

## 气相色谱法同时测定土壤中4种农药的残留量

任颖俊, 龚道新\*, 郑琛, 袁雅洁, 杨丽华

(湖南农业大学资源环境学院, 湖南 长沙 410128)

**摘要:** 为了全面评价土壤质量安全, 及时、准确地测量土壤中残留农药的种类和含量水平, 采用添加回收率试验, 借助气相色谱-电子捕获检测器(GC-ECD), 建立了同时分析和检测己唑醇、稻瘟酰胺、螺螨酯和苯醚甲环唑在土壤中残留量的方法。结果表明: 土壤样品用乙腈经超声波提取 15 min, 再用弗罗里硅土柱净化后(用 50 mL 乙腈分次淋洗), 在优化后的气相色谱条件(初始温度 180 °C, 保持 3 min, 以 20 °C/min 升至 260 °C, 保持 7 min, 进样口温度 280 °C, 检测器温度 300 °C, 载气(N<sub>2</sub>)流速为 5 mL/min, 尾吹流速 30 mL/min, 进样量 1 μL, 分流比 20 : 1)下对土壤样品进行分析检测, 当 4 种农药的质量浓度为 0.02 ~ 1.00 mg/L 时, 4 种供试农药的浓度与相应色谱峰面积呈良好的线性关系(相关系数 ≥ 0.996 7, 均达极显著水平), 在 0.05、0.50、1.00 mg/kg 3 个添加水平下的平均回收率为 89.9% ~ 100.2%, 相对标准偏差为 2.7% ~ 8.6%, 最小检出量均为 0.05 ng, 方法的定量限均为 0.05 mg/kg。

**关键词:** 土壤; 农药残留量; 己唑醇; 稻瘟酰胺; 螺螨酯; 苯醚甲环唑; 气相色谱法

中图分类号: X502 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2015)02-0209-05

## Residual determination of four kinds of pesticides in soil using gas chromatography

Ren Yingjun, Gong Daoxing\*, Zheng Chen, Yuan Yajie, Yang Lihua

(College of Resource and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

**Abstract:** In order to comprehensively evaluate the safety of soil quality and to measure type and amount of pesticide residual in soil in a fast and accurate way, a new method for determining hexaconazole, fenoxanil, spiroadiclofen and difenoconazole at one time in soil was established by employing fortified recovery experiment and gas chromatography with electron capture detection (GC-ECD). Soil samples were firstly extracted with acetonitrile and ultrasonic in 15 minutes, then cleaned up with florisil-phase extraction (leaching with 50 mL of acetonitrile in several times), and finally determined using the optimized conditions of gas chromatography, they were the initial temperature was 180 °C for 3 min, then it was raised to 260 °C for 7 min at a heating rate of 20 °C/min, and the other conditions including the injection temperature, detector temperature, the flow rate of nitrogen gas, makeup flow, the injection volume and split ratio were 280 °C, 300 °C, 5 mL/min, 30 mL/min, 1 μL and 20: 1, respectively. The results showed that there were good linear relation between concentration and corresponding chromatographic peak area of the four kinds of pesticides at their concentration level ranged from 0.02 to 1.00 mg/L (their correlation coefficients were all higher than 0.996 7). When the fortified level were improved from 0.05 mg/kg to 1.00 mg/kg, their average recoveries were ranged from 89.9% to 100.2%, with relative standard deviation ranged from 2.7% to 8.6%. The limit of detection and limit of quantification for the four pesticides were 0.05 ng and 0.05 mg/kg, respectively.

**Keywords:** soil; amount of pesticide residues; hexaconazole; fenoxanil; spiroadiclofen; difenoconazole; gas chromatography

己唑醇和苯醚甲环唑同属于三唑类杀菌剂,具有内吸、保护和治疗活性,杀菌谱广,均可有效地防治子囊菌、担子菌和半知菌所致病害,如白粉病、黑星病、锈病等,其中苯醚甲环唑是一种安全性较高的农药,被广泛应用于果树、蔬菜等作物。目前中国对己唑醇的研究主要集中在水稻<sup>[1-4]</sup>、小麦<sup>[5]</sup>、黄瓜<sup>[6]</sup>病害防治的田间试验方面,对其残留检测方面的报道较少。关于苯醚甲环唑残留检测的报道相对较多。稻瘟酰胺是一种苯氧酰胺类杀菌剂,有良好的内吸性和特效性,是目前中国水稻生产中推荐使用的一种杀菌剂。国内外学者对稻瘟酰胺的研究主要集中在原药检测和光解、方面。关于稻瘟酰胺使用后在环境中残留降解及检测的研究较少<sup>[7-9]</sup>。螺螨酯属于季酮酸类杀螨剂,能抑制有害螨体内的脂肪合成,适用于防治对现有杀螨剂产生抗性的有害螨类。目前,国内主要针对螺螨酯的原药及其制剂进行了分析,重点对其病害防治效果等进行了研究<sup>[10-17]</sup>,但对其在作物上的残留分析少有报道<sup>[18-20]</sup>。

己唑醇、稻瘟酰胺、螺螨酯和苯醚甲环唑残留量的测定方法主要有气相色谱法、高效液相色谱法和气相色谱-质谱联用法等。目前,国内外关于其单剂在环境介质和各种作物中残留的检测方法已有诸多报道,易丽君等<sup>[21]</sup>采用石油醚、丙酮混合溶剂(体积比为1:1)振荡提取,以弗罗里硅土进行净化,借助气相色谱-电子捕获检测器(GC-ECD)测定了水稻中的己唑醇残留量;白芸等<sup>[22]</sup>采用乙腈振荡提取,以弗罗里硅土进行净化,借助GC-ECD测定了苹果和土壤中的螺螨酯残留量,但对其复配制剂及药肥在土壤环境中残留量的同时检测鲜有报道。笔者采用添加回收率试验,借助GC-ECD检测技术,建立同时测定土壤中己唑醇、稻瘟酰胺、螺螨酯和苯醚甲环唑残留量的气相色谱分析方法,旨在为土壤环境的安全性评价提供参考依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

土壤样品取自湖南农业大学教学科研试验基地(在此之前该基地未使用过含己唑醇、稻瘟酰胺、螺螨酯和苯醚甲环唑的农药)的实验田中。用土钻取0~20 cm耕作层的土壤,去除植物根系和小石块等非土壤部分,混匀后过孔径0.90 mm筛,备用。

己唑醇、稻瘟酰胺、螺螨酯和苯醚甲环唑的标准品(纯度分别为97.0%、92.3%、93.7%和97.5%)均由兴农药业(中国)有限公司提供。

### 1.2 主要仪器与试剂

主要仪器:Agilent Technologies 7890A型气相色谱仪(美国安捷伦公司,配有ECD检测器和化学工作站);SHY-2AS水浴恒温振荡器(江苏大地自动化仪器厂/环保设备厂);TP-220A电子天平(湘仪天平仪器设备有限公司);RE-2000A型旋转蒸发器(上海亚荣生化仪器厂);SHZ-D(III)循环水式真空泵(浙江黄岩求精真空泵厂);CCA-20低温冷却水循环泵(巩义市予华仪器有限责任公司);玻璃层析柱(1.5 cm×20 cm)。

主要试剂:弗罗里硅土(Florisil, 0.15~0.25 mm, 国药集团化学试剂有限公司生产,用前在550℃烘3~5 h,冷却后以2%蒸馏水脱活);丙酮(天津市恒兴化学试剂制造有限公司生产);乙酸乙酯(天津市恒兴化学试剂制造有限公司生产);乙腈(天津市恒兴化学试剂制造有限公司生产);正己烷(长沙湘科精细化工厂生产);无水硫酸钠(天津市恒兴化学试剂制造有限公司生产)。以上试剂均为A.R.级。

### 1.3 方 法

#### 1.3.1 己唑醇、稻瘟酰胺、螺螨酯和苯醚甲环唑提取净化条件的确定

1) 提取剂的选择。根据己唑醇、稻瘟酰胺、螺螨酯和苯醚甲环唑的溶解特性,这4种农药都能溶于乙腈、甲醇、丙酮、乙酸乙酯和石油醚,故本研究中分别采用乙腈、甲醇、丙酮、乙酸乙酯和石油醚作为土壤样品的供试提取剂,以期确定一种提取剂能同时提取出己唑醇、稻瘟酰胺、螺螨酯和苯醚甲环唑这4种农药。

2) 提取时间的选择。分别采用了振荡和超声处理方法对土壤样品进行提取,以寻求合适的提取时间。

3) 柱净化淋洗剂的选择。采用弗罗里硅土柱对土壤样品进行净化处理,并选用丙酮、乙酸乙酯和乙腈作为土壤样品的供试淋洗剂,以期确定一种淋洗剂能有效去除土壤样品中的多余杂质,并将己唑醇、稻瘟酰胺、螺螨酯和苯醚甲环唑这4种农药洗脱下来。

4) 柱净化淋洗体积的选择。取10 mg/L己唑

醇、稻瘟酰胺、螺螨酯和苯醚甲环唑混合标准溶液 1 mL 放入弗罗里硅土柱中,用 60 mL 乙腈淋洗,以 10 mL 为单位,分 6 次收集淋洗液,浓缩后用正己烷定容,供 GC-ECD 检测。通过此方法得到己唑醇、稻瘟酰胺、螺螨酯和苯醚甲环唑这 4 种农药的分次淋洗回收率,观察其降低趋势,确定最佳的淋洗体积。

### 1.3.2 气相色谱检测条件的确定

目前,国内外关于己唑醇、稻瘟酰胺、螺螨酯和苯醚甲环唑这 4 种农药单剂在环境介质和各种作物中的检测方法已有许多报道<sup>[21-24]</sup>。为达到分析检测时间较短、灵敏度较高、分离程度较好的试验目的,本研究中对已建立的 4 种农药单剂的分析检测条件进行优化试验。

1) 进样口和 ECD 检测器温度的选择。通过对比 5 种气相色谱进样口温度(220、240、260、280、300 °C)来确定其适宜的进样口温度,并根据常规的检测器温度设定原则,确定其相应的检测器温度,以此考察进样口和 ECD 检测器温度对检测这 4 种农药灵敏度的影响。

2) 程序升温方式的选择。对比如下 3 种程序升温方式对己唑醇、稻瘟酰胺、螺螨酯和苯醚甲环唑分离度的影响,以选取适宜的程序升温方式。方式 1:初始温度 120 °C,保持 4 min,20 °C/min 升温至 270 °C。方式 2:初始温度 150 °C,保持 1 min,25 °C/min 升温至 250 °C。方式 3:初始温度 180 °C,保持 3 min,20 °C/min 升温至 260 °C。

3) 柱流量的选择。通过考察 3 种柱流量(2、3、5 mL/min)对己唑醇、稻瘟酰胺、螺螨酯和苯醚甲环唑分析时间和灵敏度的影响,选取适宜的柱流量。

### 1.3.3 标准曲线的绘制

采用梯度稀释法,用正己烷配制成质量浓度分别为 0.02、0.05、0.10、0.20、0.50、1.00 mg/L 的己唑醇、稻瘟酰胺、螺螨酯和苯醚甲环唑的标准混合溶液,按选定的色谱条件进行测定,以进样的质量浓度为横坐标,以相应的气相色谱峰面积为纵坐标绘制标准曲线。

### 1.3.4 添加回收试验

在空白土壤样品中分别添加己唑醇、稻瘟酰胺、螺螨酯和苯醚甲环唑的混合标准工作溶液,使其质量分数分别为 0.05、0.50、1.00 mg/kg。每个处

理重复 5 次。按上述试验方法进行样品的提取、净化和检测,计算添加回收率和相对标准偏差。

## 2 结果与分析

### 2.1 样品处理因素的优选结果

#### 2.1.1 土壤样品的适宜提取剂

试验结果表明:土壤样品以丙酮为提取剂时有杂峰干扰,基线高且不稳定;以石油醚为提取剂时螺螨酯的添加回收率较低,只有 45%左右;以乙酸乙酯为提取剂时苯醚甲环唑的峰形过宽,其添加回收率也不达标;以甲醇为提取剂时提取杂质较多,基线不平,且己唑醇的色谱峰和稻瘟酰胺的色谱峰分离效果不佳;以乙腈为提取剂时杂质明显减少,4 种农药的回收率都比较高,且稳定,其平均回收率都达到了 85%以上,故选用乙腈作为土壤样品中 4 种农药的提取剂。

#### 2.1.2 土壤样品提取的适宜时间

试验结果表明:超声处理方法简单快速,且己唑醇、稻瘟酰胺、螺螨酯和苯醚甲环唑在此条件下损失较小,提取效果较好。继续延长提取时间,4 种农药提取量随之增加的趋势并不明显,因此,选择 15 min 作为适宜提取时间。

#### 2.1.3 柱净化适宜淋洗条件

1) 适宜的淋洗剂。试验结果表明:土壤样品以丙酮为淋洗剂时,己唑醇、稻瘟酰胺和螺螨酯的回收率都较高,而苯醚甲环唑洗脱效果不佳,其回收率(68.33%)偏低;以乙酸乙酯为淋洗剂时,己唑醇和稻瘟酰胺的添加回收率都达到了 95%以上,而螺螨酯和苯醚甲环唑都无法洗脱,其回收率均不达标;以乙腈为淋洗剂时,己唑醇、稻瘟酰胺、螺螨酯和苯醚甲环唑基本都能洗脱,4 种农药的添加回收率均能达到 90%以上,故选用乙腈作为这 4 种农药在土壤样品中的适宜淋洗剂。

2) 适宜的淋洗体积。试验结果表明:通过分次淋洗,发现己唑醇淋洗 6 次的回收率分别为 13.9%、47.4%、17.2%、12.5%、4.8%和 0%,前 50 mL 的总淋洗回收率达 95.85%;稻瘟酰胺淋洗 6 次的回收率分别为 10.5%、50.8%、25.2%、9.4%、2.0%和 0%,前 50 mL 的总淋洗回收率达 97.92%;螺螨酯淋洗 6 次的回收率分别为 15.2%、49.9%、23.5%、6.6%、2.9%和 0%,前 50 mL 的总淋洗回收率达 97.15%;苯醚甲环唑淋洗 6 次的回收率分别为 11.7%、

46.2%、27.8%、8.0%、1.6%和 0%，前 50 mL 的总淋洗回收率达 95.30%。可见，当淋洗体积为 50 mL 时，己唑醇、稻瘟酰胺、螺螨酯和苯醚甲环唑均能完全洗脱下来，故选择 50 mL 作为淋洗剂的适宜淋洗体积。

#### 2.1.4 土壤样品的前处理优化方法

根据本研究前面部分的试验结果，确定土壤样品的前处理方法为：准确称取已制备好的土壤样品 20.0 g，置于 250 mL 三角瓶中，加入 50 mL 乙腈，然后超声提取 15 min，静置；用定量滤纸过布氏漏斗减压抽滤，分别用 20 mL 乙腈洗涤残渣和抽滤瓶 2 次，合并抽滤液并转入三角瓶中，在旋转蒸发器上 40 °C 浓缩近干，待弗罗里硅土净化。净化前需将层析柱从下至上依次装填少许脱脂棉、2 cm 厚无水硫酸钠、5 g 弗罗里硅土、2 cm 厚无水硫酸钠，在装柱过程中要敲紧敲实，在弗罗里硅土净化柱装好后，先用 20 mL 乙腈预淋，然后将浓缩液移入弗罗里硅土净化柱中，用 50 mL 乙腈分次淋洗(每次 10 mL 左右)，收集淋出液，于旋转蒸发器上 40 °C 浓缩近干，用正己烷溶解并定容至 5.0 mL，过 0.45 μm 有机系滤膜，供 GC-ECD 检测。

### 2.2 气相色谱检测方法的优化结果

#### 2.2.1 进样口和 ECD 检测器的适宜温度

试验结果表明：当进样口温度分别从 220、240、260 °C 升至 280 °C 时，己唑醇、稻瘟酰胺和螺螨酯的色谱峰均逐步升高，苯醚甲环唑的色谱峰变化不大，而当进样口温度升至 300 °C 时，由于已经接近色谱柱的耐受温度，不仅进样基线不平，而且峰形也不美观，还容易造成柱损失，故选取 280 °C 作为适宜的进样口温度。由于检测器温度通常等于或者高于进样口温度 20 °C 左右，故选取 300 °C 作为适宜的检测器温度。

#### 2.2.2 适宜的程序升温方式

试验结果表明：当程序升温设定为方式 1，4 种农药的出峰时间都较晚，检测时间长，且在 9 min 左右集中出峰，分离程度差；当程序升温设定为方式 2 时，由于升温过快，己唑醇和稻瘟酰胺的色谱峰无法实现分离；当程序升温设定为方式 3 时，稻瘟酰胺、己唑醇、螺螨酯和苯醚甲环唑的分离效果较好，且有效缩短了检测时间，故认为程序升温方式 3 为适宜升温方式。

#### 2.2.3 适宜的柱流量

试验结果表明：采用柱流量为 5 mL/min 时，己唑醇、稻瘟酰胺、螺螨酯和苯醚甲环唑的出峰时间、灵敏度等均明显优于其他柱流量的设置，且定量较为准确，故选取 5 mL/min 作为适宜柱流量。

### 2.3 线性关系

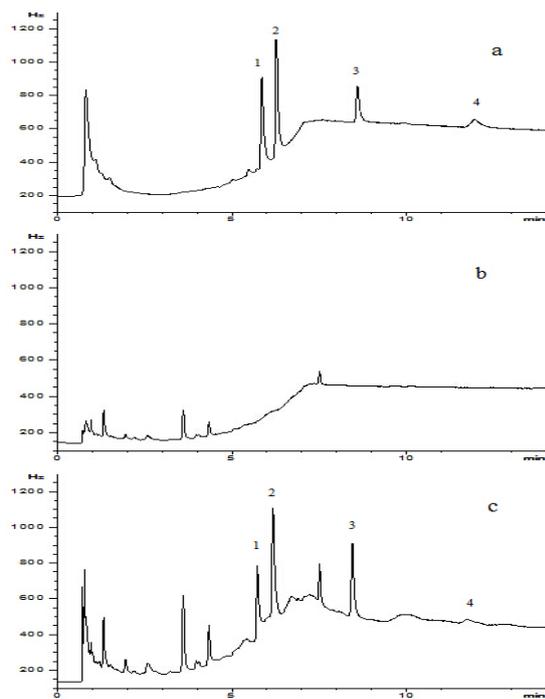
在上述选定的气相色谱检测条件下，己唑醇、稻瘟酰胺、螺螨酯和苯醚甲环唑的标准工作曲线分别为  $Y=8\ 054.5x+141.11(r=0.998\ 1)$ 、 $Y=171\ 97x - 132.38(r=0.998\ 8)$ 、 $Y=158\ 22x - 385.05(r=0.996\ 7)$  和  $Y=118\ 0.3x+27.57(r=0.998\ 9)$ 。结果表明：在供试农药质量浓度为 0.02 ~ 1.00 mg/L，这 4 种农药的质量浓度与相应的气相色谱峰面积呈良好的线性关系，相关系数  $\geq 0.996\ 7$ ，均达极显著水平，可满足农药残留分析的要求。

### 2.4 方法的准确度、精密度和定量限

在选定的适宜气相色谱检测条件(初始温度 180 °C，保持 3 min，以 20 °C/min 升至 260 °C，保持 7 min，进样口温度 280 °C，检测器温度 300 °C，载气(N<sub>2</sub>)流速为 5 mL/min，尾吹流速 30 mL/min，进样量 1 μL，分流比 20 : 1)下，添加回收试验结果(表 1)表明，在 0.05、0.50、1.00 mg/kg 3 个添加水平下，己唑醇、稻瘟酰胺、螺螨酯和苯醚甲环唑的平均回收率为 89.9% ~ 100.2%，相对标准偏差为 2.7% ~ 8.6%，最小检出量均为 0.05 ng，其在土壤中的方法定量限均为 0.05 mg/kg。在选定的色谱条件下，己唑醇、稻瘟酰胺、螺螨酯和苯醚甲环唑的峰形较好，灵敏度高，分离程度较好，且检测时间较短(图 1)。

表 1 己唑醇、稻瘟酰胺、螺螨酯和苯醚甲环唑在土壤中的添加回收率及相对标准偏差

Table 1 Fortified recoveries and relative standard deviation of hexaconazole, fenoxanil, spiroticlofen and difenoconazole in soil			
农药	添加水平/(mg·kg <sup>-1</sup> )	平均回收率/%	相对标准偏差/%
己唑醇	0.05	97.9	8.0
	0.50	100.2	5.6
	1.00	96.0	5.1
稻瘟酰胺	0.05	92.9	6.7
	0.50	94.1	5.7
	1.00	98.3	8.6
螺螨酯	0.05	89.9	6.6
	0.50	94.8	6.8
	1.00	97.1	6.7
苯醚甲环唑	0.05	94.9	7.0
	0.50	91.6	2.7
	1.00	100.1	3.1



a 标准混合溶液(0.20 mg/L); b 土壤空白样品; c 土壤添加样品(0.05 mg/kg); 1 己唑醇; 2 稻瘟酰胺; 3 螺螨酯; 4 苯醚甲环唑。

图 1 己唑醇、稻瘟酰胺、螺螨酯和苯醚甲环唑标准混合溶液及添加 4 种农药土壤溶液的气相色谱图

Fig.1 Gas chromatograms of hexaconazole, fenoxanil, spirodiclofen and difenoconazole from their standard mixture solution and fortified sample in soil

### 3 结论

对气相色谱法同时测定土壤中己唑醇、稻瘟酰胺、螺螨酯和苯醚甲环唑残留量的前处理方法和检测条件进行优化,土壤样品用乙腈超声提取(超声 15 min),再经弗罗里硅土柱净化(用 50 mL 乙腈分次淋洗),采用初始温度 180 °C,保持 3 min,以 20 °C/min 升至 260 °C,保持 7 min,进样口温度 280 °C,检测器温度 300 °C,载气(N<sub>2</sub>)流速为 5 mL/min,尾吹流速 30 mL/min,进样量 1 μL,分流比 20 : 1 的检测条件对土壤样品进行分析检测,这 4 种农药在质量浓度 0.02 ~ 1.00 mg/L 的线性关系良好,在 0.05、0.50、1.00 mg/kg 3 个添加水平下的平均回收率为 89.9% ~ 100.2%,相对标准偏差为 2.7% ~ 8.6%,最小检出量均为 0.05 ng,方法的定量限均为 0.05 mg/kg。

#### 参考文献:

[1] 董伟明,程勤海,风青,等. 11%井冈·己唑醇防治单季晚稻纹枯病药效试验[J]. 上海农业科技, 2011(4): 124-125.

[2] 吉沐祥,庄义庆,缪康,等. 苯醚·己唑醇对水稻纹枯病菌的室内抑菌活性及田间防治效果[J]. 江苏农业学报, 2011, 27(1): 319-220.

[3] 黄海明,陈江彬,仇智灵,等. 20%咪锰·己唑醇 WP 防治水稻纹枯病的药效试验[J]. 杭州农业科技, 2011(2): 38-39.

[4] 仝泽宏,李彦宏,徐开玉. 己唑醇等药剂防治水稻后期病害效果对比研究[J]. 现代农业科技, 2011(3): 174-179.

[5] 王信. 30%己唑醇悬浮剂防治小麦锈病的效果[J]. 江苏农业科学, 2011(4): 127-128.

[6] 戴启洲. 5%己唑醇悬浮剂防治黄瓜白粉病药效试验[J]. 植物医生, 2011(2): 36-37.

[7] 李莉,江树人,刘丰茂. 稻瘟病防治剂氟菌胺的气相色谱分析[J]. 化学试剂, 2006, 28(8): 487-488.

[8] 王雪莉. 氟菌胺的高效液相色谱法测定[J]. 农药, 2004, 43(7): 325-326.

[9] 邬立伍,李学德,邹广迅,等. 稻瘟酰胺在水溶液中的光解研究[J]. 安徽农学通报, 2009, 15(13): 68.

[10] 何益明,丁青龙,钟露露. 柑橘园常用杀螨剂杀虫剂对巴氏钝绥螨的毒性测定[J]. 江西植保, 2008, 31(4): 147-150.

[11] 高超跃. 新型杀螨剂螨危对柑橘红蜘蛛的药效试验[J]. 中国南方果树, 2005, 34(3): 19.

[12] 张怀江,仇贵生,闫文涛,等. 新型杀螨剂螺螨酯防治苹果全爪螨药效试验[J]. 中国果树, 2008(3): 40-41.

[13] Dejan Marcic. Sublethal effects of spirodiclofen on life history and lifetable parameters of twospotted spider mite (Tetranychusurticae)[J]. Experimental & Applied Acarology, 2007, 42: 121-129.

[14] 李伟. 螨危防治葡萄毛毡病试验研究[J]. 现代农村科技, 2009(10): 31-33.

[15] Steven V P, Jahanqir K, Thomas V L, et al. Effects of spirodiclofenon reproduction in a susceptible and resistant strain of tetranychusurticae[J]. Experimental & Applied Acarology, 2009, 47: 301-309.

[16] 舒畅,钟玲,李爱华. 释放巴氏钝绥螨控制柑橘红蜘蛛试验示范效果初报[J]. 中国植保导刊, 2007, 27(9): 23-24.

[17] 张明星,刘长令,张弘. 新型杀虫剂杀螨剂螺甲螨酯[J]. 农药, 2005, 12(2): 559-560.

[18] US Environmental Protection Agency. Rita Kumar, Spirodiclofen Fact Sheet[R]. US EPA, Office of Pesticide Programme Registration Division, 2005.

[19] 周玉书,田如海,朴静,等. 240 g/L 螺螨酯 SC 对二斑叶螨敏感种群毒力测定[J]. 农药, 2011, 50(2): 144-145.

[20] 史森,杜赫素. 24%螺螨酯水悬浮剂的配方研究[J]. 园艺与种苗, 2011(5): 42-47.

[21] 易丽君,龚道新,陈金,等. 己唑醇在水稻上的残留和消解动态研究[J]. 农药科学与管理, 2010, 31(12): 29-33.

[22] 白芸,许鹏军,高晓莎,等. 苹果及土壤中的螺螨酯残留分析方法[J]. 分析科学学报, 2009, 25(2): 229-231.

[23] 安晶晶,刘新刚,董丰收,等. 苯醚甲环唑在番茄和土壤中的残留动态研究[J]. 环境科学研究, 2009, 22(7): 869-872.

[24] 刘纲华,龚道新,黄雪. 苯醚甲环唑在黄瓜及土壤中的残留消解行为研究[J]. 作物研究, 2013, 27(1): 40-45.

责任编辑: 王赛群  
英文编辑: 王 库