



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109668864 A
(43)申请公布日 2019. 04. 23

(21)申请号 201811533463.9

(22)申请日 2018.12.14

(71)申请人 福建中医药大学

地址 350122 福建省福州市闽侯县上街镇
大学城邱阳路1号

(72)发明人 许惠凤 朱希 余丽双 王丽丽
张诗琪 周奕

(74)专利代理机构 北京中济纬天专利代理有限公司 11429

代理人 张磊

(51)Int.Cl.

G01N 21/64(2006.01)

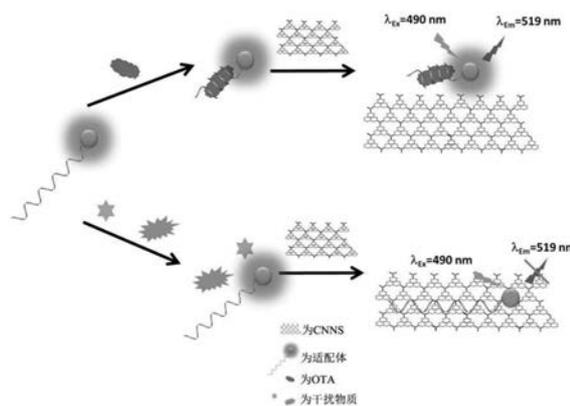
权利要求书2页 说明书6页
序列表1页 附图6页

(54)发明名称

氮化碳纳米片耦合适配体传感的赭曲霉毒素A荧光检测方法

(57)摘要

本发明涉及一种氮化碳纳米片耦合适配体传感的赭曲霉毒素A荧光检测方法,该方法利用适配体与g-C₃N₄纳米片(CNNS)的相互作用以及g-C₃N₄纳米片对荧光发光团的淬灭作用,并结合适配体特异性识别赭曲霉毒素A的特性,构建信号增强型的赭曲霉毒素A荧光检测方法;其中,所述适配体的序列如下:5'-GATCGGTGTGGGTGGCGTAAAGGGAGCATCGGACA-FAM-3'。此方法操作简单、背景信号较低,检测限低且选择性良好。



1. 一种氮化碳纳米片耦合适配体传感的赭曲霉毒素A荧光检测方法,其特征在于:利用适配体与g-C₃N₄纳米片的相互作用以及g-C₃N₄纳米片对荧光发光团的淬灭作用,并结合适配体特异性识别赭曲霉毒素A的特性,构建信号增强型的赭曲霉毒素A荧光检测方法;

其中,所述适配体的序列如下:

5' -GATCGGTGTGGGTGGCGTAAAGGGAGCATCGGACA-FAM-3'。

2. 根据权利要求1所述的氮化碳纳米片耦合适配体传感的赭曲霉毒素A荧光检测方法,其特征在于:它包括以下步骤:

- (1) 合成g-C₃N₄纳米片;
- (2) 配制适配体溶液;
- (3) 配制赭曲霉毒素A标准溶液;

(4) 绘制赭曲霉毒素A响应标准曲线并获得线性回归方程式:在不同浓度的赭曲霉毒素A标准溶液中分别加入配制好的适配体溶液,反应30-210min,再分别加入g-C₃N₄纳米片,静置0.5-3min,用荧光分光光度计在室温下分别检测上述不同浓度赭曲霉毒素A标准溶液在520nm处的荧光强度,获得荧光强度与赭曲霉毒素A浓度的标准曲线;根据所得标准曲线,获得荧光强度与赭曲霉毒素A浓度的线性回归方程式;

(5) 待测液检测:在待测液中加入配制好的适配体溶液,反应30-210min,再加入g-C₃N₄纳米片,静置0.5-3min,用荧光分光光度计在室温下检测体系在520nm处的荧光强度,将该荧光强度带入步骤(4)所获得的线性回归方程式中,经计算得待测液的赭曲霉毒素A浓度。

3. 根据权利要求2所述的氮化碳纳米片耦合适配体传感的赭曲霉毒素A荧光检测方法,其特征在于:步骤(1)合成g-C₃N₄纳米片的具体方法为:

a. 合成体相的g-C₃N₄:将二氰胺放置在管式炉中,以2-3°C/min的速率进行程序升温并在600-700°C下加热2-3h,得到淡黄色的体相g-C₃N₄;

b. 制备g-C₃N₄纳米片:将体相g-C₃N₄研磨呈粉末状后,分散在水中并超声16-20h,形成混悬液;接着,将形成的混悬液以6000-7000rpm转速离心5-10min除去残留的未分散的g-C₃N₄;最后,收集上清液并在60-70°C下在旋转蒸发器中减压浓缩,获得牛奶状悬浮液。

4. 根据权利要求2所述的氮化碳纳米片耦合适配体传感的赭曲霉毒素A荧光检测方法,其特征在于:步骤(2)配制适配体溶液的方法为:把10D的适配体放入超高速离心机以10000-15000rpm离心5-10min,加入270μL的蒸馏水,充分混匀配成浓度为10μM适配体母液;之后将该适配体母液放入金属恒温加热器中,在90°C下解链5min;拿出,缓慢降至室温,备用;之后用移液枪取20μL 10μM解链后的适配体母液,加入180μL蒸馏水,充分振荡混匀,稀释为1μM适配体溶液,备用;用移液枪移取20μL 1μM适配体溶液,加入180μL 20mM Tris-HCl缓冲液,充分振荡混匀,稀释为100nM适配体溶液;

其中,所述Tris-HCl缓冲液包括100mM NaCl、5.0mM KCl以及5.0mM MgCl₂,且pH为7.4。

5. 根据权利要求2所述的氮化碳纳米片耦合适配体传感的赭曲霉毒素A荧光检测方法,其特征在于:步骤(3)配制赭曲霉毒素A标准溶液的方法为:用稀释液将赭曲霉毒素A纯品配制为浓度分别为0、1、2、5、10、20、50、100nM的赭曲霉毒素A标准溶液,其中,稀释液为甲醇与水体积比为7:3的溶液。

6. 根据权利要求2所述的氮化碳纳米片耦合适配体传感的赭曲霉毒素A荧光检测方法,其特征在于:所述荧光分光光度计的激发波长设置为490nm,激发狭缝宽度为5nm,发射狭缝

宽度为5nm。

氮化碳纳米片耦合适配体传感的赭曲霉毒素A荧光检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及本发明涉及分析检测领域,具体涉及一种氮化碳纳米片耦合适配体传感的赭曲霉毒素A荧光检测方法。

背景技术

[0002] 食品是人类生存和发展的物质基础,食品安全问题是关系到人民群众身体健康乃至社会和谐的重要问题。霉变食品和饲料常引起人类和动物中毒,其致毒物质主要为真菌毒素。在现已发现的真菌毒素中,赭曲霉毒素A(Ochratoxin A,OTA)以毒性最大、平均产毒量最高、分布最广泛、对农产品的污染最严重、与人类健康关系最密切相关为全世界关注。粮谷类、咖啡、茶叶等多种食品和农作物都极易被赭曲霉毒素污染,中药材在存放或者运输时发生变质腐烂也极易产生赭曲霉毒素。该物质在人体内不易被代谢分解,其长期累积可引起肾脏、肝脏、免疫系统等方面的病变,同时具有致畸性和致癌性,因此,对赭曲霉毒素含量的灵敏检测具有重要的意义。而我国现有的OTA检验方法主要有免疫亲和层析净化液相色谱法、离子交换固相萃取柱净化高效液相色谱法、免疫亲和层析净化液相色谱-串联质谱法、酶联免疫吸附测定法和薄层色谱测定法等。这些方法通常需要较为复杂的检测样品前处理过程,所用检测仪器比较复杂昂贵,或者检测灵敏度低下等问题。

[0003] 核酸适配体(apptamer)是一段由25-80个RNA或DNA碱基组成的寡核苷酸片段,其具有类似抗体的高特异性结合靶标分子的功能,且识别目标分子范围更广、更易于合成、稳定性更佳等优势,目前已得到广泛研究应用。其中本发明的OTA适配体序列于2008年被Penner和Cruz-Aguado经指数富集系统进化的体外筛选技术(SELEX)成功筛选得出,对OTA具有高度特异性结合能力。

[0004] 氮化碳纳米片是近年来发展起来的纳米层状材料,由石墨型氮化碳经超声剥离制得。该材料绿色环保且合成成本低廉,在水中具有优良的分散性和独特的光电性质,且拥有类石墨烯的理化性质,因而在传感领域具有良好的应用前景。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种检测方法简单、耗时短、选择性强、灵敏度高的氮化碳纳米片耦合适配体传感的赭曲霉毒素A荧光检测方法。

[0006] 本发明的目的通过如下技术方案实现:一种氮化碳纳米片耦合适配体传感的赭曲霉毒素A荧光检测方法,利用适配体与g-C₃N₄纳米片(CNNS)的相互作用以及g-C₃N₄纳米片对荧光发光团的淬灭作用,并结合适配体特异性识别赭曲霉毒素A的特性,构建信号增强型的赭曲霉毒素A荧光检测方法;

[0007] 其中,所述适配体的序列如下:

[0008] 5'-GATCGGTGTGGGTGGCGTAAAGGGAGCATCGGACA-FAM-3'。

[0009] 较之现有技术而言,本发明的优点在于:本文利用氮化碳纳米片对荧光发光团有效的淬灭作用,结合适配体特异性识别目标物的特性,构建了信号增强型的OTA荧光检测方

法。此方法操作简单、背景信号较低,检测限低且选择性良好。由于氮化碳纳米片绿色环保,易于制备且水分散性好,而适配体特异性强、稳定性好、易于合成,因此,本发明提出的OTA适配体荧光检测法有望作为OTA检测的备选方法在实际中得到进一步应用。

附图说明

- [0010] 图1该荧光传感器的检测OTA的原理示意图
- [0011] 图2是本发明检测方法可行性分析中不同物质的荧光光谱图。
- [0012] 图3是CNNS的TEM表征图。
- [0013] 图4是CNNS结构示意图。
- [0014] 图5是不同浓度CNNS对适配体和OTA/适配体混合后荧光强度的改变。
- [0015] 图6是CNNS与适配体和OTA/适配体混合后荧光强度与时间的动力学曲线。
- [0016] 图7是OTA和适配体不同作用时间下的荧光强度
- [0017] 图8是不同OTA浓度下体系的荧光光谱图。
- [0018] 图9是OTA浓度与荧光强度间的线性关系图。
- [0019] 图10是不同毒素存在时体系的荧光变化图。

具体实施方式

[0020] 下面结合说明书附图和实施例对本发明内容进行详细说明:

[0021] 一种氮化碳纳米片耦合适配体传感的赭曲霉毒素A荧光检测方法,利用适配体与g-C₃N₄纳米片的相互作用以及g-C₃N₄纳米片对荧光发光团的淬灭作用,并结合适配体特异性识别赭曲霉毒素A的特性,构建信号增强型的赭曲霉毒素A荧光检测方法;

[0022] 其中,所述适配体的序列如下:

[0023] 5'-GATCGGTGTGGGTGGCGTAAAGGGAGCATCGACA-FAM-3'。该适配体序列由生工生物工程(上海)股份有限公司合成。

[0024] 本发明利用目标介导核酸适配体构型变化导致其在氮化碳纳米片吸附能力产生的差异性,进而产生荧光信号强度的变化来检测赭曲霉毒素A。

[0025] 该检测方法的可行性分析如下:

[0026] 适配体(Aptamer)是经体外筛选得到的一段短的单寡核苷酸序列,即单链DNA(ssDNA)或RNA。适配体与靶分子之间分子识别功能与抗体极为相似,但是适配体除了具有核酸自身稳定性强、易功能化修饰、变性复性快速可逆与标记及可作为优良的纳米器件等诸多优点外,其与靶分子作用的适用范围较抗体更为广泛。CNNS与ssDNA结合力比dsDNA更强,并且CNNS可通过光诱导电子转移(PET)的功能来淬灭DNA末端标记的有机荧光团FAM的荧光信号。本发明基于CNNS的这种特性,结合适配体对其靶标的特异识别结合作用来设计一种可用于OTA识别检测的荧光传感策略。

[0027] 该传感器的检测过程如图1所示,基本原理是:CNNS与ssDNA之间的结合力非常强,而适配体本身就是一段寡链的ssDNA序列。所以当OTA的适配体和CNNS共存于溶液中时,适配体很容易通过 π - π 共轭堆积的作用结合吸附到CNNS表面。此时适配体t末端修饰的FAM荧光团也随之靠近CNNS表面。由于CNNS可以通过PET效应有效淬灭荧光团FAM的信号,此时体系可检出的荧光信号非常弱。当靶标分子OTA存在时,由于适配体的特意识别能力,OTA会与

适配体特异性结合形成复合物。由于这种复合物与CNNS的结合能力要弱于适配体与CNNS的结合能力,此复合物游离与溶液中,使得荧光团FAM远离CNNS表面,从而降低了CNNS对其淬灭效率,此时反应体系中仍能检测出较强的荧光信号。因此,只有当目标分子OTA存在时,该反应体系才能够得到稳定的荧光响应,由此实现选择性检测OTA的目的。

[0028] 为了进一步验证方案的可行性,首先考察了加入一定量目标物OTA前后的荧光变化情况。从图2可以看出,由于标记上FAM,适配体在520nm处有强的荧光信号(曲线a)。当加入CNNS后,其荧光信号明显受到抑制(曲线b)。这是由于CNNS存在时,寡链适配体通过 π - π 堆叠的方式靠近CNNS表面,使得FAM因PET效应而被CNNS所淬灭。而当适配体与OTA反应后,再往上述反应液中加入CNNS,该溶液的荧光信号强度相对于无OTA存在时明显增强(曲线c),表明当溶液中有OTA存在时,适配体会和OTA结合形成复合物,而该复合物与CNNS的结合能力会明显弱于游离的适配体与CNNS的结合能力,从而导致体系荧光信号的增强。实验证明,这种传感平台能够用于测定靶标OTA的含量。图2中,a为FAM标记的适配体体系的荧光光谱图;b为FAM标记的适配体与CNNS混合后体系的荧光光谱图;c为FAM标记的适配体与OTA形成复合物后再和CNNS混合后体系的荧光光谱图。

[0029] 所述的氮化碳纳米片耦合适配体传感的赭曲霉毒素A荧光检测方法,它具体包括以下步骤:

[0030] (1) 合成g-C₃N₄纳米片;

[0031] (2) 配制适配体溶液;

[0032] (3) 配制赭曲霉毒素A标准溶液;

[0033] (4) 绘制赭曲霉毒素A响应标准曲线并获得线性回归方程式:在不同浓度的赭曲霉毒素A标准溶液中分别加入配制好的适配体溶液,反应30-210min,再分别加入g-C₃N₄纳米片,静置0.5-3min,用荧光分光光度计在室温下分别检测上述不同浓度赭曲霉毒素A标准溶液在520nm处的荧光强度,获得荧光强度与赭曲霉毒素A浓度的标准曲线;根据所得标准曲线,获得荧光强度与赭曲霉毒素A浓度的线性回归方程式;

[0034] (5) 待测液检测:在待测液中加入配制好的适配体溶液,反应30-210min,再加入g-C₃N₄纳米片,静置0.5-3min,用荧光分光光度计在室温下检测体系在520nm处的荧光强度,将该荧光强度带入步骤(4)所获得的线性回归方程式中,经计算得待测液的赭曲霉毒素A浓度。

[0035] 其中,步骤(1)合成g-C₃N₄纳米片的具体方法为:

[0036] a. 合成体相的g-C₃N₄:将二氰胺放置在管式炉中,以2-3°C/min的速率进行程序升温并在600-700°C下加热2-3h,得到淡黄色的体相g-C₃N₄;

[0037] b. 制备g-C₃N₄纳米片:将体相g-C₃N₄研磨呈粉末状后,分散在水中并超声16-20h,形成混悬液;接着,将形成的混悬液以6000-7000rpm转速离心5-10min除去残留的未分散的g-C₃N₄;最后,收集上清液并在60-70°C下在旋转蒸发器中减压浓缩,获得牛奶状悬浮液;

[0038] 步骤(2)配制适配体溶液的方法为:把10D的适配体放入超高速离心机以10000-15000rpm离心5-10min,加入270 μ L的蒸馏水,充分混匀配成浓度为10 μ M适配体母液;之后将该适配体母液放入金属恒温加热器中,在90°C下解链5min;拿出,缓慢降至室温,备用;之后用移液枪取20 μ L 10 μ M解链后的适配体母液,加入180 μ L蒸馏水,充分振荡混匀,稀释为1 μ M适配体溶液,备用;用移液枪移取20 μ L 1 μ M适配体溶液,加入180 μ L 20mM Tris-HCl缓冲液,

充分振荡混匀,稀释为100nM适配体溶液;

[0039] 其中,所述Tris-HCl缓冲液包括100mM NaCl、5.0mM KCl以及5.0mM MgCl₂,且pH为7.4。

[0040] 步骤(3)配制赭曲霉毒素A标准溶液的方法为:用稀释液将赭曲霉毒素A纯品配制为浓度分别为0、1、2、5、10、20、50、100nM的赭曲霉毒素A标准溶液,其中,稀释液为甲醇与水体积比为7:3的溶液。

[0041] 所述荧光分光光度计的激发波长设置为490nm,激发狭缝宽度为5nm,发射狭缝宽度为5nm。

[0042] 下面结合具体实施例,对本发明的内容作更细致地阐述:

[0043] 实施例一:合成g-C₃N₄纳米片:

[0044] 首先,合成体相的g-C₃N₄:将3g二氰胺放置在管式炉中,以3°C/min的速率进行程序升温并在600°C下加热2h,得到淡黄色的体相g-C₃N₄。接着,制备CNNS:100mg的体相g-C₃N₄粉末研磨后,分散在100mL水中并超声16h。接着,将形成的混悬液以6000rpm转速离心5min除去残留的未分散的g-C₃N₄。最后,收集上清液并在60°C下在旋转蒸发器中减压浓缩,获得牛奶状悬浮液,即为g-C₃N₄纳米片。该g-C₃N₄纳米片的TEM表征图如图3所示,CNNS的结构示意图如图4所示。

[0045] 实施例二:配制适配体溶液:

[0046] 把10D的适配体放入超高速离心机以10000rpm离心5min,加入270μL的蒸馏水,充分混匀配成浓度为10μM适配体母液。之后将该适配体母液放入金属恒温加热器中,90°C下解链5min。拿出,缓慢降至室温,备用。用移液枪取20μL 10μM解链后的适配体溶液,加入180μL蒸馏水,充分振荡混匀,稀释为1μM适配体溶液,备用。用移液枪移取20μL 1μM适配体溶液,加入180μL 20mM Tris-HCl缓冲液(包含100mM NaCl、5.0mM KCl、5.0mM MgCl₂,pH 7.4),充分振荡混匀,稀释为100nM适配体溶液,即为后续检测过程中所用的适配体溶液。

[0047] 实施例三:配制赭曲霉毒素A标准溶液

[0048] 用稀释液将赭曲霉毒素A纯品配制为浓度分别为0、1、2、5、10、20、50、100nM的赭曲霉毒素A标准溶液,其中,稀释液为甲醇与水体积比为7:3的溶液。

[0049] 实施例四:CNNS最佳用量的确定:

[0050] 为了获得更好的检测结果,本发明优化了体系的实验条件。首先考察了CNNS的用量对适配体或OTA/适配体复合物的荧光信号的影响情况。具体实验操作如下:

[0051] 实验设为两大组,每组各5管,共10管进行对照实验。

[0052] 一组为200μL含有100nM适配体(Apt)的Tris-HCl缓冲溶液,二组为200μL含有100nM适配体和30nM OTA的Tris-HCl缓冲溶液。10管充分混匀后,放入恒温振荡器内振荡3h。振荡完毕,在两大组中分别加入不同浓度的CNNS优化用量,本实验CNNS取量为:0、0.25、0.50、0.75、1.0、1.25μg/mL。充分混匀后,静置5min后,分别测其荧光强度。

[0053] 从图5中可以看出,在无OTA存在时,随着CNNS浓度的增加,适配体的荧光信号快速降低,且当CNNS浓度为1.0μg/mL时,体系荧光信号降到最低。相比之下,有OTA存在时体系的荧光信号变化显得缓和了许多,且当CNNS浓度为1.0μg/mL时,其与仅有适配体存在时的信号差最大。这也表明了,CNNS对游离状态的适配体的吸附能力较OTA/适配体复合物的强。因此,本研究将CNNS的最佳浓度确定为1.0μg/mL。

[0054] 实施例五:CNNS最佳反应时间的确定:本发明进一步考察了CNNS与适配体或OTA/适配体复合物的作用时间对体系荧光信号的影响。具体实验操作如下:

[0055] 实验设为两大组,每组各4管,共8管进行对照实验。

[0056] 一组为200 μ L含有100nM适配体(Apt)的Tris-HCl缓冲溶液,二组为200 μ L含有100nM适配体和30nM OTA的Tris-HCl缓冲溶液。

[0057] 8管充分混匀后,放入恒温振荡器内振荡3h。振荡完毕,在8管中分别加入最终浓度为1.0 μ g/mL的CNNS,每组的4根管分别静置0min、1min、2min、3min,测其荧光强度。从图6可知,CNNS加入到适配体溶液后,OTA/适配体的荧光信号会迅速被淬灭,在2min后,其荧光信号基本保持不变。当OTA与适配体形成复合物后,尽管加入CNNS后其荧光强度仍然随着时间的变化而有轻微减弱趋势,其强度仍明显大于单纯适配体与CNNS作用后的荧光信号强度,且在2min之后,两者差异值达到最高且趋于稳定。因此,接下来的实验选用2min作为CNNS与适配体的最佳作用时间。这也表明CNNS对适配体荧光信号的淬灭行为是一个非常快速的过程。

[0058] 实施例六:适配体与OTA最佳反应时间的确定:

[0059] 实验分为七组,每组各一管,共7管进行对比实验。

[0060] 每管加入200 μ L含有100nM适配体和30nM OTA的Tris-HCl缓冲溶液。分别放入振荡器内充分反应一段时间。本实验反应时间设为30min,60min,90min,120min,150min,180min,210min。振荡完毕,加入最终浓度为1.0 μ g/mL的CNNS,充分混匀,静置2min,测其荧光强度。从图7中可以看出,随着目标物OTA与适配体作用时间的延长,加入CNNS后,体系的荧光信号逐渐增强,当反应时间达到180min,荧光信号达到最高且趋于稳定。因此,本发明将180min定为OTA和适配体的最佳反应时长。

[0061] 实施例七:绘制赭曲霉毒素A响应标准曲线并获得线性回归方程式

[0062] 分别取5 μ L实施例三所得的不同浓度的OTA标准溶液,然后分别加入200 μ L含有100nM适配体溶液,反应180min,再分别加入最终浓度为1.0 μ g/mL的CNNS,静置2min,用荧光分光光度计在室温下分别检测上述不同浓度OTA标准溶液在520nm处的荧光强度(所得的谱图如图8所示,其中,图8中曲线a~h中OTA浓度分别为0,1,2,5,10,20,50,100nM),同时检测到上述不同浓度OTA标准溶液在520nm处的荧光强度分别为98、154、178、224、261、282、307、367,获得荧光强度与赭曲霉毒素A浓度的标准曲线如图9所示;线性方程为: $I(a.u.) = 151.771g C_{OTA}(nM) + 101.51$,相关系数 $R = 0.9919$,检测限为0.7nM($S/N = 3$)。

[0063] 实施例八:检测:

[0064] 在195 μ L含有100nM适配体的Tris-HCl缓冲溶液加入5 μ L待测液中,反应180min,再加入最终浓度为1.0 μ g/mL的CNNS,静置2min,用荧光分光光度计在室温下检测体系在520nm处的荧光强度228,将该荧光强度带入实施例四所获得的线性回归方程式中,经计算得待测液的赭曲霉毒素A浓度为6.81nM。

[0065] 其中,计算方法为:

[0066] $228 = 151.771g C_{OTA}(nM) + 101.51$ 得 $C_{OTA} = 6.81nM$ 。

[0067] 实施例九:OTA检测选择性的考察:为验证本发明检测方法的选择性,本发明比较了不同真菌毒素对传感器的响应情况。选择赭曲霉毒素B(OTB)和黄曲霉毒素B1(AFB1)作为干扰物质,浓度分别为OTA的10倍。具体实验方法如下:

[0068] 实验分为三组,分别在200 μ L含有100nM适配体的Tris-HCl缓冲溶液中加入30nM OTA、150nM赭曲霉毒素B (OTB) 和150nM黄曲霉毒素B1 (AFB1)。充分混匀后,放入恒温振荡器内振荡3h。振荡完毕,各加入10 μ L CNNS后分别测定其荧光强度。检测结果如图10所示,这里采用荧光改变量 ΔFL 表示不同毒素下信号响应情况, $\Delta FL = FL_1 - FL_0$,其中 FL_0 和 FL_1 分别表示毒素加入前后荧光强度。从图10中可以看出当反应体系中OTA存在时引起非常明显的荧光改变,而其它两种毒素存在时荧光改变值却较小,这表明在高浓度干扰毒素的存在下,该方法仍然可以实现对OTA的检测,具有良好的选择性。

[0069] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员,在不脱离本发明构思的前提下,还可以作出若干改变、改进和润饰,这些改变、改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

序列表

<110> 福建中医药大学

<120> 氮化碳纳米片耦合适配体传感的赭曲霉毒素A荧光检测方法

<160> 1

<170> SIPOSequenceListing 1.0

<210> 1

<211> 35

<212> DNA

<213> 人工序列(Artificial sequence)

<400> 1

gatcgggtgtg ggtggcgtaa agggagcatc ggaca 35

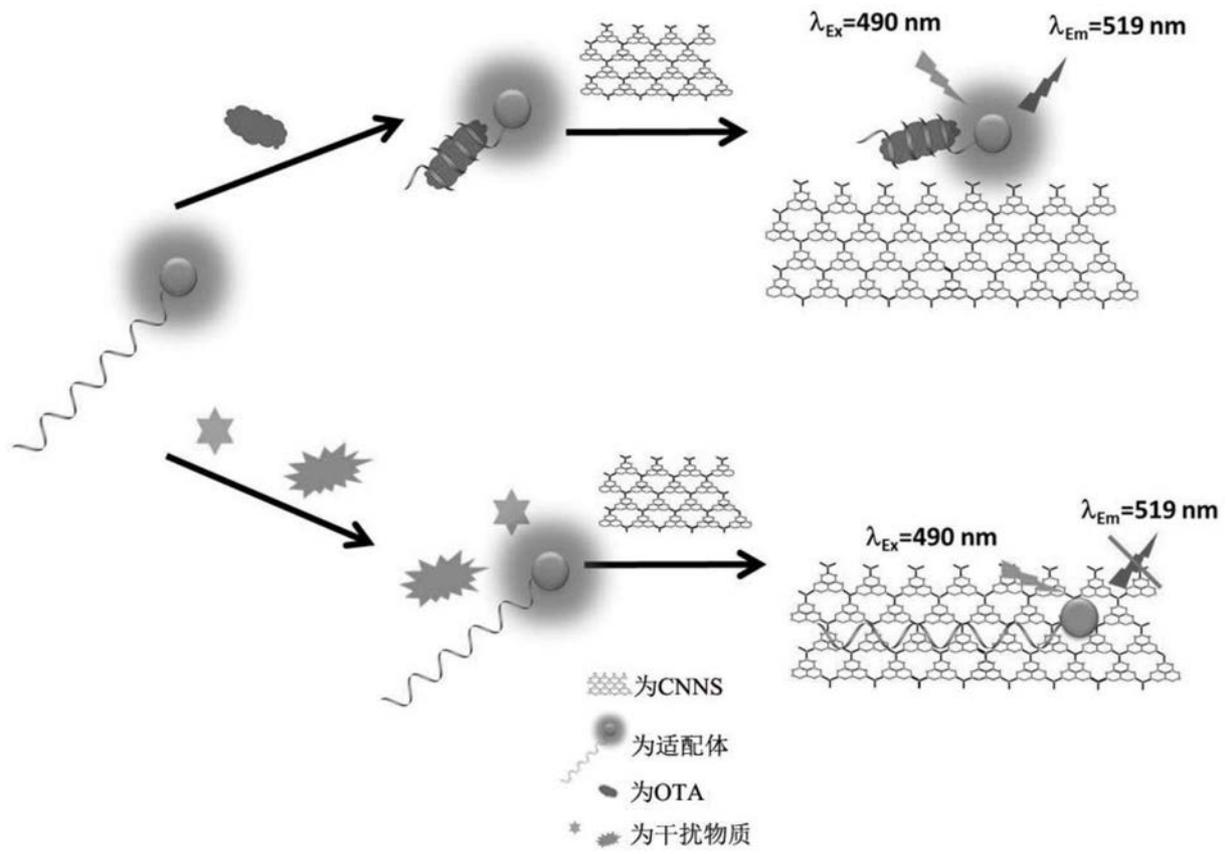


图1

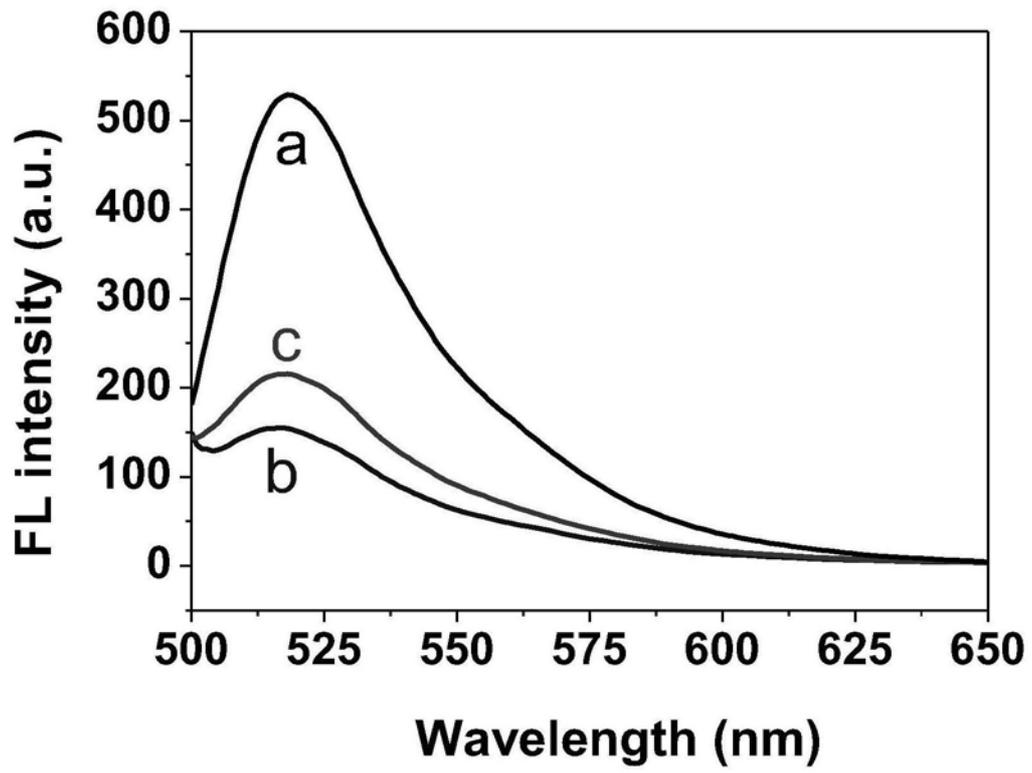


图2

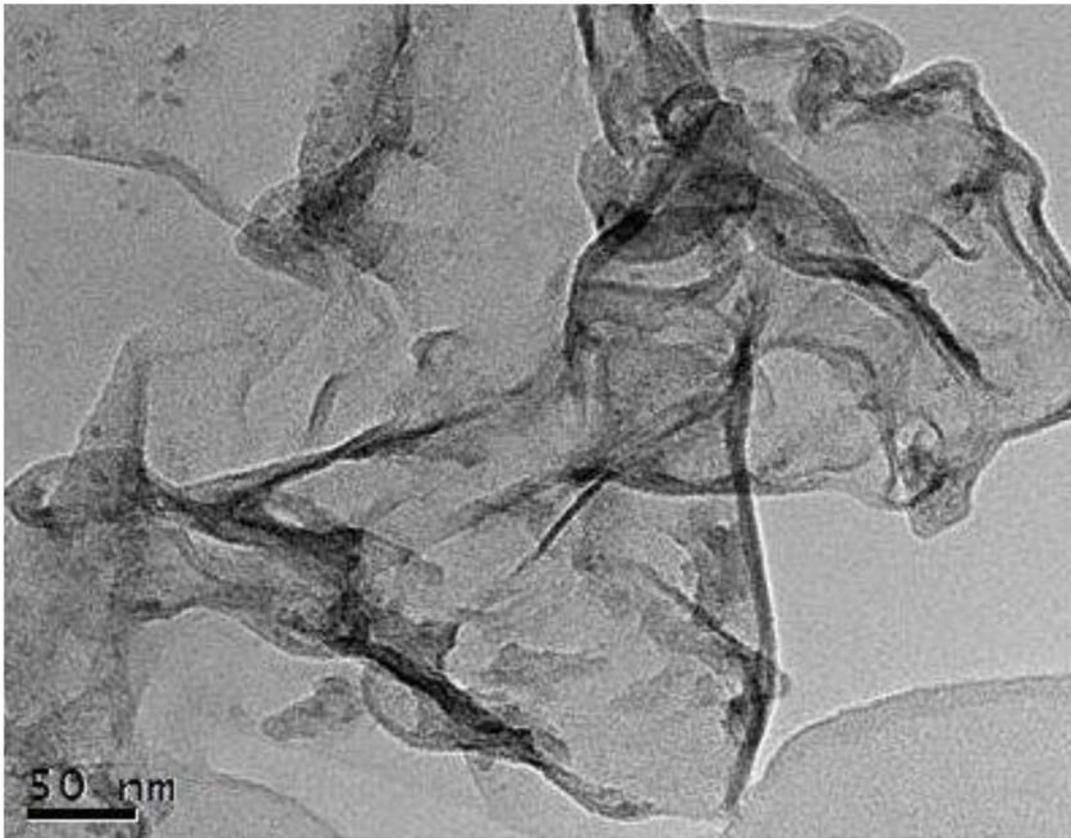


图3

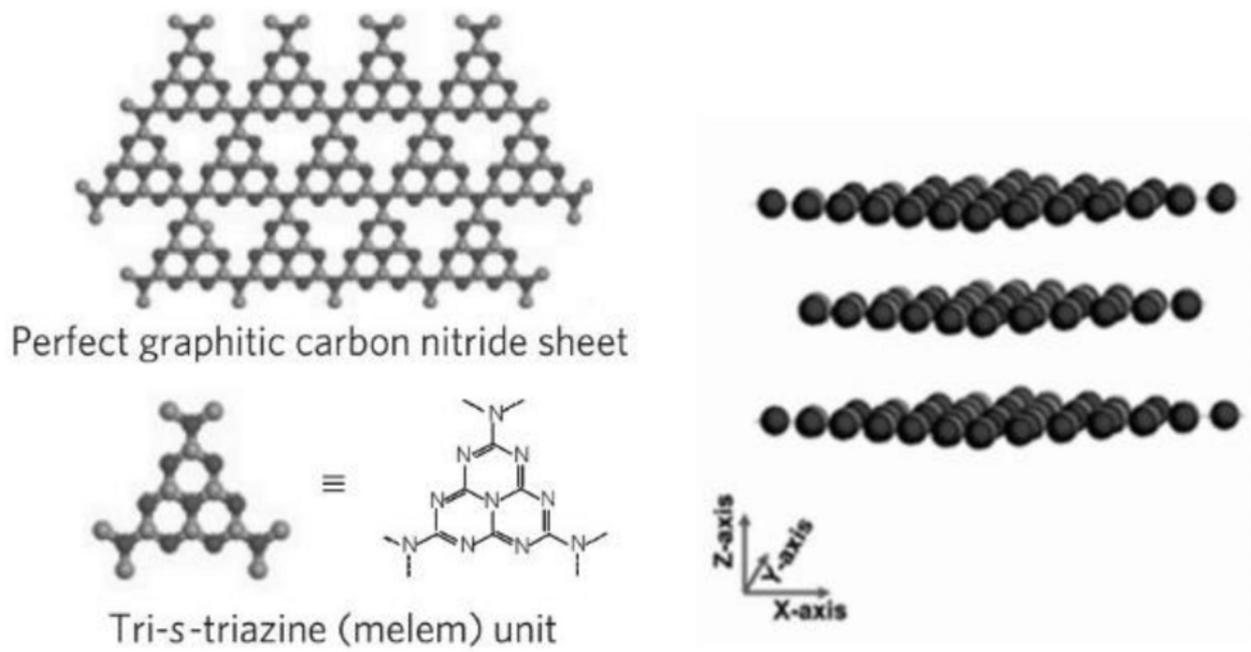


图4

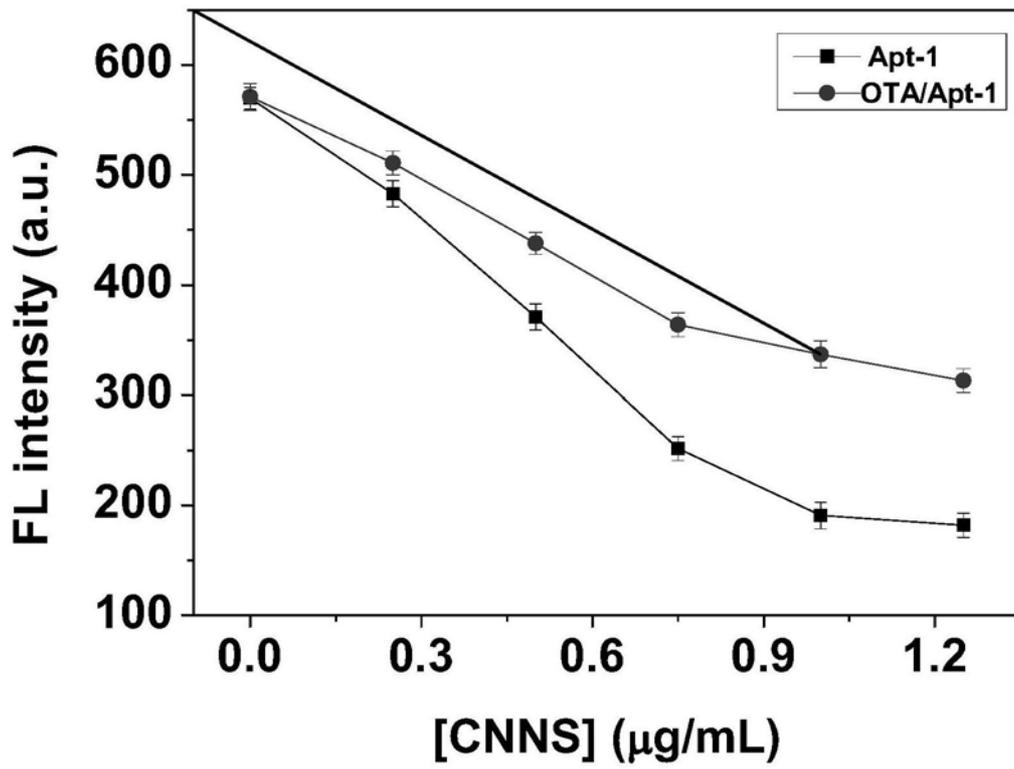


图5

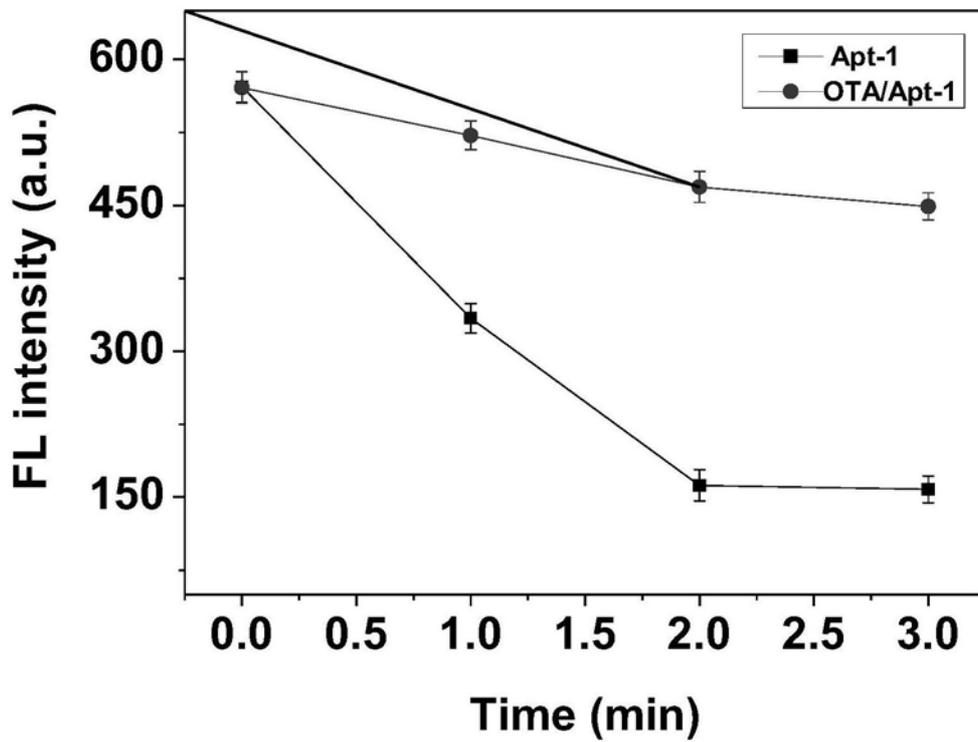


图6

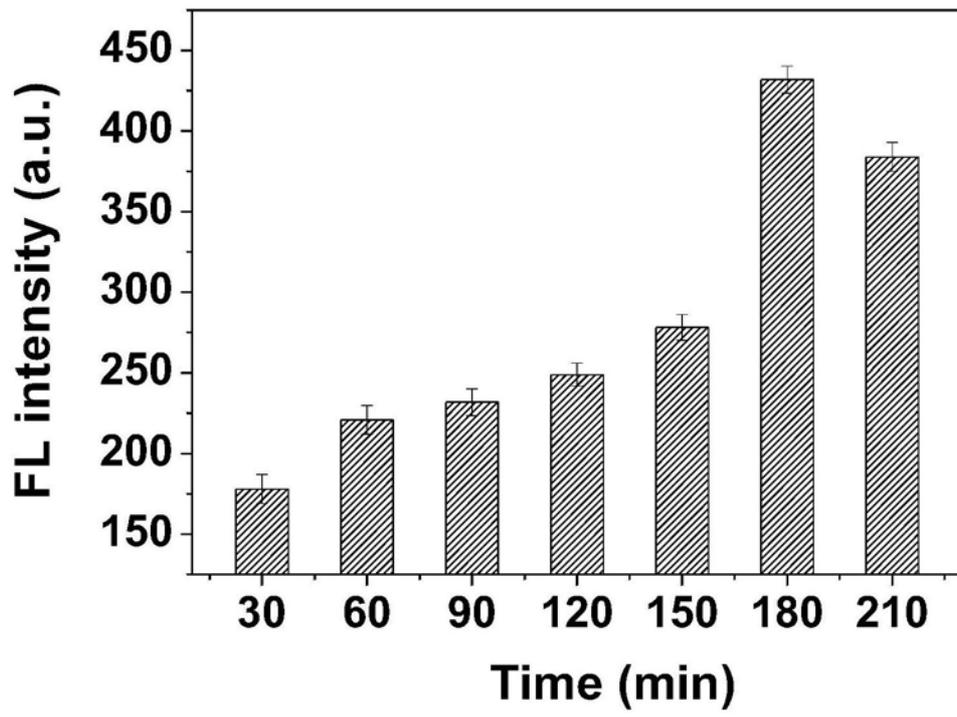


图7

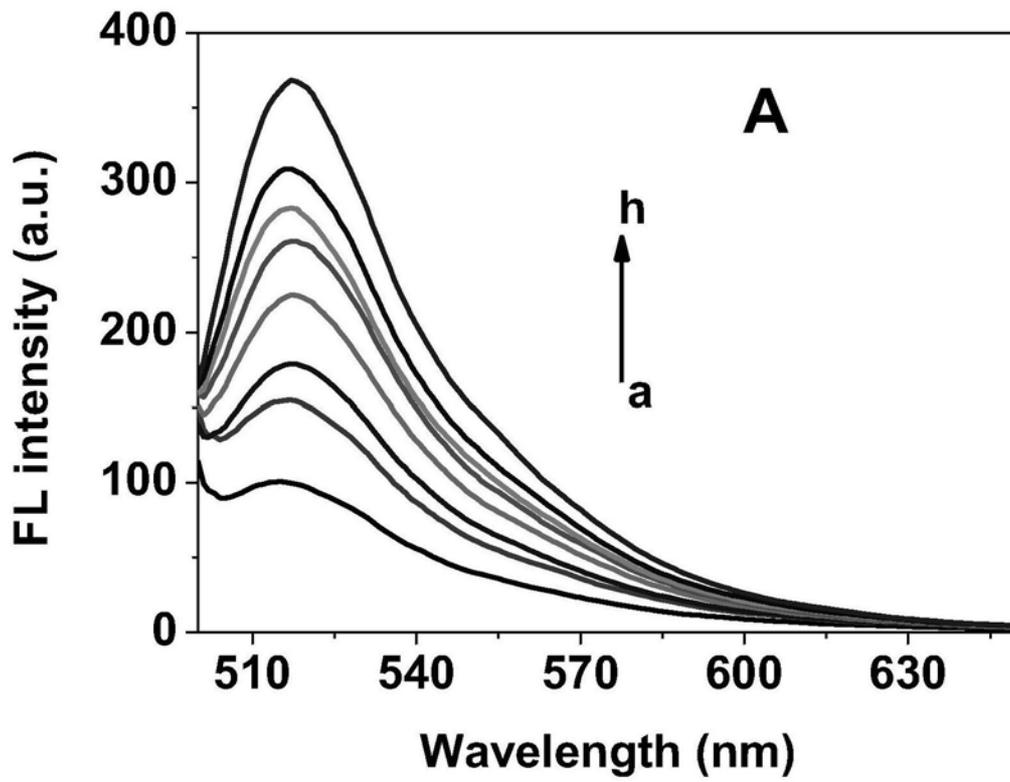


图8

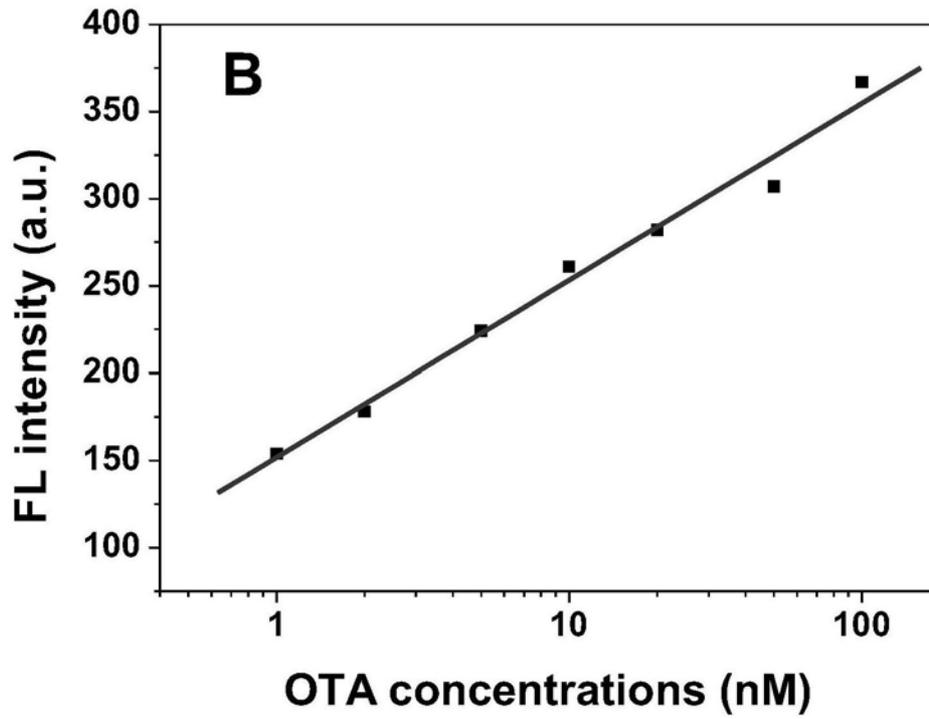


图9

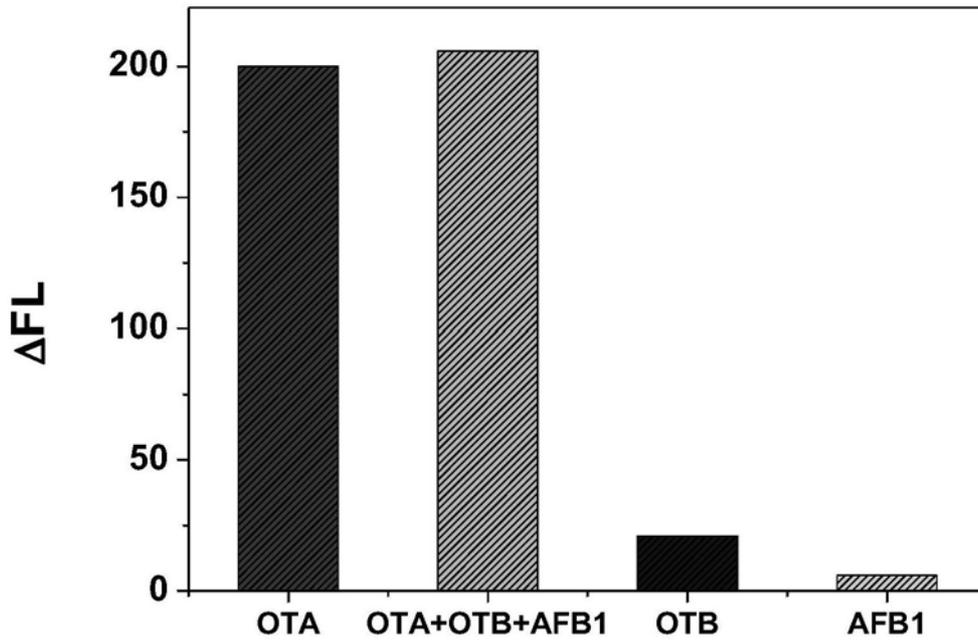


图10