地化所建立基于生物传感器的土壤重金属检测系列新方法

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/26257.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

传统重金属检测方法依赖大型仪器，需要复杂繁琐的前处理过程、高昂的检测成本和较长的检测周期。同时，传统检测方法面临着灵敏度不高和智能化程度低的问题。因此，亟需建立高灵敏度及智能化重金属检测方法，以弥补传统方法的不足。生物传感器是快速检测方法，具有响应迅速、成本低、灵敏度高及便于携带等优点，可以较好地克服传统检测方法的局限，在重金属简单、快速、高灵敏检测方面颇具应用前景。

中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室研究员刘承帅团队与广东省科学院生态环境与土壤研究所研究员陈俊华等，建立了以功能核酸为分子识别元件的重金属生物传感器，实现了对重金属的超灵敏、智能化快速检测，并构建了土壤有效态重金属检测新方法。

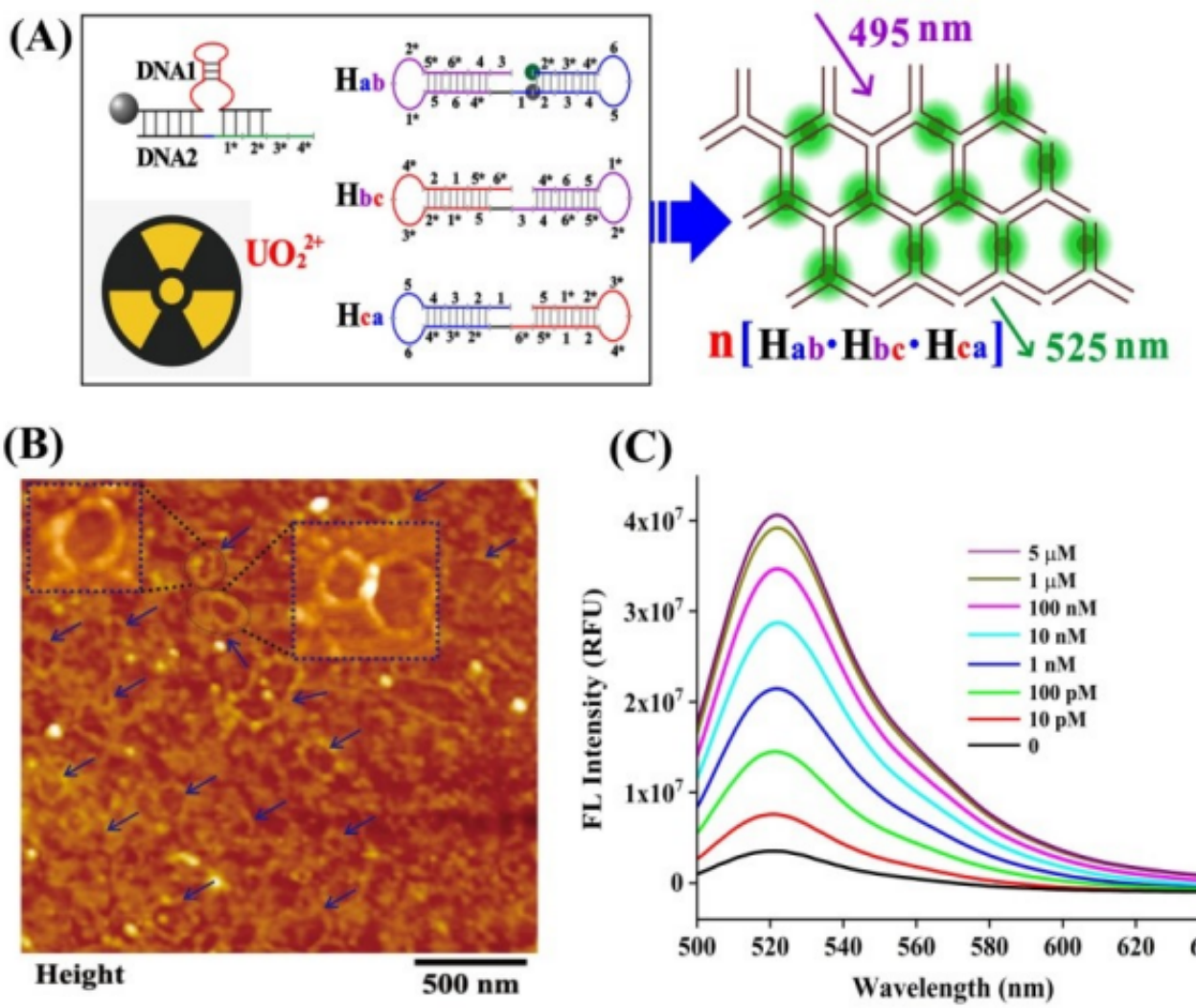
该团队建立了
DNA网状纳米结
构生物传感器，实现了对土壤重金
属的超灵敏检测。科研人员创新性地以双茎环
DNA探针为自组装元件。当反应体系存在待检重金属（以铀离子为例），释放的核酸片段可激活
DNA组装，经过多重循环的核酸杂交
及链置换反应，形成
DNA网状纳米结构的荧光生物传感器。该荧光生物传感器对铀离子的检测线性范围为10 pM到1 mM，检测限为2 pM，可实现对土壤样品中痕量铀污染的超灵敏检测。该荧光生物传感器操作简单、响应迅速、信号扩增效率高效，为土壤重金属的超灵敏检测提供了新方法。

该研究建
立了分子逻辑门生
物传感器，在分子水平上实现了重金
属的智能化检测。研究
以有效态铅和有效态镉两种重金属为目标物，基于二进制原理，以0和1对重金属进行编码，以功能核酸为重金属分子识别元件，通过核酸并行运算和杂交反应，构建了多种分子逻辑门生物传感器，包括OR、AND、XOR、INHIBIT、半加器、半减器等。在生物传感逻辑运算中，0表示检测体系中不存在有效态铅或镉；1表示检测体系中存在有效态铅或镉。以FAM和Cy5进行双通道荧光标记，根据真值表排布，不同的重金属组合会产生不同的荧光输出信号，从而在分子水平上为重金属的智能化检测提供了一套新的传感体系。

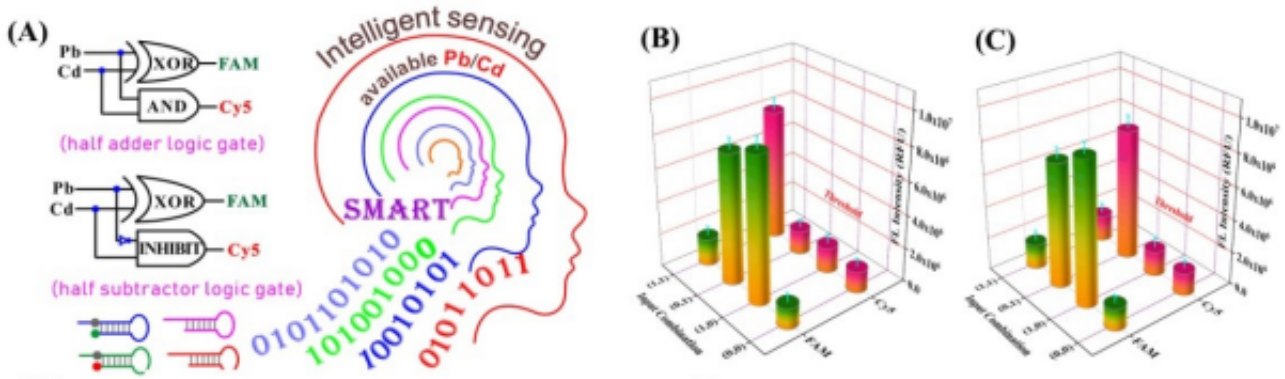
目前，土壤有效态重金属检测方法较多，如BCR法、Maiz三步连续提取方法、Tessier五步连续提取法、DTPA-$CaCl_2$
法等，但适用条件等存在争议。例如，强酸强碱等化学试剂介导的重金属萃取难以反映土壤中有效态重金属的真实含量。同时，这些方法需要连续多步的萃取分离过程，步骤繁琐且耗时较长。因此，探索构建无需消解萃取且可真实反应土壤中有效态重金属含量的快速检测方法具有重要意义。

该团队以生命体基元DNA为有效态重金属识别探针，通过DNA识别、切割以及信号转换，构建了DNA荧光生物传感器，实现了对土壤有效态重金属（铅、镉、铜等）的快速检测。该方法操作简单、无需复杂的连续萃取过程，同时，DNA探针混合即可检测，响应迅速，方便现场快速分析。该荧光生物传感器对有效态铅的检测灵敏度可达0.2
pM，用于土壤样品有效态重金属检
测时，与传统DTPA-$CaCl_2$
法相比，误差小于10%，具有高灵敏度和高特异性，可满足复杂样品中有效态重金属检测需求。

相关研究成果分别发表在*Analytical Chemistry*、*Talanta*和*Science of The Total Environment*
上。相关技术已申请发明专利。研究工作得到国家重点研发划、国家自然科学基金和贵州省高水平人才项目等的支持。



（A）
DNA网状纳米结构生物传感器检测重金属原
理；（B）原子力显微镜表征组装的DNA纳米结构；（C）检测限和检测灵敏度分析



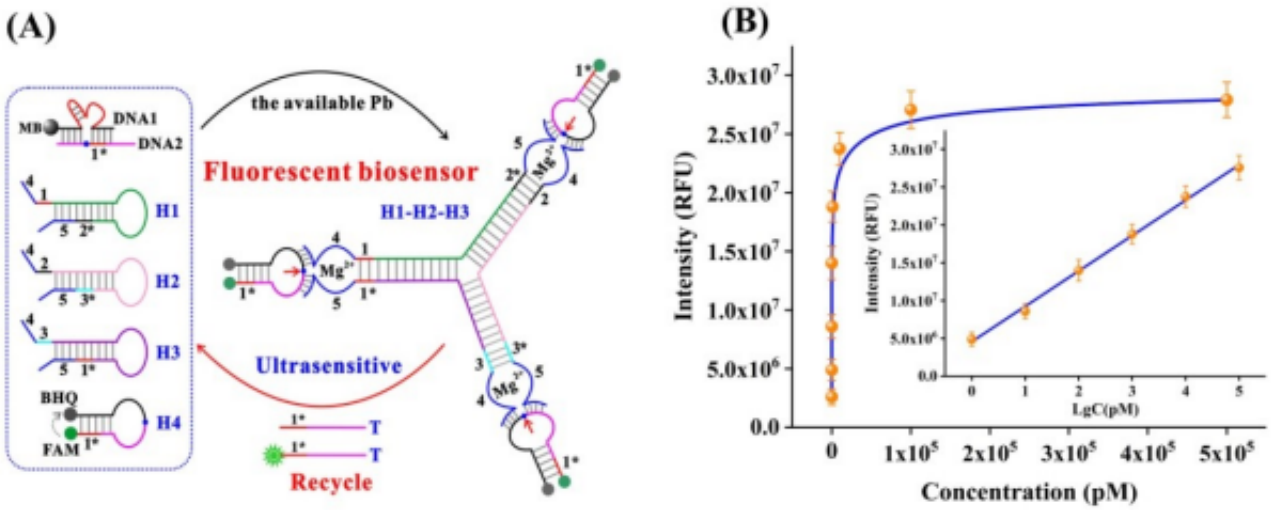
(D)

Inputs		Output 1 (FAM)	Output 2 (Cy5)
Input 1 (Pb)	Input 2 (Cd)	XOR gate Difference Digit	AND gate Borrow Digit
0	0	0	0
1	0	1	0
0	1	1	0
1	1	0	1

(E)

Inputs		Output 1 (FAM)	Output 2 (Cy5)
Input 1 (Pb)	Input 2 (Cd)	XOR gate Difference Digit	INHIBIT gate Borrow Digit
0	0	0	0
1	0	1	0
0	1	1	1
1	1	0	0

（
A）分子逻辑门生物传感器用于
有效态重金属的智能化检测；（
B）半加器分子逻辑门生物传感器结果；（
C）半减器分子逻辑门生物传感器结果；（
D）半加器分子逻辑运算真值表；（E）半减器分子逻辑运算真值表



(C) 土壤样品中有效态铅传统DTPA法检测与荧光生物传感器法检测比较

Samples	DTPA	Biosensor	RSD (%)	Re (%)
Soil 1#	0.26 nM	0.24 nM	3.7	-8.3
Soil 2#	7.45 nM	7.98 nM	4.5	6.6
Soil 3#	15.36 nM	16.97 nM	4.2	9.5
Soil 4#	28.78 nM	27.16 nM	3.8	-5.9
Soil 5#	75.92 nM	79.84 nM	4.9	4.9

（A）
DNA荧光生物传感器用于有效态重金属检测原理；（B）有效态重金属检测灵敏度分析结果

研究团队单位：地球化学研究所

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发