱼类等大型水生生物的存活状况以评判水质, 面临监测周期久、灵敏度弱的困境, 而且只能展现部分生物的状态, 无法完整反映水生态系统里生物群落的结构及功能, 传统监测办法往往需借助人工采样与实验室分析工作, 会造成大量人力、物力及时间的消耗, 实时连续监测难以有效开展。

2 生物技术在水生态监测中的具体应用

2.1 基因技术的应用

(1) 水体微生物群落结构分析: 依靠基因测序手段, 诸如 16S rRNA 基因测序、宏基因组测序之类, 能针对水体里的微生物群落进行彻底分析, 经由测定微生物的基因序列, 可精准鉴别微生物的类别, 弄明白群落中不同微生物的相对丰度与分布情形, 在针对太湖水生态的监测里, 科研团队借助宏基因组测序探明, 在蓝藻水华爆发的区域, 涉及氮循环的硝化细菌及反硝化细菌的基因丰度显著变动, 解析出微生物群落与水体富营养化的内在关联, 基因技术还可追索微生物群落结构随时间及环境变迁的规律, 为评定水生态系统稳定性与自我修复能力给予参考。

(2) 指示生物基因检测: 筛选出对特定污染物敏感的指示生物种类, 探查其体内相关基因表达的改变情形, 能快速辨明水体是否受污染及其污染的程度, 常用水生模式生物斑马鱼, 若它体内的细胞色素 P450 基因、热休克蛋白基因等受到重金属、有机污染物等刺激, 表达水平会出现明显的变动。借助实时荧光定量 PCR 技术

检测这些基因表达水平,可敏锐反映出水体里污染物的存在与它的毒性效应,凭基因编辑技术组建转基因生物,令其在特定污染物存在之际表达特定荧光蛋白,得以实现对污染物的可视化探查,进一步增进检测的便捷性与灵敏性,如同科学家采用基因编辑,使斑马鱼在碰到汞离子的时候,其肝脏部位呈现绿色荧光蛋白表达,完成了针对汞污染的快速直观检测工作。

2.2 生物传感器技术的应用

(1) 微生物传感器:微生物传感器把微生物作为识别组件,运用微生物对污染物的特异性反应检测水体里的污染物,水体中的污染物跟微生物接触之后,会引起微生物在呼吸速率、代谢产物等方面的变动,经由传感器把这些变化转换成电信号和光信号,借此实现对污染物的定量度量。采用固定化硝化细菌作为敏感元件的微生物传感器,可对水体中的氨氮含量进行监测,具备响应迅速、检测成本低廉的长处,在某污水处理厂的实时监测相关工作中,微生物传感器可在15分钟内迅速对氨氮浓度变化做出响应,为污水处理工艺的合理调控迅速提供数据支持。

(2) 酶传感器:酶传感器借助酶对特定底物的高度特异性催化本领,把底物浓度的改变转化成可探知的信号,在水生态监测工作里,水体中的重金属离子、有机农药等污染物,可借助酶传感器进行检测,可利用基于乙酰胆碱酯酶的传感器检测有机磷农药,当有机磷农药与乙酰胆碱酯酶相互结合后,会抑制掉酶的活性,经由检测酶活性变化确定农药浓度,由某研究团队所开发的酶传感器,实现了对低至 $0.1\mu\text{g/L}$ 甲基对硫磷的检测,彰显出针对微量污染物检测的强大潜能^[2]。

(3) 免疫传感器:免疫传感器按照抗原-抗体特异性结合的原理构建,把抗体紧固在传感器表面,当水体中的目标污染物(抗原)跟抗体完成结合后,检测结合反应引起的物理或化学信号的相应变化,达成对污染物的筛查目的,免疫传感器可对水体中的各类污染物予以检测,诸如重金属、有机性污染物、生物毒素等。采用抗微囊藻毒素抗体构建而成的免疫传感器,能快速、灵敏地检验水体中的微囊藻毒素,成为防范蓝藻水华毒素危害的有效办法,在滇池水华监测期间,免疫传感器可在30分钟内完成对微囊藻毒素的检测,为及时开展预警与防控工作筑牢根基。

2.3 微生物监测技术的应用

(1) 发光细菌监测:处于正常生理状态的发光细菌可发出光亮,若遭遇污染物的作用,其发光强度会有变动,依靠这一特性,发光细菌可充当生物指示剂,实施对水体综合毒性的监测,把发光细菌与水样接触一段既定时间后,经由测定发光强度的变动值,就能评估出

水样毒性的级别。发光细菌监测呈现出操作简便、响应迅捷、灵敏度强的特征,可迅速测定水体中多种污染物的联合毒性效果,适合突发性水污染事件的应急监测需求,在某一化工厂废水泄漏事故场景下,仅10分钟,发光细菌监测技术便判断废水存在强毒性,为应急处理赢得了宝贵片刻。

(2) 生物膜监测:由附着在固体表面的微生物群落构成生物膜,其结构及功能同水体环境紧密相关,借助对生物膜组成、结构与代谢活性的分析,可呈现水生态系统的健康面貌,对生物膜里微生物的种类、数量以及酶活性等指标开展监测,可以掌握水体的营养状态、污染程度以及自净本事,在某河流生态修复的工程进程内,凭借定期监测生物膜脱氢酶的活性,监测发现伴随修复工作的开展,生物膜活性慢慢变强,说明水体自净能力得到了切实提升。

3 生物技术在水生态监测应用中面临的挑战

3.1 技术层面挑战

生物技术在水生态监测的应用牵扯复杂技术流程与专业知识,对操作人员的技术本领要求颇高,基因测序技术实施需专业仪器设备与熟练的实验操作能力,自样品采集起,经DNA提取、测序再到数据分析,任何一个环节若出现差错,都极有可能影响结果的精确性。生物传感器稳定性及可靠性需进一步提高,传感器使用寿命不长,较易受到环境因素的扰动,诸如温度、pH值这类的变化或许会对传感器性能造成影响,造成检测结果的偏差,各类生物技术之间的兼容程度欠佳,多种技术协同应用的实现困难重重,限制了水生态系统全面监测的开展。

为克服技术层面难题,科研机构及高校需增强相关专业人才培养成效,开设聚焦水生态监测的生物技术专项课程,增进操作人员的技术素养,加大对生物传感器稳定性及兼容性相关技术的研发投入,采用改进传感器材料、提升检测原理科学性等途径,增进传感器的性能效果。

3.2 成本与效率挑战

生物技术相关的那些仪器设备价格甚高,诸如基因测序仪、高精度生物传感器等,购买及保养的成本十分高,拉高了水生态监测的资金投入水平,开展生物技术监测需运用各种试剂及相关耗材,令监测成本进一步攀升,在效率方面而言,即便某些生物技术有着快速检测的长处,然而就总体情形而论,生物技术监测前的处理流程相当复杂,数据分析也需耗费大量时长,尤其是在应对大规模样品处理事宜时,无法契合实时连续监测方面的需求。

应对成本跟效率的问题,可着手探索设立区域性的

生物技术监测共享平台, 执行先进设备的集中式采办, 降低单一机构的设备采购花销, 开展高效数据分析软件及自动化前处理设备的研发, 使操作流程简便化, 减少监测所用时长, 实现监测效率的增进^[3]。

3.3 标准与规范缺失

水生态监测领域的生物技术尚无统一标准与规范, 不同研究机构及企业所采用的检测方法、数据分析标准有差别, 让监测结果的可比性及权威性缺失, 在基因技术的应用实践里, 微生物群落分析里, 采样方法、测序深度、数据分析软件等未形成统一标准, 致使不同研究所得结果无法有效对比, 因标准与规范缺失, 监测数据质量受到波及, 也对生物技术在水生态监测领域的推广应用起到了阻碍作用。

相关部门和行业协会应提速制定水生态监测领域生物技术的标准与规范, 调配专家团队对现存的技术进行梳理评估, 针对样品采集、检测手段以及数据处理等环节拟定统一标准, 使监测结果既准确又具有可比性, 推动行业步入健康发展轨道。

4 生物技术在水生态监测中的发展趋势

4.1 技术创新与融合

生物技术将不断推进创新与提升, 新型基因编辑技术、高灵敏度生物传感器等应用范围将进一步拓展, 生物技术跟其他技术的交融将成发展态势, 好比将生物技术跟物联网、大数据、人工智能等技术组合在一起, 实现水生态监测自动又智能, 凭借物联网技术把分布在不同地方的生物传感器连接好, 实时采集监测资料, 利用大数据以及人工智能技术对数据做分析处理, 及时预估水生态系统的变动态势, 为决策事宜提供科学佐证。

4.2 标准化与规范化建设

伴随生物技术于水生态监测里的应用愈发广泛, 对于标准化与规范化建设将给予高度重视, 相关部门及行业组织要制定统一的技术标准与操作规章, 包含样品采集、检测方法、数据分析、质量审核等各个节点, 增强监测结果精准性、可参照性与可靠水平, 开展标准化与规范化建设, 可推动生物技术在水生态监测领域健康前行, 加速技术的推广铺开。

4.3 小型化与便携化发展

为顺应现场快速监测与应急监测的诉求, 生物技术相关的设备将往小型、可便携化方向发展, 开发体积微小、重量轻微、操作简易的便携式生物传感器与基因检测设备, 让监测人员于现场迅速获取监测数据, 及时掌

握水生态即时状况, 便携式荧光定量 PCR 仪崭露头角, 让基因检测有条件在野外现场实施, 极大增进了监测效果, 对突发性水污染事件的应急处理起到了有力支撑作用。

4.4 多组学技术整合应用

未来水生态监测的关键发展方向为多组学技术整合, 基因技术除外, 转录组学、蛋白质组学、代谢组学等技术会跟现有生物技术深度融合在一起, 采用多组学的技术, 可从基因表达、蛋白质功能、代谢产物变化等多个层面, 深入且全面地解析水生态系统对污染的响应机制, 更透彻地揭开水生态系统变化规律的面纱, 采用转录组学和代谢组学技术相结合的方式, 可在分子水平系统地开展水体污染物对水生生物影响的研究, 为精准测度水生态系统健康状态提供全面的数据依靠。多组学技术整合有望拓展至对水生态系统长期演化进程的研究里, 借助构建多组学数据库, 审视各时段水生态系统分子特征的差异变化, 为水生态系统保护及修复提供更具有前瞻性的方案。

5 结语

生物技术在水生态监测范畴展现出广阔应用前景, 诸如基因技术、生物传感器技术、微生物监测技术等已在水生态监测中起到重要效用, 为精准掌握水生态系统情况提供了全新途径与办法, 就目前情况, 生物技术的应用环节仍面临技术、成本、标准等方面的挑战, 依靠技术创新与整合、标准化规范化构建以及设备朝小型便携方向发展, 水生态监测范畴内, 生物技术会不断健全和成长, 为水生态环境的保护以及水资源可持续利用提供更有力的技术后盾。

参考文献

- [1] 曹颖. 浅谈生物技术在水环境监测中的应用[J]. 中外企业家, 2019, 636(10): 153.
- [2] 梁其林. 水环境监测中生物监测技术的应用及发展前景[J]. 资源节约与环保, 2019(6): 54.
- [3] 王赛宁, 王伦, 刘盼. 生物技术在环境监测中的重要应用要点探讨[J]. 建筑工程技术与设计, 2018(7): 388 0.
- [4] 嵇晓燕, 王姗姗, 杨凯, 李文攀, 姚志鹏, 解鑫, 陈亚男. 长江水环境质量监测网络运行体系初步构建[J]. 环境监测管理与技术, 2022, 34(05): 1-5.
- [5] 陈凤声. 水环境监测的质量控制与保障措施[J]. 清洗世界, 2022, 38(09): 96-98.