

· 研究论文 ·

氯噻啉酶联免疫分析方法研究

方松, 张斌, 施海燕, 王鸣华*

(南京农业大学 植物保护学院 农药科学系/农业部作物病虫害监测与防控重点开放实验室, 南京 210095)

摘要:建立了基于多克隆抗体的氯噻啉间接竞争酶联免疫分析(*ic*-ELISA)方法。设计合成了氯噻啉半抗原,将其分别与牛血清蛋白(BSA)和卵清蛋白(OVA)偶联制备免疫原和包被原。用免疫原免疫新西兰大白兔,制备多克隆抗体,抗体效价为 2.56×10^6 。通过对有机溶剂含量、离子强度和pH等影响因素的优化,确定了氯噻啉*ic*-ELISA的最佳检测条件(含体积分数10%甲醇的磷酸盐缓冲液、 Na^+ 浓度为0.14 mol/L、pH 7.4),并建立了氯噻啉标准竞争曲线,该方法的抑制中浓度(IC_{50})为0.18 mg/L,最低检测限(IC_{10})为0.001 8 mg/L。所得多克隆抗体除与吡虫啉有较大的交叉反应外,与其他结构相似的化合物无明显交叉反应。在水、土壤和甘蓝中分别添加0.05~1 mg/kg的氯噻啉标准溶液,平均回收率为91.42%~113.82%,相对标准偏差(*RSD*)为0.72%~8.68%,符合农药残留检测要求。该ELISA方法可用于环境及农产品中氯噻啉残留检测。

关键词:氯噻啉;半抗原;多克隆抗体;酶联免疫

DOI:10.3969/j.issn.1008-7303.2011.03.13

中图分类号:R392.11;S482.3

文献标志码:A

文章编号:1008-7303(2011)03-0287-06

Development of an enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of imidaclothiz

FANG Song, ZHANG Bin, SHI Hai-yan, WANG Ming-hua*

(Department of Pesticide Science, College of Plant Protection, Nanjing Agricultural University/Key Laboratory of Monitoring and Management of Crop Diseases and Pest Insects, Ministry of Agriculture, Nanjing 210095, China)

Abstract: A sensitive indirect competitive enzyme-linked immunosorbent assay (*ic*-ELISA) based on polyclonal antibody for detection of imidaclothiz was developed. A hapten of imidaclothiz was synthesized and conjugated with bovine serum albumin (BSA) as the immunogen, conjugated with ovalbumin (OVA) as the coating antigen. Polyclonal antibody was obtained by immunizing New Zealand rabbits with immunogen, and the titer was 2.56×10^6 . The inhibition standard curve of imidaclothiz was obtained under the optimised conditions [10% methanol (*V/V*), 0.14 mol/L Na^+ , pH 7.4]. The half-maximal inhibition concentration (IC_{50}) and the limit of detection (IC_{10}) were 0.18 mg/L and 0.001 8 mg/L of imidaclothiz, respectively. Very low cross-reactivity was found for some structurally related compounds except imidacloprid. At different spiked levels (0.05–1 mg/kg in water, soil and cabbage) recoveries of imidaclothiz were from 91.42%–113.82%, with relative standard deviation (*RSD*) of 0.72%–8.68%. The ELISA could be a convenient tool for monitoring imidaclothiz residues in environmental and agricultural samples.

Key words: imidaclothiz; hapten; polyclonal antibody; ELISA

收稿日期:2010-10-11;修回日期:2011-01-24.

作者简介:方松(1985-),男,山东泰安人,硕士研究生, **E-mail**:2008102126@njau.edu.cn; *通讯作者(Author for correspondence):王鸣华(1961-),男,山西垣曲人,博士,教授,主要从事农药残留与环境毒理研究,电话:025-84395479, **E-mail**:wangmha@njau.edu.cn

氯噻啉(imidaclothiz)是一种作用于烟酸乙酰胆碱酯酶受体的新烟碱类内吸性杀虫剂,可用于防治吮吸式口器害虫,如蚜虫 *Aphidoidea*、叶蝉 *Cicadellidae*、飞虱 *Delphacidae*、蓟马 *Thysanoptera*、粉虱 *Aleyrodidae* 及其抗性品系,同时对鞘翅目、双翅目和鳞翅目害虫也有防效,尤其对水稻二化螟 *Chilo suppressalis*、三化螟 *Tryporyza incertulas* 的毒力比其他烟碱类杀虫剂高,广泛应用于水稻、小麦、蔬菜、烟草、棉花、果树、茶树等作物上,具有高效、广谱、低毒等优点^[1]。作为高毒农药的替代品种,氯噻啉的使用量日益上升,且随着人们对食品安全关注程度的增强,对其在农产品和环境残留检测方法的研究也已广泛开展。目前,对氯噻啉残留的检测主要依赖高效液相色谱法(HPLC)。贺敏等^[2-3]建立了水稻中氯噻啉残留的分析方法,在稻田水、茎叶、稻壳和土壤中的最低检测浓度分别为0.000 4、0.01、0.02和0.005 mg/kg;张丽芬^[4]建立了甘蓝中氯噻啉残留的分析方法,其最低检测浓度为3.2 mg/kg。由于常规仪器分析方法难以满足大批量样品的检测,因此开发高效、快速、灵敏的检测方法显得十分必要。酶联免疫分析(ELISA)技术灵敏度和选择性高、快速、简便,在农药残留检测领域已得到广泛应用。但目前国内外尚未见利用ELISA技术检测氯噻啉的报道。本研究首次制备了氯噻啉半抗原和多克隆抗体,建立了快速灵敏的氯噻啉残留ELISA检测分析方法。

1 材料与方 法

1.1 仪器及试剂

DF-II集热式磁力搅拌器(金坛荣华仪器制造有限公司);ESI-MSQDECA液-质联用仪(ABI公司);DRX 500核磁共振仪(Bruker公司);Infinite M200型酶标仪(Tecan公司);DU®800核酸/蛋白分析仪(Beckman公司);AllegraTM 64R Centrifuge高速冷冻离心机(Beckman公司);Wellwash Plus型

洗板机(Thermo公司);DNP-9052型新型电热恒温培养箱(宁波江南仪器厂);96孔聚乙烯酶标板(浙江省黄岩五洲医用塑料厂)。

97%氯噻啉(imidaclothiz)标准品(南通江山农药化工股份有限公司)。 β -巯基丙酸(Fluka公司);牛血清蛋白(BSA)、卵清蛋白(OVA)、二环己基碳二亚胺(DCC)、*N*-羟基琥珀酰亚胺(NHS)、辣根酶标记山羊抗兔IgG(Goat anti-rabbit IgG/HRP)、弗氏完全佐剂和弗氏不完全佐剂、邻苯二胺(OPD)及吐温-20(Tween-20)(Sigma公司);0.01 mol/L的磷酸盐缓冲液(PBS,pH 7.4),0.05 mol/L碳酸盐缓冲液(pH 9.0);其余二甲亚砜(DMSO)、*N,N*-二甲基甲酰胺(DMF)等试剂均为分析纯。

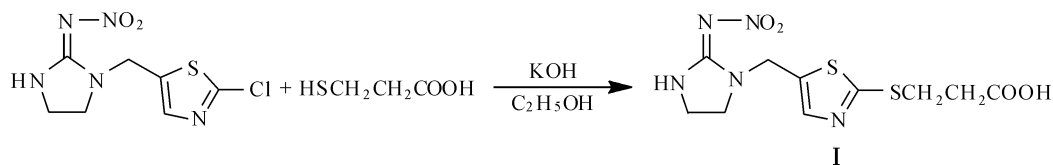
1.2 半抗原(I)的合成

将8 mmol(0.32 g)氢氧化钠溶解于20 mL乙醇中,加入4 mmol(0.42 g) β -巯基丙酸并搅拌,待完全溶解后加入4 mmol(1.04 g)氯噻啉^[5-6],70~75℃搅拌回流4 h,过滤,滤液减压浓缩得淡黄色液体。加入40 mL水,用2 mol/L的盐酸调节pH=3.0,60~70℃反应2 h。用乙酸乙酯萃取,水洗,无水硫酸钠干燥,减压浓缩得白色粉末状物质,经甲醇重结晶,得淡黄色粉末(I)。收率65.5%,利用质谱(ESI-MS)、核磁共振氢谱(¹H NMR)鉴定其结构。合成路线见Scheme 1。

1.3 人工抗原的合成

采用碳二亚胺法^[7]将半抗原与牛血清蛋白(BSA)偶联制备免疫抗原,采用混合酸酐法^[8-9]与卵清蛋白(OVA)偶联制备包被抗原。反应液在0.01 mol/L的磷酸盐缓冲液中于4℃下透析72 h。根据半抗原、载体蛋白和偶联物的紫外扫描图谱鉴定半抗原是否与载体蛋白有效偶联,根据3者在280 nm的摩尔吸光系数(ϵ)估算半抗原与载体蛋白的结合比^[10],计算公式见式(1)。

$$\text{结合比} = (\epsilon_{\text{偶联物}} - \epsilon_{\text{载体蛋白}}) / \epsilon_{\text{半抗原}} \quad (1)$$



Scheme 1

1.4 抗体的制备和纯化

采用常量法^[11]背部皮下注射免疫雌性新西兰大白兔,初次免疫用等量弗氏完全佐剂乳化免疫原,

免疫剂量为1.0 mg/kg(按BSA量计),21 d后加强免疫时用弗氏不完全佐剂乳化,以后间隔14 d加强免疫一次。在初次免疫前7 d,采集兔耳缘静脉阴性

血清,于第2次加强免疫后7 d采血,用间接非竞争ELISA法测定效价及特异性,待效价不再升高后进行心脏采血,分离抗血清。采用辛酸-硫酸铵法^[11]纯化抗体,冷冻干燥后,于-20℃下保存。

1.5 抗体效价测定及工作浓度选择

采用间接非竞争ELISA法测定抗体效价,用方阵滴定法^[12]确定包被抗原和抗体的最适工作浓度。当 OD_{490} (490 nm下的吸光值)约为1.0时,冻干粉的最大稀释倍数即为抗体的效价,选择当 OD_{490} 值约为1.0时用量较少的包被抗原和抗体浓度作为最适工作浓度。

1.6 条件优化

配制含不同体积分数(0、10%、20%、30%、40%)甲醇的氯噻啉标准溶液、不同 Na^+ 浓度(0.1、0.14、0.2、0.3、0.4、0.5 mol/L)和不同pH(5.5、6.5、7.4、8.5、9.5)的PBS缓冲液稀释抗体,分别考察甲醇体积分数、离子强度和pH对ELISA方法检测结果的影响,根据 IC_{50} 值选取最佳测定条件^[13]。

1.7 标准曲线的建立和特异性检测

采用间接竞争酶联免疫分析(ic-ELISA)法考察氯噻啉对抗原、抗体结合反应的抑制活性。用结合率 $[B/B_0, \%$,计算公式见式(2)]与氯噻啉浓度的对数值作图,绘制氯噻啉标准竞争曲线,得到抑制中浓度(IC_{50})及最低检测限(IC_{10})。

$$(B/B_0)/\% = \frac{(OD_x - OD_{min})}{(OD_{max} - OD_{min})} \times 100 \quad (2)$$

式中: OD_{max} 为不加农药时的吸光值, OD_x 为农药浓度为 x 时的吸光值, OD_{min} 为不加抗体和农药的空白对照的吸光值。

采用ic-ELISA法测定抗体对其他类似化合物的竞争曲线,按(3)式计算类似化合物和抗体的交

叉反应率(CR)。交叉反应率越低,说明抗体的特异性越强,对氯噻啉测定的干扰越小。

$$CR/\% = \frac{IC_{50}(\text{氯噻啉})}{IC_{50}(\text{类似化合物})} \times 100 \quad (3)$$

1.8 添加回收率测定

自来水及河水样品经过滤后添加0.05~1 mg/L的氯噻啉标样,用含体积分数10%甲醇的PBS溶液稀释至0.025~0.5 mg/L后进行测定。称取10 g土壤,添加0.05~1 mg/kg的氯噻啉标样,混匀,放置过夜,加入40 mL二氯甲烷,超声提取10 min,于4 000 r/min下离心10 min,取上清液20 mL于圆底烧瓶中减压浓缩,用含10%甲醇的PBS定容至10 mL。每个处理设3个重复,各设一个空白对照,用所建立的ic-ELISA方法对样品进行分析。

2 结果与分析

2.1 半抗原分子结构的鉴定

所制备的半抗原新化合物经电喷雾质谱(ESI-MS)鉴定, m/z :330 $[M-H^+]$,354 $[M+Na^+]$;核磁共振氢谱(1H NMR)(500 MHz, $CDCl_3$)鉴定, δ :2.96(t,2H, CH_2COO),3.45(t,2H, SCH_2),3.63(t,2H, NCH_2),3.79(t,2H, CH_2NH),4.69(s,2H, CH_2),7.67(s,1H, ArH)。

2.2 人工抗原的鉴定

对半抗原、载体蛋白及偶联物进行全波长扫描,发现偶联物紫外吸收光谱发生了明显的变化,同时具有载体蛋白和半抗原的紫外吸收特征(见图1),表明半抗原和载体蛋白偶联成功。根据它们在波长280 nm下的摩尔吸光系数估算得到免疫原和包被原的结合比分别为18:1和9:1。

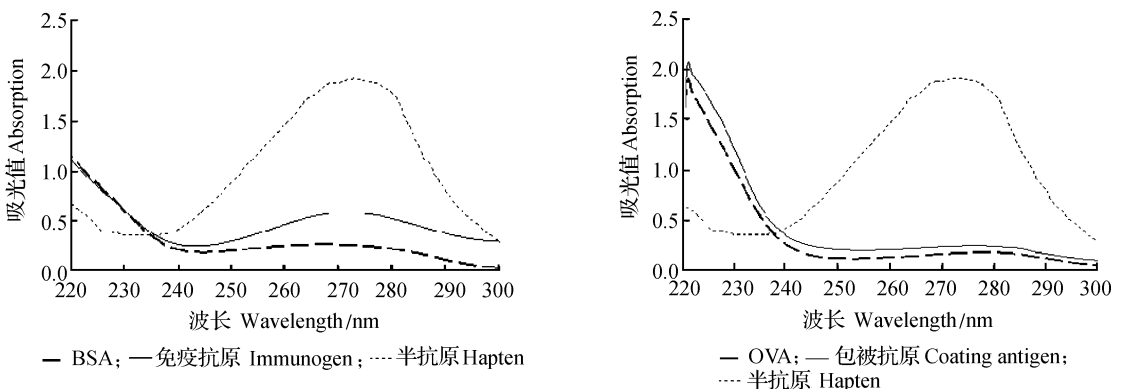


图1 半抗原、BSA、OVA、免疫抗原及包被抗原紫外扫描图

Fig. 1 The ultraviolet absorption spectra of hapten, BSA, OVA, immunogen and coating antigen

2.3 抗体效价的测定及最适工作浓度的选择

采用间接非竞争 ELISA 法对抗体进行检测,当包被抗原的质量浓度为 4 mg/L 时,测得冻干粉效价为 2.56×10^6 ($OD_{490} \approx 1.0$),由此确定包被抗原与抗体的最适工作质量浓度分别为 0.5 和 0.4 mg/L。

2.4 ELISA 分析条件的优化

不同体积分数的甲醇、 Na^+ 浓度、pH 值对 ELISA 体系 IC_{50} 值的影响不同(见图 2)。其中, IC_{50} 值随着甲醇体积分数的升高而升高,由于氯噻啉在水中的溶解度较小,因此选择体积分数 10% 的甲醇为最佳溶剂;增加 Na^+ 浓度, IC_{50} 值也随之升高,但过低的 Na^+ 浓度也可使 IC_{50} 值升高,不利于检测;pH 值过高或过低 IC_{50} 值都会增大,pH 值 7.4 时具有较低的 IC_{50} 值。最终选择 Na^+ 浓度 0.14 mol/L 和 pH 7.4 建立了氯噻啉的 ELISA 分析方法(图 3)。

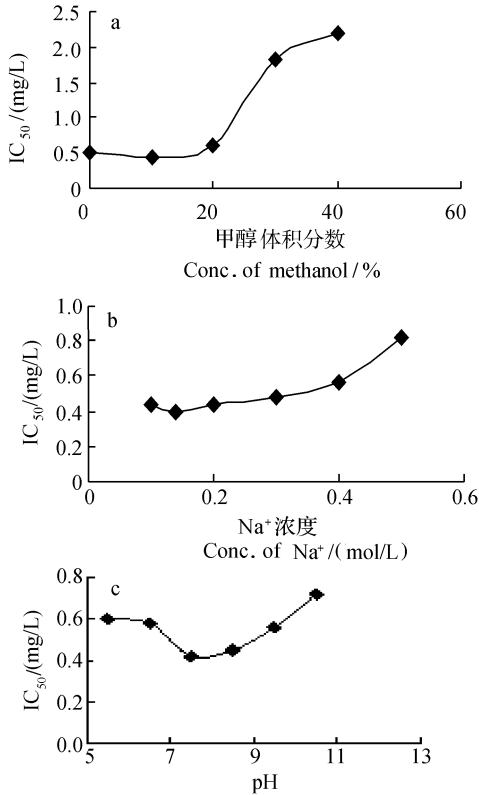


图 2 不同体积分数甲醇(a)、 Na^+ 浓度(b)、pH 值(c)对 ELISA 体系 IC_{50} 值的影响

Fig.2 Effect of buffer percentage of methanol (a), ionic strengths (b) and pH values (c) on the ELISA sensitivity (IC_{50})

在最优检测条件(10% 甲醇 PBS, Na^+ 浓度 0.14 mol/L, pH 7.4)下建立氯噻啉 *ic*-ELISA 标准曲线(图 3),回归方程为 $Y = -20.135x + 34.919$,

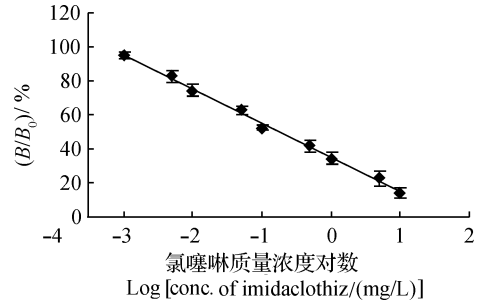


图 3 氯噻啉 *ic*-ELISA 标准曲线

Fig.3 Indirect competitive enzyme-linked immunosorbent assay (*ic*-ELISA) curve for imidaclothiz

$R^2 = 0.9971$, IC_{50} 值为 0.18 mg/L,最低检测限(IC_{10})为 0.0018 mg/L,线性范围为 0.0018 ~ 5.5 mg/L。

2.5 抗体特异性测定

用所建立的 *ic*-ELISA 方法在相同条件下测定常用烟碱类杀虫剂和结构相似化合物对抗体的交叉反应,计算各自的 IC_{50} 值及交叉反应率(表 1)。结果表明,制备所得抗体对氯噻啉有较好的选择性,除

表 1 抗体对与氯噻啉相似化合物的交叉反应

Table 1 Cross-reactivity of the imidaclothiz and some of its analogs

化合物 Compounds	结构 Structure	抑制中浓度 $IC_{50}/(mg/L)$	交叉反应率 CR/%
氯噻啉 imidaclothiz	<chem>Cc1c[nH]c1Cn2cnc(Cl)c2</chem>	0.18	100.00
吡虫啉 imidacloprid	<chem>Cc1c[nH]c1Cn2cnc(Cl)c2</chem>	0.025	469.00
噻虫嗪 thiamethoxam	<chem>Cc1c[nH]c1Cn2cnc(Cl)c2</chem>	>100	<0.05
烯啶虫胺 nitenpyram	<chem>Cc1c[nH]c1Cn2cnc(Cl)c2</chem>	>100	<0.05
噻虫啉 thiacloprid	<chem>Cc1c[nH]c1Cn2cnc(Cl)c2</chem>	33.13	0.35
啉虫脒 acetamiprid	<chem>Cc1c[nH]c1Cn2cnc(Cl)c2</chem>	>100	<0.05

与吡虫啉有较大交叉反应外,对大部分烟碱类杀虫剂无明显的交叉反应。

2.6 添加回收率

测定结果见表2,均符合农药残留检测要求。

表2 氯噻啉在4种样品中的添加回收率
Table 2 Recoveries of imidacloprid from four fortified samples

样品 Samples	添加水平 Spiked level/ (mg/L or mg/kg)	平均回收率 ±SD/% Mean recovery ±SD(n=3)	相对 标准偏差 RSD/%
自来水 Tap water	1	94.23 ± 5.20	5.51
	0.5	101.26 ± 8.18	8.08
	0.1	111.56 ± 2.66	2.39
	0.05	113.82 ± 8.15	7.16
河水 River water	1	94.66 ± 5.35	5.63
	0.5	104.92 ± 3.21	3.06
	0.1	112.06 ± 7.00	6.24
	0.05	93.61 ± 8.13	8.68
土壤 Soil	1	94.21 ± 6.01	6.38
	0.5	91.72 ± 3.93	4.28
	0.1	105.74 ± 3.29	2.84
	0.05	91.42 ± 2.16	2.66
甘蓝 Cabbage	1	95.09 ± 3.11	3.27
	0.5	93.32 ± 0.67	0.72
	0.1	106.58 ± 2.93	2.75
	0.05	102.43 ± 1.09	1.06

3 讨论

半抗原及人工抗原的合成是制备抗体的关键步骤。氯噻啉属小分子物质,无免疫原性,必须先将其与载体蛋白偶联制备人工抗原。本研究针对氯噻啉的结构特点,对其噻啉环上的氯原子进行取代,首次合成了连有4个碳原子连接臂的半抗原。

有机溶剂、离子强度、pH值等因素均会影响酶联免疫分析的灵敏度。甲醇是酶联免疫分析中常用的溶剂,能抑制抗原、抗体的特异性反应。随着甲醇浓度的增大,抗体的特异性降低,同时为了保证氯噻啉有良好的溶解性,最终选择体积分数10%的甲醇作为有机溶剂。增加Na⁺浓度,抗原、抗体的特异性反应会受到抑制,IC₅₀值也随之升高,过低的Na⁺浓度也可使IC₅₀值升高,故选择在0.14 mol/L的Na⁺浓度下进行测定。pH值7.4时具有较低的IC₅₀值,pH值过高或过低IC₅₀值都会增大,推测pH

值过高或过低可能会导致蛋白质变性而降低反应的灵敏度。

本研究所制备的多克隆抗体对氯噻啉有较好的选择性,最低检测限达到0.0018 mg/L,线性范围为0.0018~5.5 mg/L。所制备的抗体对吡虫啉有较大的交叉反应;Lee等^[14]从咪唑环上亚氨基—H原子和=N—NO₂位点合成了两种半抗原,所制备的多克隆抗体对吡虫啉几乎无法识别;从—Cl位点合成的半抗原所制备的多克隆抗体则有较强的特异性,最低检测限为0.005 mg/L。朱国念等^[15]也从—Cl原子位点入手,制备了吡虫啉半抗原,多克隆抗体的检测限达1.1 μg/L。本研究制备的多克隆抗体对吡虫啉和氯噻啉都有较强的特异性,对氯噻啉的检测限为0.0018 mg/L,对吡虫啉的检测限为0.0011 mg/L,与前人报道^[2-4]的仪器分析方法相比有更低的检测限和灵敏度。因为两种杀虫剂的结构非常相似,具有完全相同的咪唑环和环上的N—NO₂结构,因此推测远离连接臂的咪唑环和N—NO₂结构是抗原决定簇的特征基团,并且从—Cl原子位点合成的半抗原是制备特异性多克隆抗体的最佳选择。

氯噻啉是我国自主研发和生产的新型烟碱类杀虫剂,具有广阔的应用前景。本研究首次合成了氯噻啉半抗原,并用其制备了多克隆抗体,建立了检测氯噻啉残留的ic-ELISA分析方法。该方法特异性强、准确度高、快速简便、成本低廉,且可同时测定多个样品,可应用于水、土壤和甘蓝等样品的检测,为氯噻啉快速检测和免疫试剂盒的研制奠定了基础。

参考文献:

- [1] DAI Bao-jiang(戴宝江). 新颖杀虫剂——氯噻啉[J]. *World Pesticides*(世界农药),2005,27(6):46-48.
- [2] HE Min(贺敏), JIA Chun-hong(贾春虹), YU Ping-zhong(余平中), et al. 水稻中氯噻啉的高效液相色谱残留分析方法[J]. *Pesticides*(农药),2009,48(4):285-287.
- [3] HE Min(贺敏), JIA Chun-hong(贾春虹), ZHU Xiao-dan(朱晓丹), et al. 40%氯噻啉水分散剂在稻田环境中的残留动态[J]. *Pesticides*(农药),2010,49(1):50-53.
- [4] ZHANG Li-fen(张丽芬). 氯噻啉在甘蓝中残留分析方法的研究[J]. *J Zhangjiakou Agric college*(张家口农专学报),2004,20(2):60-63.
- [5] LI K, QING X L. Development of an enzyme-linked immunosorbent assay for the insecticide imidacloprid [J]. *J Agric Food Chem*,2000,48:3378-3382.
- [6] JAE K L, KI C A, OEE S P, et al. Development of an ELISA for the detection of the residues of the insecticide imidacloprid in

- agricultural and environmental samples[J]. *J Agric Food Chem*, 2001, 49:2159-2167.
- [7] ZENG D Y, SHI H Y, LI B, *et al.* Development of an enzyme-linked immunosorbent assay for quantitative determination of quiazalofop-*p*-ethyl[J]. *J Agric Food Chem*, 2006, 54: 8682-8687.
- [8] ZHU Guo-nian(朱国念), YANG Ting(杨挺), WU Yin-liang(吴银良). 抗克百威多克隆抗体的研制[J]. *Scientia Agricultura Sinica*(中国农业科学), 2002, 35(8):1025-1029.
- [9] WANG J D, BAO H J, SHI H Y, *et al.* Development of an enzyme-linked immunosorbent assay for quantitative determination of cyhalofop-butyl[J]. *Pestic Biochem Phys*, 2010, 98:68-72.
- [10] ZHANG Qi(张奇), LI Tie-jun(李铁军), ZHU Xiao-xia(朱晓霞), *et al.* 氨基甲酸酯类杀虫剂速灭威酶联免疫吸附分析方法研究[J]. *Chin J Anal Chem*(分析化学), 2006, 34(2):178-182.
- [11] SHI Hai-yan(施海燕), WU Hui-ming(吴慧明), CHENG Jing-li(程敬丽), *et al.* 2 甲 4 氯人工抗原的合成与鉴定[J]. *Chin J Pestic Sci*(农药学报), 2004, 6(2):20-24.
- [12] LI Bo(李波), SHI Hai-yan(施海燕), WANG Ming-hua(王鸣华). 联苯菊酯酶联免疫吸附分析方法研究[J]. *Chin J Anal Chem*(分析化学), 2008, 36(1):34-37.
- [13] QIAN G L, WANG L M, WU Y R, *et al.* A monoclonal antibody-based sensitive enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) for the analysis of the organophosphorous pesticides chlorpyrifos-methyl in real samples[J]. *Food Chem*, 2009, 117(2):364-370.
- [14] LEE J K, AHN K C, PARK O S, *et al.* Development of an ELISA for the detection of the residues of the insecticide imidacloprid in agricultural and environmental[J]. *J Agric Food Chem*, 2001, 49:2159-2167.
- [15] ZHU Guo-nian(朱国念), GUI Wei-jun(桂文君), ZHENG Zun-tao(郑尊涛), *et al.* 吡虫啉人工抗原的合成与鉴定[J]. *Scientia Agricultura Sinica*(中国农业科学), 2005, 38(3):511-515.

(责任编辑:唐 静)

· 公 告 ·

据教育部科技发展中心网站报道,《农药学学报》在 2010 年度“中国科技论文在线优秀期刊”评选活动中荣获二等奖。这是本刊继 2008 年、2009 年分别荣获二等奖及一等奖之后第 3 次收获该奖项。

该项期刊评比活动旨在推动科技期刊的数字化建设,提高期刊质量及刊载论文的引用率,扩大影响,促进论文免费共享及科技期刊的健康发展,建设良好的科研环境,使科技期刊更好地为科研及科研工作者服务。活动评委会对截至 2010 年 12 月 31 日已收录在“中国科技论文在线”《科技期刊》栏目的、教育部主管的期刊,就期刊的影响因子和他引率、网站收录论文数和下载量、期刊入网的完整性及期刊编委的国际化程度、开放存取等进行统计分析,经过严格的评审,共评选出一等奖 43 项,二等奖 92 项。具体评选结果详见 <http://www.cutech.edu.cn/cn/zxgz/2011/04/1303346371619297.htm>。

《农药学学报》编辑部

2011 年 6 月