

· 研究论文 ·

# 采用纳米修饰双酶电极生物传感器检测有机磷与氨基甲酸酯类农药

干宁<sup>\*1</sup>, 王峰<sup>1</sup>, 杨欣<sup>1</sup>, 李天华<sup>1</sup>, 王军<sup>1,2</sup>

(1. 新型功能材料及其制备科学国家重点实验室, 宁波大学 材料科学与化工学院, 浙江 宁波 315211;

2 南京农业大学 理学院, 南京 210011)

**摘要:** 同时固定乙酸胆碱酯酶 (AChE) 及胆碱氧化酶 (ChOx) 于组装在丝网印刷电极表面的  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Au}$  纳米复合微粒上, 构建了一类新颖的快速测定有机磷和氨基甲酸酯类农药的双酶传感器 (AChE-ChOx/ $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Au}$  SPCEs)。该双酶传感器电流响应在乙酸胆碱浓度为 0.5 ~ 12.5 mmol/L 之间呈良好线性关系 ( $R^2 = 0.998$ )。其对克百威 (氨基甲酸酯类农药) 和敌敌畏 (有机磷类农药) 的检测范围在 0.05 ~ 1.00  $\mu\text{g}/\text{mL}$  之间均呈良好线性关系 ( $R^2 = 0.977$ ), 检测下限均可达 0.01  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。应用于实际样品白菜的添加回收率在 95% ~ 110% 之间, 与传统的生化法相比具有良好相关性。此外该传感器成本低、制备容易、可抛弃, 有望用于氨基甲酸酯和有机磷类农药的现场大规模筛测。

**关键词:**  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Au}$  纳米微粒; 纳米; 乙酸胆碱酯酶; 胆碱氧化酶; 氨基甲酸酯

中图分类号: O657.1

文献标志码: A

文章编号: 1008-7303(2008)03-0329-06

## A Nano Particles Modified Bi-enzyme Electrode Biosensor for the Detection of Carbamate and Organophosphorus Pesticides

GAN Ning<sup>\*1</sup>, WANG Feng<sup>1</sup>, YANG Xin<sup>1</sup>, LI Tian-Hua<sup>1</sup>, WANG Jun<sup>1,2</sup>

(1. The State Key Laboratory of Novel Functional Materials and Preparation Science, Ningbo University,

Ningbo 315211, Zhejiang Province, China; 2 College of Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210011, China)

**Abstract:** A novel bi-enzyme electrode biosensor for rapid determination of carbamate and organophosphorus pesticides was developed. The sensor was prepared by co-immobilizing acetylcholinesterase (AChE) and choline oxidase (ChOx) on a  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Au}$  nano particles surface modified screen printed electrode (AChE-ChOx/ $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Au}$  SPCEs). The modified enzyme electrode showed linear current response to acetylcholine in the range of 0.5 ~ 12.5 mmol/L. It was utilized for carbofuran and dichlorovinyl dimethyl phosphate detection with a linearity range between 0.05 and 1.00  $\mu\text{g}/\text{mL}$  ( $R^2 = 0.977$ ). The detection limit may reach 0.01  $\mu\text{g}/\text{mL}$  and their recovery exhibited a range of 95% ~ 110% in chinese cabbage. The method using biosensor may be matched with the traditional biochemical method with low cost, deservable and easy preparation, thus would be valuable for rapid detection of carbamate and organophosphorus pesticides.

收稿日期: 2008-04-08; 修回日期: 2008-08-10

作者简介: \*干宁 (1974-), 男, 浙江平湖, 通讯作者 (Author for correspondence), 博士, 副教授, 主要从事电化学生物传感器研究。

联系电话: 0574-87600982; E-mail: ganning@nbu.edu.cn

基金项目: 浙江省自然科学基金 (Y4080023); 浙江省科技攻关项目 (2006C31040); 浙江省教育厅基金 (20061697); 宁波市自然科学基金 (2008A610072; 2008A610043); 宁波大学王宽城基金资助项目。

**Key words:**  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  /Au nano particles; nano particles; acetylcholinesterase; choline oxidase; carbanate

传统的瓜果蔬菜中农药残留分析通常采用气相或液相色谱法,耗时往往长达 10 多个小时,步骤繁琐且仪器昂贵,只适合对少量样品的检测<sup>[1~3]</sup>。随着人们对食品安全的要求越来越高,发展新的快速、自动、价廉、可实时在线及大批量地检测蔬菜中农药残留的方法和技术具有极其重要的意义。电化学生物传感器具有灵敏度高、特异性强及易于自动化等优点,非常适合于大批量农药残留的初步筛查<sup>[4,5]</sup>。有机磷及氨基甲酸酯类农药对胆碱酯酶的活性有抑制作用,在一定条件下,其抑制率取决于农药种类及其浓度。ZHAO 等<sup>[7]</sup>利用基于乙酰胆碱酯酶抑制技术的电化学生物传感器,实现了对有机磷和氨基甲酸酯类农药的检测,并与传统技术进行了比较,指出该技术更适合对环境中有毒物质的快速检测。然而该类传感器在实际使用中还存在不足,一是灵敏度、稳定性和使用寿命仍需进一步提高,成本较昂贵;二是酶探针在电极表面固定后容易失去活性,这是影响酶传感器用于农药残留检测并走向商业应用的难点,此前一直未得到很好解决<sup>[5]</sup>。

近年来有关纳米修饰电极在生物传感器中的应用研究十分活跃<sup>[6]</sup>。其中  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  纳米粒子应用于生物探针分子固定具有显著的优点:增加电极电子传递界面表面积;加强生物探针分子氧化还原中心与电极表面的导电特性,从而显著提高传感器灵敏度。纳米金胶在固定生物分子时具有良好的兼容性,可长期保持其活性<sup>[7,8]</sup>。笔者曾采用组装型  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  /Au 胶复合纳米颗粒<sup>[9]</sup>构造了安培免疫传感器,灵敏度高、生物探针不易失活,在诊断膀胱肿瘤中取得了良好效果。

传感器常见电极材料为玻碳、金和铂等,价格昂贵且一旦损坏很难再次使用。而丝网印刷碳电极(SPCEs)成本低、可实现规模生产、一次使用后就可抛弃,是降低传感器制作成本的重要选择<sup>[10~12]</sup>。本研究创新性地选用 SPCEs 作为工作电极,在其表面负载  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  /Au 胶颗粒,进而吸附乙酰胆碱酯酶(AChE)及胆碱氧化酶(ChOx),制备了步骤简单、可抛弃、灵敏快速的双酶电极,尝试用于农药残留检测,以克百威和敌敌畏分别作为氨基甲酸酯及有机磷类农药的代表,探讨了该类双酶传感器用于农药实际测定的可行性。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (99%)、 $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$  (99%)、5, 5-二硫代双(2-硝基苯甲酸, 99%)、3-巯丙基三乙氧基硅烷(95%)以及  $\text{AuCl}_3 \cdot \text{HCl} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (均为上海化学试剂公司产品)。 $\text{Fe}_3\text{O}_4$  /Au 溶胶参考文献[9]合成。AChE (EC 3. 1. 1. 7)和 ChOx (EC 1. 1. 3. 17) (美国 Sigma 公司产品);克百威(carbofuran)、敌敌畏(dichlorovos)标准品(美国 Chem service 公司,纯度 99.99%)。其余药品均为 A. R 级。 $\text{Fe}_3\text{O}_4$  /Au 胶悬浮液制备:称取 16 mg 粒径在 100~800 nm 的  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  /Au 胶粉末于 30 mL 烧杯中加水超声制得<sup>[4]</sup>。

### 1.2 实验仪器

采用三电极体系,酶电极(直径 0.5 mm)和铂电极分别用作工作电极和对电极,以饱和甘汞电极为参比电极。在 CHI660B 电化学分析仪(上海辰华仪器公司)上进行电化学实验,实验温度 25℃。NE-200 匀浆机(上海华普公司)。Hitachi X-650 型扫描电子显微镜(日本 Hitachi 公司)。PHI-5400 型 X 射线光电子能谱仪(美国 PE 公司):采用 Mg K 放射源,测量范围 0~1 000 eV,步长为 50 eV,用  $\text{C}_{1s}$  峰(284.6 eV)作内标。丝网印刷碳电极(SPCEs)由上海博奥生物科技股份有限公司(Apex Bio. Corp.)提供,电极构造如图 1 所示:

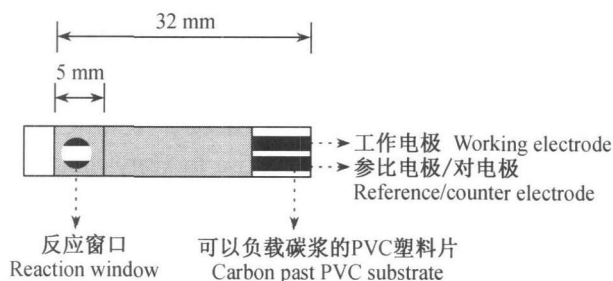


图 1 平版式网印碳电极测试裸片构造示意图

Fig 1 The scheme of SPCEs

### 1.3 分析方法

1.3.1 AChE-ChOx /  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  /Au SPCEs 电极的制备  
滴加 10  $\mu\text{L}$   $\text{Fe}_3\text{O}_4$  /Au 胶悬浮液于网印碳工作电极上,置于烘箱中于 40℃ 下烘干 15 min,获得

$\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Au}$ 胶修饰的 SPCEs。再在其上滴加 10  $\mu\text{L}$  含有乙酰胆碱酯酶 (AChE, 100 unit/mL) 和胆碱氧化酶 (ChOx, 200 unit/mL) 的磷酸盐缓冲液 (PBS, pH 7.0), 同样条件下烘干 15 min, 即得 AChE-ChOx /  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Au}$  SPCEs。置于 pH 7.0 的 PBS 溶液中于 4  $^{\circ}\text{C}$  下保存备用, 该传感器的表面形态见

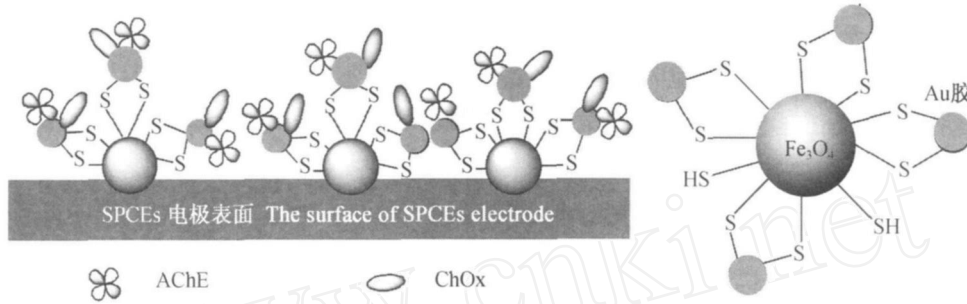


图 2 AChE-ChOx /  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Au}$  SPCEs 电极表面示意图

Fig 2 The surface of AChE-ChOx /  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Au}$  SPCEs electrode

1.3.2 样品前处理 根据该方法的检测灵敏度和检测范围, 取匀浆后的白菜待测样品 40~50 g, 加入质量分数为 5% 的丙酮溶液 99 mL, 振摇 3 min, 过滤, 减压蒸馏至底部基本干燥, 加入 10 mL 丙酮溶解, 过滤得样品提取液, 待测。

### 1.3.3 农药残留量分析

本方法: 在 37  $^{\circ}\text{C}$  下, 于电解池中依次加入 10 mL 样品提取液、5 mL 0.1 mol/L KCl-0.1 mol/L pH 7.5 的 PBS 缓冲液, 5 mL 0.5 mmol/L 的  $\text{H}_2\text{O}_2$  和 10 mL 25 mmol/L 的乙酰胆碱标准溶液, 在酶电极表面施加 +700 mV 恒电位。首先检测未经农药抑制的酶电极对 10 mmol/L 乙酰胆碱的电流 ( $I_1$ ), 再将该电极浸入不同浓度 (0.05、0.20、0.40、0.80、1.00  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) 的克百威和敌敌畏农药标准溶液中 10 min, 取出置于电化学反应槽中, 同法测其对乙酰胆碱的电流 ( $I_2$ ), 由抑制率  $[(I_2 - I_1) / I_1] \times 100\%$  与农药浓度作图获得标准曲线, 通过测定抑制率判断出样品中有机磷或氨基甲酸酯类农药的含量。

标准生化法<sup>[8]</sup> (ABTS 法): 将 10 mL 样品提取液加入到含有 1 mL 乙酰胆碱、2 mL 二铵盐 (ABTS) 及游离的 0.5 mL AChE、ChOx 及辣根过氧化物酶 (HRP) 溶液的磷酸缓冲液 (50 mmol/L, pH 7.5) 中混合均匀, 于乙酰胆碱酯酶最佳活性温度下 (37  $^{\circ}\text{C}$ ) 反应 10 min, 测定 405 nm 处吸光度的增加速率, 由此获得样品中两种农药的浓度。

图 2。其检测原理是: 乙酰胆碱经过 AChE 及 ChOx 的催化反应后, 产生  $\text{H}_2\text{O}_2$ , 当被测农药抑制了 AChE 或者 ChOx 活性时,  $\text{H}_2\text{O}_2$  的生成量会显著下降, 根据其下降程度可以达到定量检测农药的目的, 而  $\text{H}_2\text{O}_2$  的含量可以通过在 0.7V 恒电位下测定其氧化电流获取。

实际样品检测: 为了评估该酶电极应用于实际样品的可行性, 以白菜为代表测定了其添加回收率。将白菜样本磨碎, 利用 5% 丙酮按 1.3.2 节中方法提取, 在提取液中分别加入克百威及敌敌畏, 使其终浓度分别为 0.01、0.50、1.00  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , 采用上述方法检测。

## 2 结果与讨论

### 2.1 Nano- $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Au}$ SPCEs 及 AChE-ChOx / $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Au}$ SPCEs 电极的表征

AChE-ChOx /  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Au}$  SPCEs 膜的表面形态决定了传感器的性能。用扫描电子显微镜 (SEM) 对未修饰酶的  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Au}$  胶纳米修饰电极 (Nano- $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Au}$  SPCEs) 表面和进一步修饰酶的纳米电极表面 (AChE-ChOx /  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Au}$  SPCEs) 进行表征 (图 3)。从电镜图上可以看出, 物理吸附的  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Au}$  胶均匀地分布在 SPCEs 的碳浆中, 在电极表面形成白色亮点, 具有三维点状结构。当酶分子被吸附在  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Au}$  胶表面以后, AChE 和 ChOx 酶的聚集体均匀地分布在电极表面, 形成均匀的孔状薄膜。X 光电子能谱 (XPS) 谱图 (图 4) 证明, AChE-ChOx /  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Au}$  SPCEs 修饰电极上含有 Au、Fe、N、O、C 的特征吸收峰。由此表明  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Au}$  和双酶均被修饰到了电极表面。

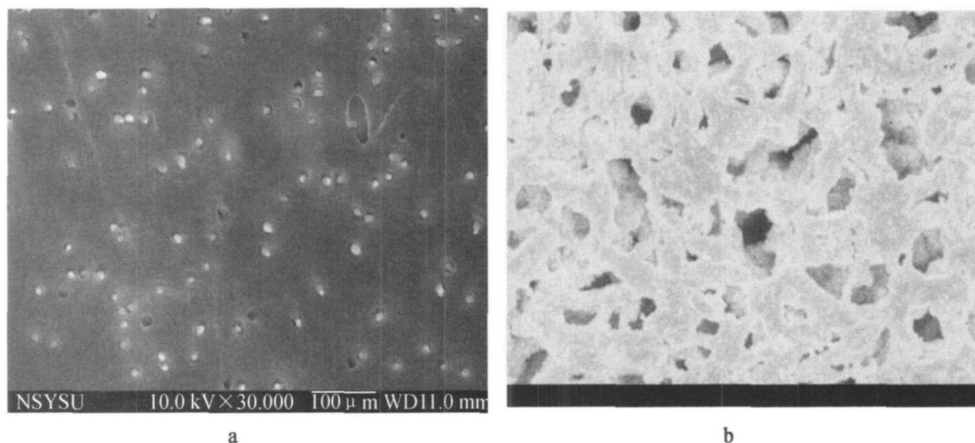


图 3 未修饰酶的纳米修饰电极 (Nano-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Au SPCEs)表面 (a) 和修饰双酶的电极 (AChE-ChOx/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Au SPCEs)表面 (b)的 SEM 图

Fig 3 Scanning electron micrographs of Nano-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Au SPCEs (a) and after bienzyme absorbed on it to form AChE-ChOx/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Au colloid film (b)

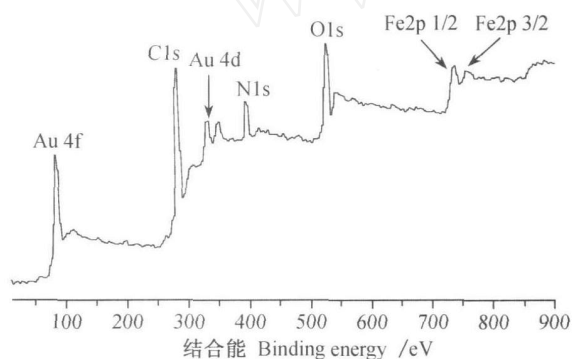


图 4 AChE-ChOx/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Au SPCEs电极表面的 X光电子能谱 (XPS)谱图

Fig 4 XPS spectrum of surface of AChE-ChOx/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Au SPCEs electrode

## 2.2 乙酰胆碱的反应曲线

电极对乙酰胆碱的检测曲线 (图 5)表明,反应电流随着乙酰胆碱浓度的增加有上升的趋势,且加入 0.5 mmol/L H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>后,经过 7 s就能出现稳定的电流台阶峰,说明电极对 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>均具有较快的响应速度。在乙酰胆碱浓度为 0.5~12.5 mmol/L 之间有较好的线性相关 ( $R^2 = 0.998$ )。

## 2.3 有机溶剂对酶活性的影响

在分析蔬菜瓜果中农药残留时,通常是先用有机溶剂对农药进行提取,然后再检测。由于有机溶剂会抑制酶的活性,因此有必要了解其对酶活性的影响。笔者分别测定了酶电极在 50%和 5% (有机溶剂在缓冲液中的体积分数)底液中的活性。结果显示,当有机溶剂体积分数为 50%时,酶活性显著降低,尤其是极性较高的溶剂如丙酮、

甲醇体系,其酶活性降低更明显。推测其原因可能是亲水性溶剂会剥离酶表面的水合层,从而使酶变性失活。而当有机溶剂体积分数在 5%时,对酶活性的影响不显著,其中 5%丙酮溶液对固定在电极表面的酶的活性影响最小,酶活性仍保持在 97.3%。因此选择 5%丙酮溶液作为蔬菜水果中农药的提取试剂。

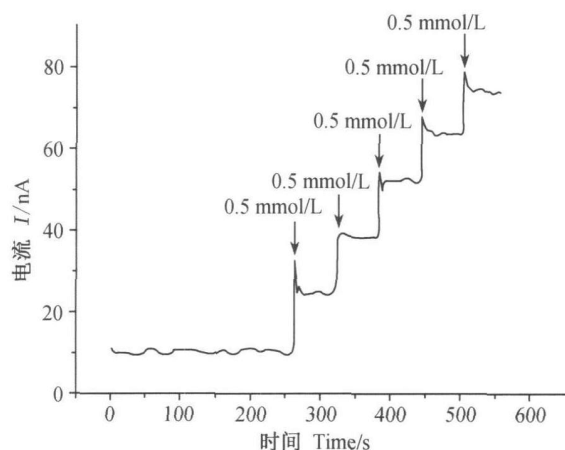


图 5 乙酰胆碱反应时间-电流图

Fig 5 The current-time curve of acetylcholine by the sensor

注: 表示乙酰胆碱的添加

Note: Responses the addition of choline carbonate

## 2.4 酶电极分别对有机磷和氨基甲酸酯类农药的检测结果

酶电极氧化电流随着克百威浓度的增高而显著降低,所得校正曲线见图 6。研究表明:当克百

威浓度为  $0.25 \mu\text{g/mL}$  时,对酶活性的抑制率大于 50%,而当浓度增加到  $5.00 \mu\text{g/mL}$  时,酶活性完全被抑制(图 6a);对敌敌畏的检测结果具有相同趋势(图 6b)。两种农药在  $0.05 \sim 1.00 \mu\text{g/mL}$  之间均具有良好的线性关系 ( $R^2 = 0.977$ ),检测下限达  $0.01 \mu\text{g/mL}$ 。由于克百威和敌敌畏在小叶菜中的最大允许残留限量(MRL)值均为  $0.5 \text{ mg/kg}$ ,所以本传感器的检测限低于农药最大允许残留限量,适合于蔬菜样品中农药残留的检测。

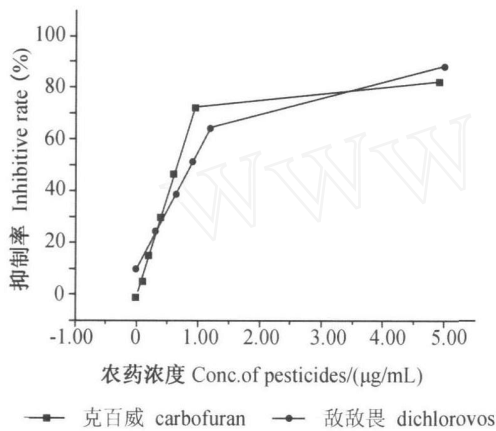


图 6 该传感器对  $0 \sim 10.00 \mu\text{g/mL}$  克百威和敌敌畏的校正曲线

Fig 6 The calibration curve of  $0 \sim 10.00 \mu\text{g/mL}$  carbofuran and dichlorovos by the biosensor

### 2.5 回收率实验

由表 1 可知,在添加浓度为  $0.05 \sim 0.50 \mu\text{g/mL}$  范围内,克百威与敌敌畏的回收率介于 97%~115% 之间,与现行使用的生化法测定结果相吻合。

### 2.6 双酶传感器的储存稳定性、耐用性及再生

将该传感器在 4℃ 下储存于 pH 6.0 的 PBS

缓冲溶液中 70 d 后,传感器在含  $0.50 \mu\text{g/mL}$  克百威和敌敌畏溶液中的电流响应值仅降低 9%~10%,说明该传感器具有较好的储存稳定性并可长期保持酶活性。同时还考察了电极的耐用性:采用同一电极测定浓度为  $5.00 \mu\text{g/mL}$  的克百威和敌敌畏样品 35 次后,电流下降值小于 5%;50 次后电流下降值大于 20%;随后将电极在空白 PBS 底液中浸泡 12 h,电流大小又可恢复到未使用前状态。推测可能是由于连续测定会导致有机污染物吸附在电极表面,部分掩盖了酶修饰层的活性中心而造成电流减小,但可以通过在 PBS 空白液中浸泡的方法使电极表面再生。而且该传感器制备成本低廉,平均每片不超过人民币 5 元,可以做到一次用过即废弃。

## 3 结论

本研究以  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Au}$  胶在丝网印刷电极上固定 AChE 及 ChOx,制备了纳米修饰双酶电极传感器,对克百威和敌敌畏具有良好的检测灵敏度和回收率,可用于瓜果蔬菜中此类农药残留的直接分析。并具有如下优点:灵敏快速:检测下限 ( $0.01 \mu\text{g/mL}$ ) 较无纳米修饰的同类酶电极传感器检测下限 ( $0.10 \sim 1.00 \mu\text{g/mL}$ ) 大大降低,电流响应速度 (7 s) 较同类电极 (15~20 s) 快<sup>[7]</sup>;该传感器成本低于 5 元/片,且可批量化生产,一次使用后即可抛弃,适合于大量样品的筛查;不受吸光度值的干扰,仪器便携适合现场分析。因此,所制备的纳米修饰双酶电极生物传感器可在传统的检测方法之外提供一种快速、灵敏的替代方法。然而本传感器的检测方法目前还较为繁琐,今后需进一步加以完善,以简化步骤,提高性能。

表 1 克百威和敌敌畏在白菜中的添加回收率

Table 1 Recovery test for carbofuran and dichlorovos spiked in Chinese cabbage

农药 Pesticides	添加浓度 Concentration fortified /( $\mu\text{g/mL}$ )	酶电极法测定的浓度和回收率		生物法测定的浓度和回收率	
		Concentration obtained by enzyme electrode /( $\mu\text{g/mL}$ ) (Recovery, %), n=5		Concentration obtained by biochemical method /( $\mu\text{g/mL}$ ) (Recovery, %), n=5	
克百威 carbofuran	0.50	0.47	(97)	0.49	(98)
	1.00	1.10	(110)	1.13	(113)
	0.01	0.01	(110)	0.01	(120)
	0.05	0.05	(106)	0.05	(102)
敌敌畏 dichlorovos	0.50	0.53	(106)	0.51	(102)
	1.00	1.10	(110)	1.15	(115)
	0.01	0.01	(105)	0.01	(100)
	0.05	0.05	(102)	0.05	(104)

## 参考文献:

- [1] MARCO M P, BARCELO D. Environmental Applications of Analytical Biosensor[J]. Meas Sci Technol, 1996, 54(7): 1547-1562.
- [2] ROGERS K R. Biosensors for Environmental Applications[J]. Biosensors & Bioelectro, 1995, 10: 533-541.
- [3] LILI(李莉), JIANG Shu-ren(江树人), PAN Can-ping(潘灿平), et al 分散固相萃取 气相色谱 质谱方法快速净化测定枸杞中 12种农药残留[J]. Chin J Pestic Sci(农药学报), 2006, 8(4): 371-37.
- [4] MNHAZ U A, MOHAMMAD M H, EIICHI T. Electrochemical Biosensors for Medical and Food Applications [J]. Electroanalysis, 2005, 20(6): 616-626.
- [5] SCOUTEN W H, LUONG H T, BROWN R S. Enzyme or Protein Immobilization Techniques for Applications in Biosensor Design[J]. Tibtech, 1995, 13: 178-185.
- [6] GONG J M, LIN X Q. Facilitated Electron Transfer of Hemoglobin Embedded in Nanosized Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Matrix Based on Paraffin Impregnated Graphite Electrode and Electrochemical Catalysis for Trichloroacetic Acid[J]. Microchemical J, 2003, 75: 51-57.
- [7] ZHAO G, XU J J, CHEN H Y. Fabrication, Characterization of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Multilayer Film and its Application in Promoting Direct Electron Transfer of Hemoglobin [J]. Electrochem Commun, 2006, 8(3): 148-154.
- [8] WON J, KM M, YI Y, et al A Magnetic Nanoprobe Technology for Detecting Molecular Interactions in Live Cells [J]. Science, 2005, 309(5731): 121-125.
- [9] GAN Ning(干宁), WANG Lu-yan(王鲁雁), XU Weim in(徐伟民). 四羧基酞菁钴(III)/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/金胶共固定修饰免疫传感器检测尿样中核基质蛋白 22 研究[J]. Chin J Anal Chem(分析化学), 2007, 35(11): 1020-1024.
- [10] RISHPON J, IVNITSKI D. An Amperometric Enzyme-channeling Immunosensor [J]. Biosensors & Bioelec, 1997, 12: 195-204.
- [11] RUIZ B L, DEMPSEY E, HUA C, et al Development of Amperometric Sensors for Choline, Acetylcholine and Arsenocholine[J]. Anal Chim Acta, 1993, 273: 425-430.
- [12] M LAND E, MIRANDA A J, TUNON B P, et al Poly (o-aminophenol) modified Bi enzyme Carbon Paste Electrode for the Detection of Uric Acid[J]. Talanta, 1999, 377: 174-179.

(Ed. TANG J)

## 2009年《昆虫知识》征订启事

《昆虫知识》是由中国科学院动物研究所和中国昆虫学会主办的综合性学术期刊,中国生物类和植保类中文核心期刊。刊登内容包括昆虫学及其相关领域的国内外最新研究进展,报道原始性、创新性科研成果,介绍有重要改进的技术方法和基础知识,转载相关刊物的最新科学发现。读者对象主要是从事昆虫学研究和教学的科研人员和大学师生,以及昆虫爱好者。

2007年《昆虫知识》的影响因子为 1.068。2009年起特为本科生开辟投稿绿色通道!

本刊真诚欢迎广大科研人员、大专院校师生踊跃投稿。特约稿和优秀论文可优先发表。

《昆虫知识》(双月刊)2009年页码 160页,全铜板纸彩插印刷。单册定价:25元,全年 150元。凡在编辑部订阅 2009年期刊 1卷的个人或单位可获赠 2008年前过刊 1卷或赠送光盘 1套;中国昆虫学会会员可享受 8折优惠价(120元/年)。编辑部尚存 1999~2007年各卷(卷价分别为 1999、2000年 20元;2001、2002年 25元;2003、2004年 30元,2005年 45元,2006、2007年 75元)。邮购创刊 50周年全文检索数据光盘 A款 100元(1955~2003年),B款 50元(1991~2005年)。需要者请直接汇款至编辑部(以上邮购过刊均含邮费),并说明需要哪年的期刊。

地 址:北京市朝阳区大屯路,中国科学院动物研究所《昆虫知识》编辑部

邮 编:100101 电 话(传真):(010)64807137

投稿信箱:entom@ioz.ac.cn

网 址: <http://www.ent-bull.com.cn>