

氯虫苯甲酰胺在水稻及稻田环境中的残留动态

段劲生^{1*}, 王梅¹, 董旭¹, 孙明娜¹, 肖青青¹,
朱玉杰¹, 孙海滨², 刘艳萍², 高同春^{1*}

(1. 安徽省农业科学院植物保护与农产品质量安全研究所, 农业部农产品质量安全风险评估实验室(合肥), 安徽科立特农药环境评价科技有限公司, 合肥 230031; 2. 广东省农业科学院植物保护研究所, 广州 510640)

摘要 采用田间试验方法,研究了氯虫苯甲酰胺在稻田水、土壤和水稻植株中的消解动态,测定了氯虫苯甲酰胺在水稻和土壤中的最终残留量。稻田水和土壤样品采用丙酮提取,水稻样品用乙腈溶液浸泡提取,经玻璃层析柱净化,HPLC 紫外分析测定。结果表明,稻田水、土壤、水稻植株、谷壳、糙米中氯虫苯甲酰胺添加浓度为 0.005~1.0 mg/kg 时,平均回收率为 85.06%~95.83%,变异系数在 2.08%~5.77%之间。方法的最低检测浓度为:稻田水 0.005 mg/kg,土壤 0.01 mg/kg,水稻植株 0.02 mg/kg,谷壳 0.02 mg/kg,糙米 0.01 mg/kg。氯虫苯甲酰胺在稻田水、土壤和水稻植株中的消解动态均符合一级动力学方程,半衰期分别为 3.1~5.0 d、6.6~9.0 d、8.0~9.9 d。以 33.86 g/hm² 和 50.80 g/hm² 间隔 14 d 施用氯虫苯甲酰胺 2 次和 3 次,末次施药 21 d 后氯虫苯甲酰胺的最高残留量为:土壤 0.217 mg/kg,水稻植株 0.879 mg/kg,谷壳 0.389 mg/kg,糙米 0.018 mg/kg。氯虫苯甲酰胺在糙米中的残留量低于我国和食品法典委员会(CAC)及欧盟的最大残留限量(MRL)标准。

关键词 氯虫苯甲酰胺; 残留; 水稻; 稻田环境

中图分类号: S 481.8 文献标识码: A DOI: 10.3969/j.issn.0529-1542.2016.01.016

Residue and degradation of chlorantraniliprole in rice and the environment

Duan Jinsheng¹, Wang Mei¹, Dong Xu¹, Sun Mingna¹, Xiao Qingqing¹,
Zhu Yujie¹, Sun Haibin², Liu Yanping², Gao Tongchun¹

(1. Institute of Plant Protection and Agro-Products Safety, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Agro-Product Safety Risk Evaluation (Hefei), Ministry of Agriculture, Anhui Create Pesticide and Environment Evaluation Technology Co., Ltd., Hefei 230031, China; 2. Institute of Plant Protection, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China)

Abstract The residue dynamics of chlorantraniliprole in paddy water, soil and rice plant was studied, and its final residue in paddy and soil was determined by using field test. The residues of paddy water and soil samples were extracted with acetone, and rice samples were cleaned up by glass chromatographic column after the extraction with acetonitrile, and determined by HPLC-UV. The results showed that, while the spiked concentration of chlorantraniliprole in paddy water, soil, rice plant, rice shell and brown rice ranged from 0.005 mg/kg to 1.0 mg/kg, the average recovery was 85.06%–95.83% with the variation coefficient of 2.08%–5.77%. The minimum detectable mass fraction in paddy water, soil, rice plant, rice shell and brown rice samples were 0.005, 0.01, 0.02, 0.02, 0.01 mg/kg, respectively. Degradation of chlorantraniliprole in paddy water, soil and rice plant conformed to chemical kinetic equation. The half-life was 3.1–5.0 days in paddy water, 6.6–9.0 days in soil and 8.0–9.9 days in plant. Chlorantraniliprole was sprayed twice or three times at a 14 days interval with the application dose of 33.86 g/hm² and 50.80 g/hm², the final maximum residue of chlorantraniliprole after 21 days were 0.217 mg/kg in soil, 0.879 mg/kg in rice plant, 0.389 mg/kg in rice shell and 0.018 mg/kg in brown rice, respectively. The residue in brown rice could be lower than the MRL (maximum residue limit) in China, CAC and EU.

Key words chlorantraniliprole; residue; rice; rice field

收稿日期: 2014-12-02 修订日期: 2015-02-28

基金项目: 安徽省农科院科技创新团队项目(14C1105);国家科技基础性工作专项重点项目(2013FY113400);公益性行业(农业)科研专项(201403030)

* 通信作者 E-mail: djszbs@sina.com; gtczbs@sina.com

氯虫苯甲酰胺(chlorantraniliprole)是由美国杜邦公司开发的第一个具有新型邻酰胺基苯甲酰胺类化学结构的广谱杀虫剂。该药具有良好的速效和持效性,有独特的化学结构和新颖的作用机理,能高效激活昆虫鱼尼丁(肌肉)受体,过度释放细胞内钙库中钙离子,导致昆虫瘫痪死亡,具有高效、低毒、广谱和环境亲和等特点。氯虫苯甲酰胺主要应用于防治水稻、甘蓝、棉花等多种作物上的鳞翅目害虫,对其他害虫也能进行有效防治^[1-3]。

目前国内外有关氯虫苯甲酰胺的主要测定方法为 HPLC^[4-5] 和 HPLC-MS^[6-7],但有关氯虫苯甲酰胺在水稻和稻田环境中的残留动态研究较少。步海燕等建立了不同水体中氯虫苯甲酰胺的残留检测方法,水样采用二氯甲烷作提取剂进行萃取,高效液相色谱检测,结果显示良好^[8]。王廷廷等研究发现,氯虫苯甲酰胺在不同类型土壤中的吸附属于物理吸附过程,且氯虫苯甲酰胺在土壤中的解吸附存在迟滞现象,可能与土壤理化性质有关^[9]。章虎等采用液相色谱-串联质谱电喷雾正离子扫描分析了稻米中氯虫苯甲酰胺的残留^[10]。王思威等研究了氯虫苯甲酰胺颗粒剂在水稻上的残留行为,并为其合理使用建立参考标准^[11]。本文研究了氯虫苯甲酰胺悬浮剂在水稻和稻田环境中残留消解规律和最终残留量,旨在为评价氯虫苯甲酰胺在水稻上使用的生态环境效应及农产品安全性提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试药剂与仪器

Agilent 1200 型高效液相色谱仪(美国安捷伦科技公司),配紫外检测器;Agilent HC-C18 色谱柱(250 mm×4.6 mm,5 μm);KQ-50B 超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司);RE-52CS 旋转浓缩蒸发器(上海亚容生化仪器厂);SX2-2.5-10 型高温电炉(上海博迅实业有限公司);FA2104S 电子天平(上海天平仪器厂);N-EVAP24 氮吹仪(美国 Orga-nomation 仪器公司);Y-4 水浴恒温振荡器(江苏金坛金城国胜试验仪器厂);IKA/MS-3 涡动混合器(广州仪科实验室技术有限公司)。

氯虫苯甲酰胺标准品(纯度 97.9%);乙腈(色谱纯);丙酮、乙腈、乙酸乙酯、二氯甲烷、石油醚(60~90℃)、浓盐酸、氯化钠、无水硫酸钠(均为分析纯)。

1.2 田间试验设计

试验农药为 4.3% 氯虫苯甲酰胺悬浮剂,由先正达(中国)投资有限公司提供;供试作物为水稻(安徽为‘皖稻 125’、广西为‘中浙优 1 号’、湖南为‘金优 284’);试验于 2010 年和 2011 年在安徽、湖南和广西进行,三地试验田土壤类型分别为砂壤土、黏土和壤土。每试验小区 20 m²,重复 3 次,小区按照浓度由低到高排列,小区之间设保护行,并设空白对照。施药方式为兑水手动均匀喷雾。

1.2.1 消解动态试验

于水稻分蘖期施药。稻田水和土壤中农药消解动态试验施用 4.3% 氯虫苯甲酰胺悬浮剂 135.45 g/hm² 1 次,植株中的消解动态试验施用 4.3% 氯虫苯甲酰胺悬浮剂 50.80 g/hm² 1 次,分别于施药后 2 h、6 h、1 d、3 d、5 d、7 d、14 d、21 d、30 d 在小区内随机选取 10 点以上,每小区合计取水稻植株(水稻区)1 kg 左右、取稻田水样(无水稻的空水田区)1 L 左右、取土壤(无水稻的空水田区,0~10 cm 深)2 kg 左右,同时取空白对照样品。

1.2.2 最终残留试验

于水稻生长期分别采用 2 个剂量喷施 4.3% 氯虫苯甲酰胺悬浮剂(高剂量 50.80 g/hm²,低剂量 33.86 g/hm²)2 次和 3 次,每次间隔 14 d。另设空白对照区,每处理区设 3 个 20 m² 重复小区,各处理区间设保护行。于最后一次施药后 14.21 d 分别采收水稻植株 1 kg、土壤和稻谷样品各 2 kg,同时采集空白对照样品。

1.3 试验方法

1.3.1 提取

稻田水样品:取经定性滤纸过滤水样 50 mL 于分液漏斗中,加入 50 mL 丙酮振摇 2 min,再加入 15 g NaCl 振摇 2 min,然后用 50 mL×2 乙酸乙酯萃取,合并丙酮相和乙酸乙酯相,经无水硫酸钠干燥后,于旋转蒸发器(≤ 45℃)浓缩至近干,用氮气吹干后,乙腈定容,待测。

土壤样品:称取 20.0 g 土壤(以干重计)样品,加 60 mL 丙酮浸泡过夜,振荡提取 30 min,过滤,再用 60 mL 丙酮振荡提取 30 min,然后用 10 mL×2 丙酮洗涤残渣,于旋转蒸发器(≤ 45℃)中浓缩至近 2 mL,待柱层析净化。

植株样品:称取 10.0 g 剪碎植株样品,加 20 mL

蒸馏水和 80 mL 乙腈浸泡过夜,振荡提取 30 min,过滤,用 80 mL 乙腈振荡提取 30 min,残渣用 10 mL $\times 2$ 乙腈洗涤,于旋转蒸发器($\leq 45^{\circ}\text{C}$)浓缩至约 40 mL,加 60 mL 5%NaCl,用 20 mL 石油醚去杂,然后加 50 mL 乙腈,振摇 1 min,加 15 g 固体 NaCl,振摇 2 min,静置分层,收集乙腈相,水相再用 50 mL $\times 2$ 乙酸乙酯萃取,合并乙腈相和乙酸乙酯相,经无水硫酸钠干燥后,于旋转蒸发器($\leq 45^{\circ}\text{C}$)浓缩至约 2 mL,待柱层析净化。

糙米和稻壳样品:称取 20.0 g 粉碎的糙米样品,加 10 mL 2 mol/L HCl 和 20 mL 蒸馏水浸泡 20 min,再加 80 mL 乙腈浸泡过夜,振荡提取 1 h,过滤,残渣用 20 mL $\times 2$ 乙腈洗,合并滤液于分液漏斗中,加 5.0 g NaCl,振摇 3 min,静置分层,弃去下层水相,乙腈相经无水硫酸钠干燥后,于旋转蒸发器中($\leq 45^{\circ}\text{C}$)浓缩至约 2 mL,待柱层析净化。

1.3.2 净化

在层析柱中装填 5.0 g 中性氧化铝(用前 130°C 处理 4 h,加 5%水减活),柱两端加 2 cm 无水硫酸钠,先用 20 mL 石油醚/丙酮(1/1, V/V)预淋洗,再将样品液转移到柱上,用 100 mL 石油醚/丙酮(1/1, V/V)淋洗,收集淋洗液,于旋转蒸发器($\leq 45^{\circ}\text{C}$)中浓缩至近干,氮气吹干,乙腈定容 2 mL,待测。

1.3.3 仪器条件

高效液相色谱仪:Agilent HPLC 1200,配有紫外检测器;色谱柱:Agilent HC-C18 (4.6 mm $\times$ 250 mm, 5 μm);柱箱温度: 35°C ;流动相:乙腈/水(V/V=50/50);流速:0.8 mL/min;检测波长:220 nm;进样体积:10 μL ;在上述色谱操作条件下,氯虫苯甲酰胺的保留时间为 12.7 min。

2 结果与分析

2.1 方法的回收率、精密度和最低检测浓度

分别用乙腈配制 0.25、0.5、1.0、2.0、4.0、8.0 mg/L 的氯虫苯甲酰胺标准溶液,按上述色谱条件进行测定。根据峰面积与相应的进样量绘制标准曲线,得到回归方程为 $y=47.474x-0.0083$, $r=0.9997$ 。表明氯虫苯甲酰胺在 0.25~8.0 mg/L 浓度范围内浓度与峰面积呈较为良好的线性关系,满足外标法定量检测的要求。在 0.005~1.0 mg/kg 的添加浓度下,稻田水、土壤、水稻植株、谷壳和糙米中氯虫苯甲酰胺的平均添加回收率为 85.06%~95.83%,变异系

数为 2.08%~5.77%(表 1)。仪器的最小检出量为 $5\times 10^{-11}\text{g}$,最低检测浓度分别为稻田水 0.005 mg/kg、土壤 0.01 mg/kg、水稻植株 0.02 mg/kg、谷壳 0.02 mg/kg、糙米 0.01 mg/kg。

表 1 氯虫苯甲酰胺在稻田水、土壤、水稻植株、谷壳和糙米中添加回收率

Table 1 Recoveries of chlorantraniliprole in paddy water, soil, rice plant, rice shell and brown rice

基质 Matrix	添加浓度/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Concentration	平均回收率/% Average recovery	变异系数/% Coefficient of variation ($n=5$)
稻田水 Paddy water	1	91.52	2.53
	0.5	88.10	2.08
	0.005	92.44	3.78
土壤 Soil	1	91.63	2.54
	0.5	88.40	4.44
	0.01	93.25	4.21
水稻植株 Rice plant	1.0	90.61	3.38
	0.5	95.83	5.22
	0.02	85.72	4.81
谷壳 Rice shell	1	85.14	4.74
	0.5	94.45	3.23
	0.02	85.06	4.65
糙米 Brown rice	1	92.97	2.27
	0.5	89.38	4.95
	0.01	85.12	5.77

2.2 氯虫苯甲酰胺在稻田系统和水稻植株中的消解动态

氯虫苯甲酰胺在安徽、湖南和广西三地的稻田水、土壤和水稻植株中的消解方程、相关系数和半衰期见表 2。以氯虫苯甲酰胺残留量对施药后取样时间作图,从图 1 可以看出,氯虫苯甲酰胺的消解在稻田水和植株中随着时间的延长,其残留量逐渐下降;在土壤中的消解在施药后 2 h 与不足 3 d 期间为一个逐渐增加的过程,到第 1~3 天时达到最大值,之后则逐渐降低。氯虫苯甲酰胺在稻田水中的原始沉积量为 0.201~0.400 mg/kg,施药 7 d 后,残留消解率均达 75%以上;施药 14 d 后,消解率达 90%以上,半衰期为 3.1~5.0 d。氯虫苯甲酰胺在稻田土壤中的原始沉积量为 0.101~0.249 mg/kg。施药后 21 d,残留消解率为 80%左右;施药后 30 d,消解率为 90%左右,半衰期为 6.6~9.0 d。氯虫苯甲酰胺在水稻植株中的原始沉积量为 0.976~2.836 mg/kg。施药后 21 d,残留消解率达 80%以上;施药后 30 d,消解率为 90%左右,半衰期为 8.0~9.9 d。

表 2 氯虫苯甲酰胺在稻田水、土壤和水稻植株中的消解动态方程

Table 2 Degradation equations of chlorantraniliprole in paddy water, soil and rice plant

基质 Matrix	年份 Year	地点 Place	消解动态方程 Degradation equations	相关系数 Correlation coefficient	半衰期/d Half-life
稻田水 Paddy water	2010	安徽	$y=0.199\ 7\ e^{-0.137\ 7\ x}$	0.909\ 2	5.0
		湖南	$y=0.168\ 9\ e^{-0.169\ 8\ x}$	0.991\ 9	4.1
		广西	$y=0.203\ 2\ e^{-0.151\ 9\ x}$	0.982\ 6	4.6
	2011	安徽	$y=0.151\ 5\ e^{-0.161\ 7\ x}$	0.944\ 5	4.3
		湖南	$y=0.247\ 9\ e^{-0.222\ 7\ x}$	0.929\ 9	3.1
		广西	$y=0.153\ 3\ e^{-0.184\ 2\ x}$	0.938\ 9	3.8
土壤 Soil	2010	安徽	$y=0.284\ 3\ e^{-0.083\ 0\ x}$	0.992\ 0	8.3
		湖南	$y=0.200\ 5\ e^{-0.078\ 5\ x}$	0.982\ 4	8.8
		广西	$y=0.092\ 1\ e^{-0.094\ 5\ x}$	0.961\ 3	7.3
	2011	安徽	$y=0.135\ 5\ e^{-0.076\ 6\ x}$	0.928\ 2	9.0
		湖南	$y=0.153\ 6\ e^{-0.091\ 2\ x}$	0.974\ 7	7.6
		广西	$y=0.097\ 4\ e^{-0.104\ 6\ x}$	0.946\ 4	6.6
水稻植株 Rice plant	2010	安徽	$y=0.799\ 9\ e^{-0.070\ 3\ x}$	0.962\ 3	9.9
		湖南	$y=2.170\ 2\ e^{-0.075\ 2\ x}$	0.988\ 4	9.2
		广西	$y=2.267\ 0\ e^{-0.077\ 8\ x}$	0.978\ 1	8.9
	2011	安徽	$y=1.005\ 1\ e^{-0.084\ 1\ x}$	0.921\ 8	8.2
		湖南	$y=1.096\ 5\ e^{-0.077\ 5\ x}$	0.935\ 9	8.9
		广西	$y=1.400\ 3\ e^{-0.086\ 5\ x}$	0.952\ 4	8.0

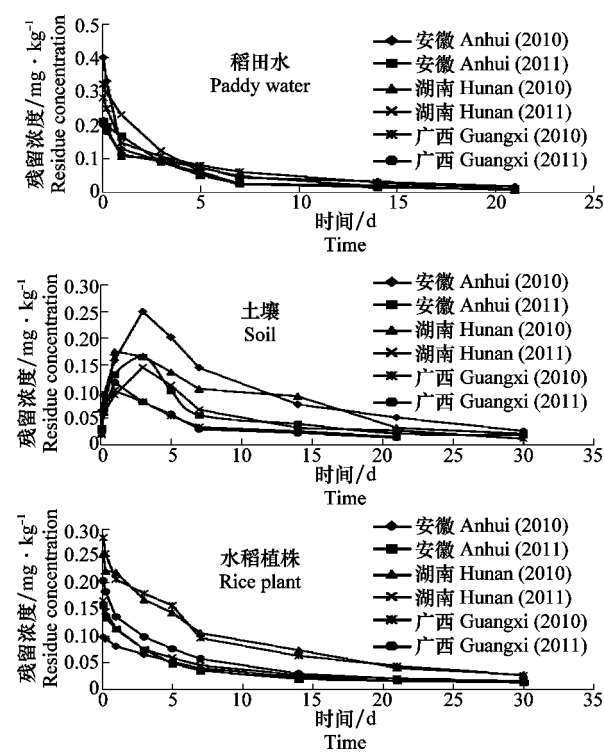


图 1 氯虫苯甲酰胺在稻田水、稻田土壤和水稻植株中的消解动态

Fig. 1 Residual dynamics of chlorantraniliprole in paddy water, soil and rice plant

t 检验结果(表 3~5)表明,氯虫苯甲酰胺在稻田水中不同地区的残留消解行为差异性显著,广西地区可能由于降水等原因造成两年的消解行为差

异性极显著;氯虫苯甲酰胺在土壤中的残留消解行为较为复杂。在土壤性质相同的条件下,环境气候条件影响了氯虫苯甲酰胺在土壤中的消解行为。相同施药季节不同年份的试验结果表明,氯虫苯甲酰胺在同一地区土壤中的消解行为亦存在显著差异的可能性。由此可见,外部气候条件、土壤性质、土壤中的农药原始沉积量等因素均对消解行为差异性存在影响;除 2010 年和 2011 年的安徽地区、2010 年的湖南和广西地区两组外,氯虫苯甲酰胺在植株中的残留消解行为均呈现显著或极显著差异性。药剂的不同原始沉积量,不同生长状态下水稻植株对农药的吸附程度,稻田开放环境中残留农药的热分解等,均是影响其消解行为的主要原因。

2.3 氯虫苯甲酰胺在稻田土壤稻秆和稻谷中的最终残留量

从表 6 可以看出,氯虫苯甲酰胺的残留量与施药浓度呈正相关,施药浓度越高,残留量越高;最终残留量与施药次数也呈正相关,施药次数越多,残留量越高。4.3%氯虫苯甲酰胺悬浮剂以有效成分 50.80 g/hm² 和 33.86 g/hm² 分别施药 2 次和 3 次,氯虫苯甲酰胺在土壤中的最终残留量在 ND~0.255 mg/kg 之间,其中低剂量处理残留量最高 0.157 mg/kg,高剂量处理残留量最高 0.255 mg/kg。氯虫苯甲酰胺在水稻植株中的最终残留量在 ND~

1.281 mg/kg,其中低剂量处理残留量最高 0.997 mg/kg,高剂量处理残留量最高 1.281 mg/kg。氯虫苯甲酰胺在谷壳中的最终残留量在 ND~0.452 mg/kg,其中低剂量处理残留量最高 0.412 mg/kg,高剂量处

理残留量最高 0.452 mg/kg。氯虫苯甲酰胺在糙米中的最终残留量在 ND~0.088 mg/kg,其中低剂量处理残留量最高 0.037 mg/kg,高剂量处理残留量最高 0.088 mg/kg。

表 3 氯虫苯甲酰胺在稻田水中消解动态差异性 *t* 检验¹⁾
Table 3 *t*-test for dissipation of chlorantraniliprole in paddy water

<i>t</i> -检验 <i>t</i> -test	安徽 Anhui(2011)	湖南 Hunan(2010)	湖南 Hunan(2011)	广西 Guangxi(2010)	广西 Guangxi(2011)
安徽 Anhui(2010)	0.144	0.129	0.817	0.332	0.088
安徽 Anhui(2011)		0.905	0.042 *	0.044 *	0.259
湖南 Hunan(2010)			0.097	0.025 *	0.058
湖南 Hunan(2011)				0.321	0.049 *
广西 Guangxi(2010)					0.010 **

1) * 代表在 0.05 水平差异显著; ** 代表在 0.01 水平差异极显著。下同。
* : Significant difference at 0.05 level; ** : Extremely significant difference at 0.01 level. The same below.

表 4 氯虫苯甲酰胺在土壤中消解动态差异性 *t* 检验
Table 4 *t*-test for dissipation of chlorantraniliprole in soil

<i>t</i> -检验 <i>t</i> -test	安徽 Anhui(2011)	湖南 Hunan(2010)	湖南 Hunan(2011)	广西 Guangxi(2010)	广西 Guangxi(2011)
安徽 Anhui(2010)	0.003 **	0.039 *	0.001 **	0.005 **	0.005 **
安徽 Anhui(2011)		0.046 *	0.161	0.025 *	0.027 *
湖南 Hunan(2010)			0.017 *	0.008 **	0.007 **
湖南 Hunan(2011)				0.102	0.136
广西 Guangxi(2010)					0.737

表 5 氯虫苯甲酰胺在植株中消解动态差异性 *t* 检验
Table 5 *t*-test for dissipation of chlorantraniliprole in rice plant

<i>t</i> -检验 <i>t</i> -test	安徽 Anhui(2011)	湖南 Hunan(2010)	湖南 Hunan(2011)	广西 Guangxi(2010)	广西 Guangxi(2011)
安徽 Anhui(2010)	0.102	0.001 **	0.035 *	0.002 **	0.018 *
安徽 Anhui(2011)		0.000 **	0.002 **	0.001 **	0.003 **
湖南 Hunan(2010)			0.000 **	0.281	0.000 **
湖南 Hunan(2011)				0.001 **	0.008 **
广西 Guangxi(2010)					0.000 **

我国规定氯虫苯甲酰胺在糙米中的最大残留限量为 0.5 mg/kg,食品法典委员会(CAC)和欧盟规定在粮谷中的最大残留限量为 0.02 mg/kg,日本规定在糙米中为 0.05 mg/kg。以国际上的最低残留标准作参考,由最终残留结果显示,4.3%氯虫苯甲酰胺悬浮剂以有效成分 33.86 g/hm² 和 50.80 g/hm² 施药 2 次、3 次,采收间隔期为 14 d,糙米中氯虫苯甲酰胺的残留量最高为 0.088 mg/kg,高于 0.02 mg/kg;采收间隔期为 21 d,糙米中氯虫苯甲酰胺的残留量最高为 0.018 mg/kg,低于 0.02 mg/kg。因此,建议 4.3%氯虫苯甲酰胺悬浮剂在水稻上使用,施药剂量不超过 50.80 g/hm²,施药 2~3 次,安全间隔期为 21 d。

3 讨论

本文对氯虫苯甲酰胺的残留分析方法,在水稻、

土壤和稻田水中的残留动态以及在水稻、土壤中的最终残留进行了研究,作为评价氯虫苯甲酰胺使用安全性的基础。4.3%氯虫苯甲酰胺悬浮剂在安徽、湖南和广西三地的残留试验表明,氯虫苯甲酰胺在植株和稻田水中的残留量,随着时间的推移逐步降低,半衰期分别为 8.0~9.9 d 和 3.1~5.0 d。在土壤中的残留浓度呈先上升后下降的趋势,施用后 1~3 d在稻田土中的含量达到最大,其半衰期为 6.6~9.0 d,属于易降解类农药。
最终残留量结果显示,4.3%氯虫苯甲酰胺悬浮剂以低剂量 33.86 g/hm² 和高剂量 50.80 g/hm² 施药 2 次和 3 次,采收间隔期为 21 d,糙米中氯虫苯甲酰胺的残留量均低于 0.02 mg/kg。参考各国限量标准,建议 4.3%氯虫苯甲酰胺悬浮剂在水稻上使用,施药剂量不超过 50.80 g/hm²,施药 2~3 次,安全间隔期为 21 d。

表 6 氯虫苯甲酰胺在土壤、水稻植株、谷壳和糙米中的最终残留量

Table 6 Final residues of chlorantraniliprole in soil, rice plant, rice shell and brown rice

地点 Place	施药 剂量/ g·hm ⁻² Dosage	施药 次数 Times	残留量/mg·kg ⁻¹							
			土壤 Soil				稻秆 Rice plant			
			2010 年		2011 年		2010 年		2011 年	
			14 d	21 d	14 d	21 d	14 d	21 d	14 d	21 d
安徽 Anhui	33.86	2	ND	ND	ND	ND	0.313	ND	0.084	0.031
		3	ND	ND	ND	ND	0.334	ND	0.194	0.077
	50.80	2	ND	ND	ND	ND	0.776	ND	0.205	0.080
		3	ND	ND	0.079	ND	0.899	ND	0.270	0.208
湖南 Hunan	33.86	2	ND	ND	ND	ND	0.207	0.075	0.172	0.077
		3	ND	ND	ND	ND	0.210	0.059	0.155	0.078
	50.80	2	ND	ND	ND	ND	0.236	0.133	0.157	0.069
		3	ND	ND	0.035	0.0224	0.407	0.223	0.232	0.102
广西 Guangxi	33.86	2	0.107	ND	0.057	ND	0.575	0.484	0.185	0.058
		3	0.157	0.138	0.057	ND	0.997	0.757	0.197	0.073
	50.80	2	0.248	ND	0.058	ND	0.963	0.739	0.262	0.119
		3	0.255	0.217	0.085	0.0217	1.281	0.879	0.399	0.399

地点 Place	施药 剂量/ g·hm ⁻² Dosage	施药 次数 Times	残留量/mg·kg ⁻¹							
			谷壳 Rice shell				糙米 Brown rice			
			2010 年		2011 年		2010 年		2011 年	
			14 d	21 d	14 d	21 d	14 d	21 d	14 d	21 d
安徽 Anhui	33.86	2	0.170	0.109	0.238	0.093	ND	ND	ND	ND
		3	0.187	0.113	0.261	0.124	ND	ND	ND	ND
	50.80	2	0.221	0.119	0.266	0.148	ND	ND	0.043	ND
		3	0.380	0.156	0.276	0.194	ND	ND	0.067	ND
湖南 Hunan	33.86	2	0.106	0.070	0.098	0.053	ND	ND	ND	ND
		3	0.140	0.071	0.146	0.064	0.011	ND	0.037	ND
	50.80	2	0.152	0.091	0.137	0.068	0.076	ND	0.059	ND
		3	0.305	0.124	0.321	0.105	0.088	0.018	0.088	ND
广西 Guangxi	33.86	2	0.405	0.277	0.104	0.027	ND	ND	ND	ND
		3	0.412	0.366	0.182	0.066	ND	ND	ND	ND
	50.80	2	0.447	0.346	0.247	0.105	ND	ND	ND	ND
		3	0.452	0.389	0.252	0.109	ND	ND	ND	ND

参考文献

[1] 柴宝山,林丹,刘远雄,等. 新型邻甲酰氨基苯甲酰胺类杀虫剂的研究进展[J]. 农药,2007,46(3):148-153.

[2] 徐尚成,余幼芬,王晓军,等. 新杀虫剂氯虫苯甲酰胺及其研究开发进展[J]. 现代农药,2008,7(5):8-11.

[3] US Enviromental Protection Agency. Chlorantraniliprole; Time-limited pesticide tolerances [J]. Federal Register, 2007, 72(94):27452-27456.

[4] 李瑞娟,于建奎,宋国春,等. 氯虫苯甲酰胺在甘蓝和土壤中的残留及消解动态[J]. 生态环境学报,2011,20(4):663-667.

[5] 秦冬梅,秦旭,徐应明,等. 土壤和番茄中氯虫苯甲酰胺的残留检测与消解动态研究[J]. 农业环境科学学报,2010,29(5):858-863.

[6] Mandal K, Kaur R, Sahoo S K, et al. Degradation pattern and risk assessment of chlorantraniliprole on berseem (*Trifolium alexandrinum* L.) using high performance liquid chromatography [J]. Chemosphere, 2014, 112:100-104.

[7] Singh B, Kar A, Mandal K, et al. Development and validation of QuEChERS method for estimation of chlorantraniliprole residue in vegetables [J]. Journal of Food Science, 2012, 77(12):208-215.

[8] 步海燕,欧晓明,马俊凯,等. 高效液相色谱法测定水体中的氯虫苯甲酰胺残留量[J]. 光谱实验室, 2008, 25(6):1230-1234.

[9] 王廷廷,余向阳,刘贤进,等. 氯虫苯甲酰胺在 5 种土壤中的吸附和解吸特性[J]. 江苏农业学报, 2012, 28(1):204-209.

[10] 章虎,钱鸣蓉,李振,等. 高效液相色谱-串联质谱快速测定稻米中氯虫苯甲酰胺残留[J]. 农药, 2010, 49(12):906-908.

[11] 王思威,孙海滨,刘艳萍. 氯虫苯甲酰胺颗粒剂在水稻环境中的残留行为与合理使用评价[J]. 农药, 2013, 52(12):899-902.

(责任编辑: 杨明丽)