

## 神奇的农残检测试纸条

### ——用于有机磷农药残留检测的核酸适配体侧流层析试纸条

方琪珑, 李懿绮, 生江伊徽, 袁荃\*, 谈洁\*

湖南大学化学化工学院, 长沙 410082

**摘要:** 有机磷农药是农业生产中使用最广泛的农药之一, 其大量使用造成了农作物表面、水体和土壤等环境中的农药残留, 严重破坏生态环境, 威胁人体健康。因此, 快速、准确地检测环境中的有机磷农药残留对于控制农药使用和污染具有重要意义。传统色谱、光谱检测方法依赖于大型仪器和专业的技术人员, 存在检测成本高、耗时长等缺点。因此, 本文创新性地制备了一种基于核酸适配体的胶体金侧流层析试纸条, 用于果蔬中有机磷农药残留的快速和准确检测。由于该试纸条具有灵敏、便携、易于操作的优点, 能现场应用在实际的蔬菜样品检测中, 具有很好的科普性和可推广性。另外, 本科普实验操作过程逻辑清晰、内容详实, 并且针对不同类别的人群, 设计多样化的实验过程和实验方案, 能够很好地激发大家对化学的兴趣和提升对食品安全的意识。

**关键词:** 胶体金; 侧流层析试纸条; 核酸适配体; 有机磷农药; 科普

**中图分类号:** G64; O6

## Magical Pesticide Residue Detection Test Strips: Aptamer-based Lateral Flow Test Strips for Organophosphorus Pesticide Detection

Qilong Fang, Yiqi Li, Jiangyihui Sheng, Quan Yuan\*, Jie Tan\*

College of Chemistry and Chemical Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China.

**Abstract:** Organophosphorus pesticides rank among the most extensively used pesticides in agriculture, leading to widespread contamination of water bodies, soil, and vegetation, thereby disrupting ecosystems and posing health risks. Consequently, rapid and precise detection of organophosphorus pesticide residues is crucial for effective pesticide management. Conventional analytical methods such as chromatography and spectroscopy rely on sophisticated equipment and specialized personnel, incurring high costs and time consumption. In response, this study presents an innovative approach involving the development of aptamer-based colloidal gold lateral flow test strips for the swift and accurate detection of residual organophosphorus pesticides in fruits and vegetables. These test strips offer advantages such as sensitivity, portability, and ease of operation, enabling on-site application in real sample detection and demonstrating excellent applicability. Furthermore, the logical operation process of these test strips facilitates science popularization and education. Diverse experimental processes and schemes tailored for different audiences serve to stimulate interest in chemistry and science while enhancing awareness of food safety.

**Key Words:** Colloidal gold; Lateral flow test strip; Aptamers; Organophosphorus pesticide; Popularization of science

## 1 引言

我国是世界上第一大粮食和蔬菜生产国及消费国。其中，农药残留带来的食品安全问题以及环境污染问题受到人们的持续关注。作为使用最广泛的农药<sup>[1]</sup>，有机磷农药的过度使用导致了农田的水体、土壤、植被中大量的农药残留，造成环境污染。有机磷农药残留物有剧毒<sup>[2]</sup>，因此需要及时检测环境和农产品中的有机磷农药残留，控制农药的过度使用和降低农药中毒的风险，从而保障人民生命健康，维护生态安全。

目前，有机磷农药残留的检测主要依赖于色谱<sup>[3-5]</sup>、光谱<sup>[6,7]</sup>等传统的仪器分析手段。这些方法需要昂贵的仪器设备，专业的技术操作以及复杂的样品前处理过程，存在成本高、操作复杂、检测场地有限、检测耗时长等缺点。且对于偏远农村地区，当地缺少环境监测站点和检测仪器；在城市中，农产品的市场流通速度极快，较慢的集中抽样检测容易造成漏检。大型仪器检测方法难以满足市场检测及家庭自检的需求。因此，亟需开发简单、快速、低成本的检测方法，实现有机磷农药残留的即时检测，保证食品安全。

胶体金免疫层析试纸条方法是一种快速、简便的分析检测技术<sup>[8,9]</sup>，由于抗原-抗体的选择性结合作用，在试纸条上直接滴加检测样品即可实现对目标分子的快速分析。但是，生产抗体所需成本高，生产周期长，并且抗体的保存稳定性通常较差，导致结果容易出现错误<sup>[10]</sup>。核酸适配体是一种经体外筛选技术得到的、具有识别能力的单链核酸分子<sup>[11]</sup>，其亲和力和特异性可与抗体相媲美<sup>[12]</sup>。核酸适配体还具有易于合成、稳定性高、生产成本低等显著优势<sup>[13]</sup>，近年来被广泛应用于生物传感、生物成像等诸多领域。将核酸适配体作为识别分子引入胶体金免疫层析试纸条技术，能够显著提高技术稳定性，降低制作成本，缩短制作周期。

本科普实验设计了一种基于核酸适配体的胶体金侧流层析试纸条，可以实现实际农产品中有机磷农药的快速、准确检测。为了让大家更好地了解试纸条，我们自制科普视频、设计不同的科普方案，使试纸条的推广得以顺利进行，同时使实验科普对象和范围进一步扩大。具体措施如下：在实验室批量制作试纸，然后采用市场上常见的娃娃菜为实验对象，进行科普实验；制作有关试纸条检测原理的视频，采用寓教于学的手法进行趣味性科普；面对不同阶段的人群，制定多样化的实验过程和展示方法，通过线下展示科普视频和检测过程、演讲和线上自媒体平台广泛传播的方式，进行针对性的实验科普。本作品可以让中小學生和社会大众充分了解试纸条的原理和制作过程，提高他们的食品安全意识和对化学的兴趣。

## 2 实验部分

### 2.1 实验原理

我们构建的基于核酸适配体的胶体金侧流层析试纸条采用的是竞争法来进行有机磷农药分子检测的，具体的原理如图1所示：T线(检测线)包含使用链霉亲和素固定的核酸适配体互补链(cDNA)与农药适配体链形成的双链结构，C线(质控线)包含使用链霉亲和素固定的cDNA。待测样液滴加在样品垫上后，液体会在毛细管作用和吸水垫吸水作用下，携带结合垫中纳米金颗粒-探针DNA偶联物(AuNPs-DNA)向试纸条上半部分流动。

待测样液含有农药分子时，待测样液与AuNPs-DNA流动到T线区域的时候，由于农药适配体与农药分子之间具有很强的亲和力，适配体会从cDNA上解离下来并与农药分子结合。此时，裸露的cDNA单链会与纳米金颗粒表面的探针DNA(pDNA)互补配对，从而将AuNPs-DNA固定在T线显色。剩余的液体继续向前层析，C线上裸露的cDNA同样与pDNA互补配对，将AuNPs-DNA固定在C线显色。

待测样液不含农药分子时，由于cDNA与农药适配体的互补配对能力更强，T线上的cDNA会因为结合了农药适配体而不与pDNA结合显色，但是C线仍然显色。

综上，当T线和C线显色时，说明待测样液中含有农药分子，为阳性样品；当只有C线显色时，说明待测样液中不含农药分子，为阴性样品。当C线不显色时，检测结果无效。

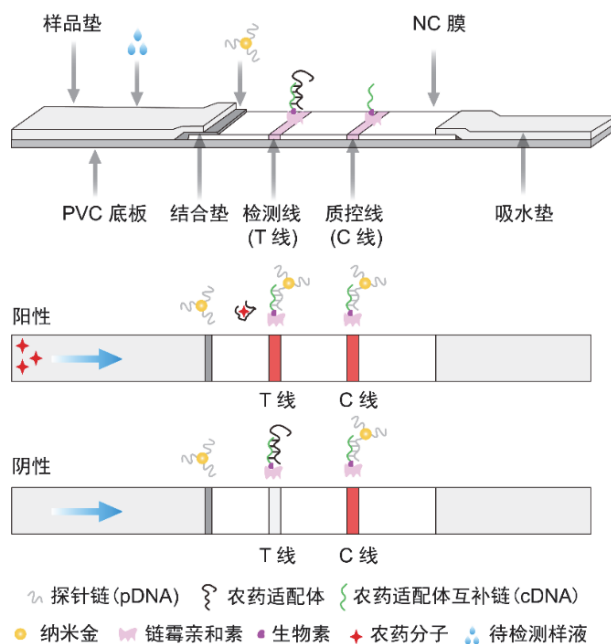


图1 试纸条实验原理图

## 2.2 试剂和材料

实验中所用到的主要试剂见表1。

农药核酸适配体序列: 5'-AGC TTG CTG CAG TTC TTG ATC GCC ACA GAG CT-3'。

修饰纳米金的探针DNA (Probe DNA, pDNA): 5'-CTG CAG CGA-T<sub>16</sub>-SH-3'。

表1 实验过程中所用的主要试剂

化学名称	分子式或英文缩写	纯度	厂家
四氯金酸, 三水	HAuCl <sub>4</sub> ·3H <sub>2</sub> O	分析纯	阿拉丁试剂(上海)有限公司
柠檬酸三钠	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Na <sub>3</sub> O <sub>7</sub>	分析纯	阿拉丁试剂(上海)有限公司
氢氧化钠	NaOH	分析纯	阿拉丁试剂(上海)有限公司
盐酸	HCl	分析纯	上海国药集团化学试剂有限公司
丙溴磷	CHBrClO <sub>3</sub> PS	98.7%	广州硕谱生物科技有限公司
乙醇	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	分析纯	上海国药集团化学试剂有限公司
吐温20	Tween 20	生物级	上海麦克林生化科技有限公司
牛血清蛋白	BSA	> 98%	碧云天生物技术有限公司
蔗糖	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	分析纯	上海国药集团化学试剂有限公司
磷酸三钠, 十二水	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> ·12H <sub>2</sub> O	分析纯	上海麦克林生化科技有限公司
曲拉通100	TritonX-100	生物级	上海麦克林生化科技有限公司
链霉亲和素	SA	生物级	上海麦克林生化科技有限公司
磷酸缓冲盐溶液	PBS溶液	-	武汉普诺赛生命科技有限公司
聚氯乙烯底板	PVC底板	SMA31-25	上海金标生物科技有限公司
玻璃纤维膜	-	CB06	上海金标生物科技有限公司
吸水纸	-	SX18	上海金标生物科技有限公司
玻璃纤维素膜	NC膜	-	上海金标生物科技有限公司

生物素(Biotin)修饰的农药适配体互补链(Complementary DNA, cDNA): 5'-biotin-TEG-A<sub>10</sub>-CAA GAA TCG CAG-3'.

## 2.3 仪器和表征

### 2.3.1 实验仪器

实验中所用到的仪器见表2。其中, XYZ三维划线喷金仪和微电脑自动斩切机见图2和图3。

表2 实验中所用到的仪器

仪器	型号	厂家
电子天平	ME204E	瑞士梅特勒-托利多公司
数显恒温搅拌电热套	SHT	山东鄞城华鲁电热仪器有限公司
台式高速离心机	TG16-WS	湖南湘仪实验室仪器开发有限公司
电热鼓风干燥箱	DHG-9075A	上海一恒科学仪器有限公司
移液枪	TopPette	大龙兴创实验仪器(北京)有限公司
XYZ三维划线喷金仪	HM3035	上海金标生物科技有限公司
微电脑自动斩切机	ZQ2002	上海金标生物科技有限公司
胶体金试纸分析仪	HR201	深圳市华科瑞科科技有限公司
滚刀式手动裁纸刀	RPT-380	德国TATA公司
无油空气压缩机	550-9	上海捷豹压缩机制造有限公司
超纯水机	UPT经济型	武汉优普仪器设备有限公司



图2 XYZ三维划线喷金仪

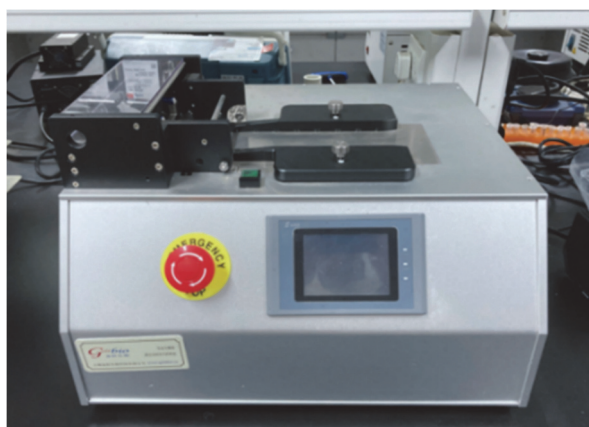


图3 微电脑自动斩切机

### 2.3.2 表征方法

- (1) 目测法：肉眼对比观察pDNA修饰前后AuNPs溶液的颜色、透明度和均一度。
- (2) 紫外-可见分光光度法：移取AuNPs溶液和AuNPs-DNA溶液于比色皿中，使用紫外-可见分光光度计在400–800 nm范围内进行扫描。
- (3) 透射电子显微镜法：将AuNPs溶液和AuNPs-DNA溶液滴加在300目铜网上，放入37 °C烘箱中烘干。在透射电子显微镜下观察AuNPs和AuNPs-DNA的形貌和尺寸。
- (4) Mey氏稳定化实验法：取AuNPs溶液和AuNPs-DNA溶液于离心管中，向离心管中同时加入20%氯化钠溶液，振荡混匀后观察溶液的颜色变化。

## 2.4 实验步骤、方法及现象

### 2.4.1 纳米金颗粒的制备

使用柠檬酸三钠还原四氯金酸制备纳米金颗粒(AuNPs)。干净烧杯中加入50 mL超纯水，加热套加热至沸腾后加入磁子，在磁力搅拌下迅速加入500  $\mu\text{L}$  10  $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 氯金酸溶液和800  $\mu\text{L}$  10  $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 柠檬酸三钠溶液，随后停止加热，继续磁力搅拌反应15 min。反应结束后关闭加热套，逐滴加入100  $\mu\text{L}$  6.6  $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的氢氧化钠溶液，冷却至室温后，将得到的AuNPs溶液转移到50 mL离心管中，放入4 °C冰箱中保存备用。

### 2.4.2 纳米金颗粒与DNA链的偶联

采用冷冻法进行纳米金颗粒上DNA链的修饰<sup>[14,15]</sup>。将一定量5倍浓缩的AuNPs溶液与100  $\mu\text{mol}\cdot\text{mL}^{-1}$  pDNA溶液混合，充分振荡混匀后放入-20 °C冷冻2 h，冷冻结束后放置在室温下自然解冻即可得到AuNPs-DNA溶液。

### 2.4.3 纳米金颗粒及纳米金颗粒-DNA偶联物的表征

#### (1) 目测法。

目测观察到的AuNPs溶液呈现酒红色，透明状，均一性良好，无明显浑浊和沉淀现象。由于表面等离子体共振效应，AuNPs溶液颜色愈红代表粒径愈小，愈蓝代表粒径愈大。AuNPs修饰pDNA链之后，颜色由鲜亮的酒红色变成了紫红色，颜色加深，说明AuNPs在修饰pDNA之后，粒径变大(图4)。

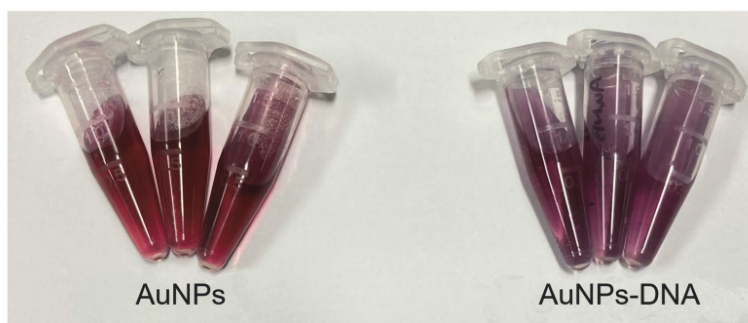


图4 AuNPs修饰pDNA前后的水溶液照片

#### (2) 紫外-可见分光光度计法。

如图5所示，可以看到AuNPs最大吸收波长在522 nm，峰形较窄且单一，说明AuNPs尺寸分布较为均一，而AuNPs-DNA与AuNPs相比，其最大吸收波长从522 nm红移至525 nm处，这表明DNA修饰使得AuNPs的粒径变大，证明了AuNPs与DNA的成功偶联。

#### (3) 透射电子显微镜法。

从图6可以看出，可以观察到AuNPs呈现均匀的球状，分散性良好。AuNPs-DNA的形貌与AuNPs相比并没有改变，但是AuNPs-DNA之间的间距更大。这是由于AuNPs表面修饰了DNA后存在一定的空间位阻，因此颗粒间表现更加分散的状态证明了DNA链的成功修饰。

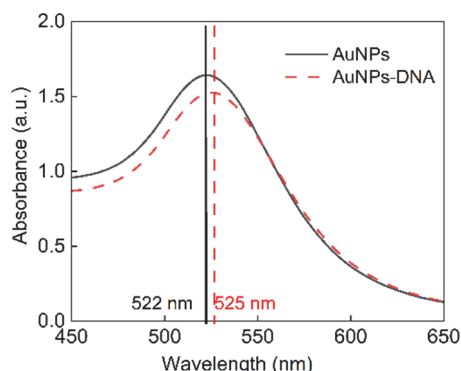


图5 AuNPs及AuNPs-DNA的紫外-可见吸收光谱图

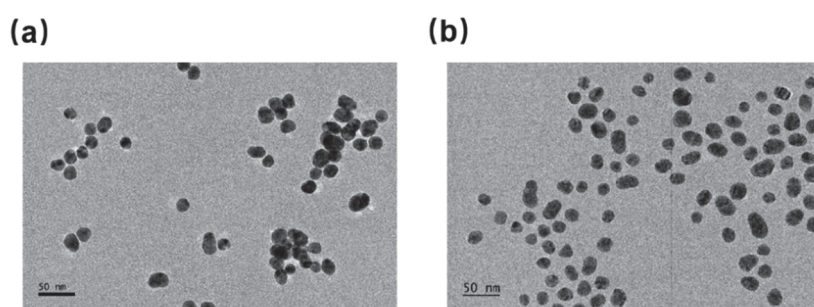


图6 AuNPs (a)和AuNPs-DNA (b)的透射电子显微镜照片

#### (4) Mey氏稳定化实验法。

单链DNA修饰会让AuNPs表面带上很强的负电荷，增加AuNPs之间的静电排斥力，能够防止AuNPs在盐诱导下产生聚集现象。如图7所示，裸露的AuNPs胶体溶液在加入盐溶液后有明显的大颗粒生成，且其颜色由红色变为蓝色。然而，AuNPs-DNA的胶体溶液在盐溶液加入前后并无明显变化，这表明了DNA链的成功偶联。

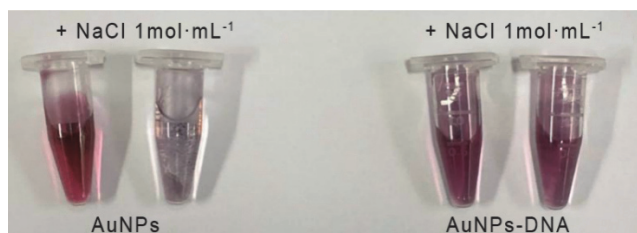


图7 Mey氏稳定化实验结果

#### 2.4.4 试纸条制备相关溶液的配制

##### (1) AuNPs-DNA重悬液的配制。

称取0.25 g BSA、2 g蔗糖、0.5 mL Tween 20以及1.0 mL TritonX-100加入96.25 mL 10 mmol·mL<sup>-1</sup> PBS中，振荡溶解。

##### (2) 样品垫浸泡液的配制。

称取1 g BSA、2 g蔗糖、0.5 mL Tween 20以及1.0 mL TritonX-100加入95.5 mL 10 mmol·mL<sup>-1</sup> PBS中，振荡溶解。

##### (3) 农药缓冲溶液的配制。

称取1 g BSA加入99 mL 10 mmol·mL<sup>-1</sup> PBS中，振荡溶解。

#### (4) T线溶液的配制。

取42  $\mu\text{L}$  2 OD生物素修饰的cDNA和42  $\mu\text{L}$  一定浓度的农药适配体，振荡混匀后使用水浴锅95  $^{\circ}\text{C}$  退火3 min，梯度降温至室温，加入250  $\mu\text{L}$  2  $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 链霉亲和素，室温孵育1 h，混合物中加入466  $\mu\text{L}$  PBS缓冲溶液，用截留量为30 kDa的超滤管以6000 rpm离心30 min，除去未反应的核酸链。在同一超滤管中用500  $\mu\text{L}$  PBS缓冲溶液洗涤结合物两次。收集过滤器中的剩余溶液，并通过添加PBS缓冲溶液将其稀释至500  $\mu\text{L}$ 。

#### (5) C线溶液的配制。

取42  $\mu\text{L}$  2 OD生物素修饰的cDNA与250  $\mu\text{L}$  2  $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 链霉亲和素，振荡混匀，室温孵育1 h后加入508  $\mu\text{L}$  PBS缓冲溶液，用截留量为30 kDa的超滤管以6000 rpm离心30 min，除去未反应的核酸链。在同一超滤管中用500  $\mu\text{L}$  PBS缓冲溶液洗涤结合物两次。收集过滤器中的剩余溶液，并通过添加PBS缓冲溶液将其稀释至500  $\mu\text{L}$ 。

### 2.4.5 层析试纸条的组装

我们所制备的层析试纸条由聚氯乙烯(Polyvinyl Chloride, PVC)底板、样品垫、硝化纤维素(Nitrocellulose, NC)膜、结合垫及吸水垫五大部分组成，各个部分的组装如图8所示。

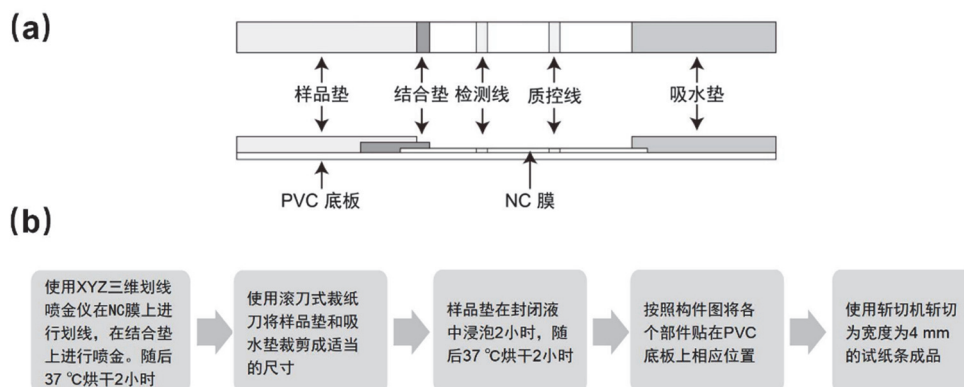


图8 试纸条构件图(a)和制备流程图(b)

试纸条成品实际制备流程如图9所示：(1) 在PVC底板上粘贴吸水垫；(2) 在PVC底板上粘贴喷金、烘干后的结合垫；(3) 在划线烘干后的NC膜及PVC底板上粘贴封闭液浸泡、烘干后的样品垫；(4) 使用斩切机裁剪得到试纸条成品，放入自封袋中，4  $^{\circ}\text{C}$ 干燥保存。



图9 试纸条制备流程图

### 2.4.6 滴加样液的实验操作

在所制备的试纸条上滴加70  $\mu\text{L}$ 含有农药标准品的农药缓冲液，最后等待10 min后观察T线、C线显色情况，或者使用胶体金试纸分析仪读取试纸条T线灰度值。

### 2.4.7 标准曲线的建立

使用农药缓冲溶液将丙溴磷农药分子的储备液稀释至0.1、0.5、1、10、50和500  $\mu\text{mol}\cdot\text{mL}^{-1}$ ，随后使用不同浓度的丙溴磷标准溶液进行滴加操作，等待10 min后肉眼观察显色情况，并使用胶体金试纸分析仪读取T线灰度值。结果显示试纸条对丙溴磷的检测在0.1到500  $\mu\text{mol}\cdot\text{mL}^{-1}$ 浓度范围内呈现

良好的对数线性关系, 相关系数 $R^2 = 0.984$ , 检测限约为 $0.008 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 满足白菜类蔬菜中丙溴磷农药残留最低检出限的国家标准。因此该层析试纸条可以用于检测丙溴磷农药残留。实际检测效果和标准曲线如图10所示。

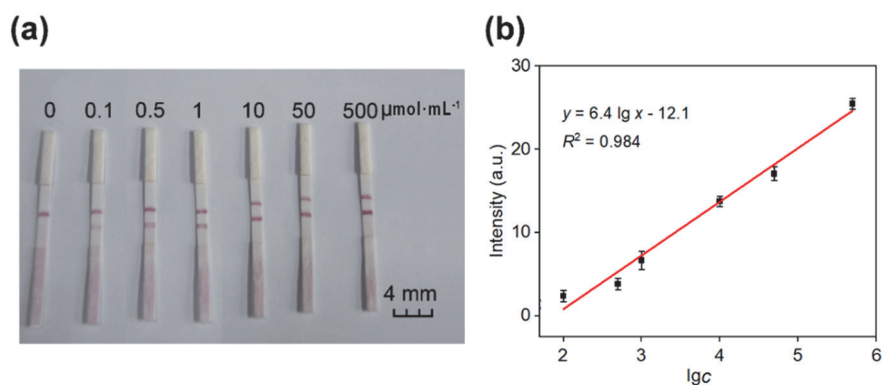


图10 试纸条对丙溴磷标准样品的响应结果(a)和试纸条灰度值与丙溴磷标准样品的线性关系(b)

$c$ 为丙溴磷标准样品浓度, 单位为 $\text{nmol}\cdot\text{mL}^{-1}$

#### 2.4.8 实际样品的测定

称取20 g娃娃菜试样, 在酒精中浸泡10 min, 取450  $\mu\text{L}$ 浸泡液于三支离心管中, 向其中加入丙溴磷标准品溶液, 使得添加标样的终浓度分别为0.1、1、10  $\mu\text{mol}\cdot\text{mL}^{-1}$ , 开展加标回收实验, 使用胶体金试纸分析仪读取T线灰度值并计算回收率。加标回收率公式为: 加标回收率=(加标试样测定值-试样测定值)/加标量  $\times 100\%$ 。得到表3所示结果, 其回收率在81%–108%之间, 并且每个浓度下的相对标准偏差值皆低于12%。

表3 方法回收率和相对标准偏差

添加标准丙溴磷浓度/ ( $\mu\text{mol}\cdot\text{mL}^{-1}$ )	实际测定的丙溴磷浓度/ ( $\mu\text{mol}\cdot\text{mL}^{-1}$ )	加标回收率	相对标准偏差
0.1	0.08	81%	11%
1	0.83	101%	8%
10	11.58	108%	9%

### 3 科普展示与互动方案

本科普实验针对不同学习阶段的人群, 有针对性地设计出多样化的科普方案, 从而快速地引导大家了解实验基本原理和试纸条操作方法。最重要的是激发青少年儿童对化学的兴趣和热情, 促使他们走进化学, 了解化学, 献身化学事业。

#### (1) 小学生。

小学生缺乏对于复杂的科学原理和抽象概念的理解能力。因此在科普过程中, 我们使用制作的科普视频和试纸条进行配合展示和趣味实验。比如利用“锁和钥匙”的结合引导学生认识核酸适配体; 带领小学生使用制作的试纸条来检测实际蔬菜样本中有机磷农药, 提高动手操作能力, 激发他们对科学研究的兴趣和增强他们的食品安全意识。图11为小学科普活动中的照片。

#### (2) 中学生。

中学生具备一定的理解和操作能力, 邀请中学生进入实验室参观试纸条制作过程, 向中学生多层次展示试纸条。首先, 请他们观看试纸条工作原理及制备过程的视频(图12), 体会层析、分子识别

在科学领域的应用。其次，学习试纸条制备的过程，然后动手进行试纸条粘贴及裁剪，操作过程引导他们对于试纸条制备和检测原理进行主动思考。最后，带领中学生参观实验室，增加其对化学的了解，提升科学研究兴趣。



图11 小学科普留念



图12 中学生学习试纸条技术

### (3) 社会大众。

社会大众的知识储备不同，但是理解能力和动手能力都较好。因此，我们将试纸条的制作过程、试纸条检测农药残留的基本原理、试纸条使用方法、试纸条显色情况代表的结果，以及果蔬中残留的有机磷农药对人类的危害性和检测的重要性向大众宣传展示。同时，推荐大众尝试使用试纸条进行娃娃菜中残留的有机磷检测(图13)，使之切身感受试纸条的用途，提升大众对有机磷农药残留危害的认知及食品安全的意识。



图13 路人使用试纸条

## 4 结语

对环境和农产品中有机磷农药残留的检测对于保障人民生命健康、维护生态安全有着重要意义。然而,目前有机磷农药残留的仪器分析方法仍存在检测速度较慢、依赖专业设备的问题,不利于大规模检测和家庭自检的开展。本科普实验设计并构建了一种基于核酸适配体的胶体金侧流层析试纸条,能实现有机磷农药残留的快速和准确检测。我们的试纸条成功实现了娃娃菜实际样品中有机磷农药残留的定性和半定量分析。我们还利用所制备的试纸条进行现场科普实验,使得科普受众人群亲身观察到奇妙的实验变化,提升他们对本作品的兴趣。此外,针对不同阶段的人群,我们设计了多样化的科普过程和实验流程,让他们更直观了解化学知识,向他们多方位展示科学研究的魅力,提升他们对于科学研究的兴趣。同时,将有机磷农药家庭自检带入大众视野,能够进一步提升大众对于食品安全的意识。

## 5 特色声明

### (1) 科普性强。

通过对试纸条原理和分子识别机制的阐释,让公众了解试纸条检测果蔬中农残背后的化学知识,提升其科学素养和化学认知。并且该实验立足于“菜篮子安全”的民生问题,成功实现了蔬菜表面有机磷农药残留的快速、简便的家庭检测,并有望将有机磷农药残留实现家庭自检,提升大众食品安全意识。

### (2) 安全性高。

为了增强该科普实验的科普性和实践性,本文将核酸适配体引入胶体金侧流层析试纸条技术,显著降低了试纸条的制作成本,提高了试纸条的稳定性与准确性,改善了传统胶体金试纸条的技术。将该实验操作设计的简单和安全,具有良好的可操作性和安全性。

### (3) 趣味性强。

本科普实验面对不同的人群,设计了多样化的实验过程。增加了科普过程和实验操作的趣味性和实用性,如“锁钥”类比核酸适配体的分子识别过程、直观的化学变化、引导受众亲自操作实验等,完美展示化学变化的奇妙之处,提升大众的科学兴趣。

## 参 考 文 献

- [1] Baker, L. W.; Fitzell, D. L.; Seiber, J. N.; Parker, T. R.; Shibamoto, T.; Poore, M. W.; Longley, K. E.; Tomlin, R. P.; Propper, R.; Duncan, D. W. *Environ. Sci. Technol.* **1996**, *30*, 1365.
- [2] Stoytcheva, M. *Enzyme vs. Bacterial Electrochemical Sensors for Organophosphorus Pesticides Quantification*. IntechOpen: Rijeka, Croatia, 2010; pp. 123–124.
- [3] Zhao, X.; Kong, W.; Wei, J.; Yang, M. *Food Chem.* **2014**, *162*, 270.
- [4] Ahmadi, F.; Assadi, Y.; Hosseini, S. M.; Rezaee, M. *J. Chromatogr. A* **2006**, *1101*, 307.
- [5] Harshit, D.; Charmy, K.; Nrupesh, P. *Food Chem.* **2017**, *230*, 448.
- [6] Lin, B.; Yan, Y.; Guo, M.; Cao, Y.; Yu, Y.; Zhang, T.; Huang, Y.; Wu, D. *Food Chem.* **2018**, *245*, 1176.
- [7] Huang, D.; Zhao, J.; Wang, M.; Zhu, S. *Food Control* **2020**, *108*, 106835.
- [8] Lata, K.; Sharma, R. *Lateral* **2013**, *32*, 22.
- [9] Wang, S.; Zhang, C.; Wang, J.; Zhang, Y. *Anal. Chim. Acta* **2005**, *546*, 161.
- [10] Wu, S.; Liu, L.; Duan, N.; Li, Q.; Zhou, Y.; Wang, Z. *J. Agric. Food Chem.* **2018**, *66*, 1949.
- [11] Gopinath, S. C. B. *Anal. Bioanal. Chem.* **2007**, *387*, 171.
- [12] Dunn, M. R.; Jimenez, R. M.; Chaput, J. C. *Nat. Rev. Chem.* **2017**, *1*, 1.
- [13] Jayasena, S. D. *Clin. Chem.* **1999**, *45*, 1628.
- [14] Liu, B.; Liu, J. *J. Am. Chem. Soc.* **2017**, *139*, 9471.
- [15] Roberts, D. M.; Aaron, C. K. *Bmj* **2007**, *334*, 629.