

# 粉唑醇在稻田中的残留消解动态及风险评估

刘烨潼<sup>1</sup>, 谢蕴琳<sup>2</sup>, 张强<sup>1</sup>, 殷萍<sup>1</sup>, 郭永泽<sup>1</sup>, 陈秋生<sup>1\*</sup>

(1. 天津市农业质量标准与检测技术研究所, 天津 300381; 2. 天津市农药检定所, 天津 300061)

**摘要:** **目的** 粉唑醇在稻田样品中的消解趋势, 并对其最终残留水平进行风险评价。**方法** 开展1%粉唑醇颗粒剂在水稻上的田间试验, 采用气相色谱质谱联用仪对粉唑醇在稻田样品中的残留量进行测定。**结果** 粉唑醇在水稻植株、田水、土壤、稻壳和稻米空白样品中的平均添加回收率为82%~107%, 相对标准偏差为1.1%~12.9%。粉唑醇在水稻植株、田水、土壤、稻壳和稻米中的最低检出浓度分别为0.008、0.002、0.004、0.04和0.004 mg/kg。粉唑醇在水稻植株、田水和土壤中的消解半衰期分别为7.5~10.7、5.1~14.1和9.1~14.1 d。粉唑醇在稻米中的最终残留量低于0.013 mg/kg。**结论** 2016~2017年粉唑醇在我国普通人群中的每日理论摄入量是0.38 mg, 占日允许摄入量的61.0%, 可以认为其在稻米中的残留对一般人群健康不会产生不可接受的风险。

**关键词:** 唑醇; 水稻; 消解动态; 最终残留; 风险评估

## Residual dynamics and risk assessment of flutriafol in paddy

LIU Ye-Tong<sup>1</sup>, XIE Yun-Lin<sup>2</sup>, ZHANG Qiang<sup>1</sup>, YIN Ping<sup>1</sup>, Guo Yong-Ze<sup>1</sup>, CHEN Qiu-Sheng<sup>1\*</sup>

(1. Tianjin Institute of Agricultural Quality Standard and Testing Technology, Tianjin 300381, China; 2. Tianjin Institute for the Control of Agrochemicals, Tianjin 300061, China)

**ABSTRACT: Objective** study the digestion trend of fenazol in rice field samples and evaluate the risk of its final residual level. **Methods** he field test of flutriafol on paddy was carried out. The residue of flutriafol in paddy samples was determined by gas chromatography-mass spectrometry. **Results** he average addition recoveries of fluconazole in rice plants, field water, soil, rice husk and rice blank samples were 82%–107%, and the relative standard deviation were 1.1%–12.9%. The minimum detected concentrations of azolidol in rice plant, field water, soil, rice husk and rice were 0.008, 0.002, 0.004, 0.04 and 0.004 mg/kg, respectively. The digestion half-life of azolidol in rice plant, field water and soil was 7.5–10.7, 5.1–14.1 and 9.1–14.1 d, respectively. The final residual amount of fluconazole in rice was less than 0.013 mg/kg. **Conclusion** From 2016 to 2017, the theoretical daily intake of fenazol in the general population in China was 0.38 mg, accounting for 61.0% of the daily allowable intake. It can be considered that its residual in rice will not pose an unacceptable risk to the health of the general population.

**KEY WORDS:** lutriafol; paddy; dissipation dynamics; final residues; risk assessment

基金项目: 天津市重点研发计划项目(17YFXTZC00040)

Fund: Tianjin Emphasis Research and Development Projects (17YFXTZC00040)

\*通讯作者: 陈秋生, 硕士, 副研究员, 主要研究方向为农产品质量与安全。E-mail: tjzbscqs@126.com

\*Corresponding author: CHEN Qiu-Sheng, Master, Associate Professor, Engaged in Agricultural Product Quality and Safety Research. E-mail: tjzbscqs@126.com

## 1 引言

水稻(*Oryza sativa* L.)原产于中国,作为最重要的粮食作物之一,目前世界上近一半人口以大米为主食。稻米除食用外,还可用于酿酒、制做淀粉等用途,稻壳和稻秆可以作为化工原料及牲畜饲料等。水稻在种植过程中容易受到多种病害的侵染,如稻瘟病和纹枯病等。目前,已有研究表明在稻田中施用杀菌剂粉唑醇可以有效治疗水稻稻瘟病<sup>[1]</sup>。

粉唑醇(CAS: 76674-21-0),化学名称为  $\alpha$ -(2-氟苯基)- $\alpha$ -(4-氟苯基)-1H-1,2,4-三唑-1-乙醇,分子式为  $C_{16}H_{13}F_2N_3O$ ,结构式见图 1,相对分子质量为 301.29<sup>[2]</sup>。粉唑醇是一种属于三唑类杀菌剂的甾醇脱甲基化抑制剂,具有广谱的杀菌性和较强的内吸性<sup>[3]</sup>。该药药效持久而且对环境无污染,对小麦、草莓、玉米和水稻上的白粉病、稻瘟病、锈病以及黑穗病均有较好的防治作用<sup>[4]</sup>。

目前,国内外关于粉唑醇在农作物中的消解和残留检测方面研究较少,涉及到的检测仪器主要有气相色谱仪(gas chromatography, GC)<sup>[5]</sup>、气相色谱/质谱联用仪(gas chromatography/Mass spectrometry, GC/MS)<sup>[6]</sup>、高效液相色谱仪(high performance liquid chromatography, HPLC)<sup>[7-9]</sup>和高效液相色谱/串联质谱联用仪(HPLC/MS/MS)<sup>[10,11]</sup>。上述方法涉及到的作物以小麦最多,基质类型较为单一,而且一些方法还存在前处理过程复杂、耗时较长、化学试剂应用较多、方法最低检出限较高( $\geq 0.01$  mg/kg)等不足。近年来,由于粉唑醇对稻瘟病等水稻病害的良好防治效果而逐渐受到关注,在水稻上的应用也日益增多,但关于粉唑醇单剂在水稻中的消解及残留安全情况报道较少。

本文利用 GC/MS 建立了灵敏度高、经济性好、简便、便捷的稻田样品中粉唑醇的残留检测方法,并利用该方法检测了粉唑醇在水稻中的残留消解动态及最终残留情况,评价了其在稻米中的残留安全性,为规范粉唑醇在稻田中的科学合理使用提供依据。

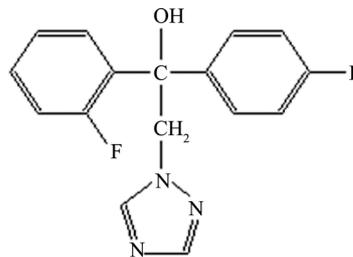


图 1 粉唑醇的结构式

Fig.1 Structural formula of flutriafol

## 2 材料与方法

### 2.1 材料与设备

#### 2.1.1 材料与试剂

粉唑醇标准溶液(浓度为 100 mg/L,天津东方绿色技术发展公司);1%粉唑醇颗粒剂(广西田园生化股份有限公司);乙腈(色谱纯,德国默克公司);氯化钠、无水硫酸镁、丙酮、N-丙基乙二胺(Primary secondary amine, PSA)和石墨化炭黑(Graphitised Carbon Black, GCB)(分析纯,天津艾杰尔-飞诺美公司);超纯水(自制)。

#### 2.1.2 仪器与设备

SHIMADZU GCMS-QP 2010 Ultra 气相色谱-质谱联用仪(GC/MS,日本岛津制作所),配 DB-17MS 毛细管色谱柱(30 m $\times$ 0.25 mm, 0.25  $\mu$ m,美国安捷伦科技公司);CLS•JLG-1 型磨谷机(国家粮食储备局成都粮食储藏科学研究所);FW100 型高速万能粉碎机(天津市泰斯特仪器有限公司);H2050R-1 高速冷冻离心机(湖南湘仪集团);MILLI-Q 超纯水仪(美国密理博公司);WTL-6K 迷你离心机(湘仪集团);MTV-100 多管漩渦混合仪(杭州奥盛仪器有限公司)。

### 2.2 田间试验设计

#### 2.2.1 试验地点信息

根据《农药残留试验准则》<sup>[12]</sup>的相关要求,分别于 2016 年和 2017 年在吉林省长春市、江苏省南京市和湖南省张家界市进行了 1%粉唑醇颗粒剂在水稻上的消解动态和最终残留试验。试验地点信息见表 1。

表 1 田间试验地点信息  
Table 1 Field experiment location information

试验点具体位置	试验期间气候条件			土壤信息			水稻品种
	平均日照时间/h	平均气温/°C	平均降水量/mm	土壤类型	pH	有机质含量/%	
吉林省长春市绿园区西新镇	730	11.1	210	粘壤土	7.2	3.3	新两优 6 号
江苏省南京市六合区竹山镇	810	19.2	620	粘壤土	7.3	2.7	两优 343
湖南省张家界市永定区大坪镇	530	17.6	465	粘壤土	5.2	3.0	丰田 553

### 2.2.2 消解动态试验

将供试的稻田设置成 3 个重复小区, 每个小区 30 m<sup>2</sup>, 在水稻苗期时将 1% 粉唑醇颗粒剂以 1.5 倍推荐剂量兑水 4 L 均匀喷施于水稻植株表面<sup>[12,13]</sup>, 施药剂量为 270 g/30 m<sup>2</sup>。再在试验地附近选择一块 30 m<sup>2</sup> 土质相同的空白地进行土壤和田水消解动态试验, 施药剂量为 270 g/30 m<sup>2</sup>, 与植株上的消解动态试验同时进行。施药后 2 h、1、3、7、14、21 和 28 d 采用五点法在每个试验小区随机采集 2 kg 生长正常、无病害的水稻植株, 切碎、混匀后采用四分法留样 250 g; 同时采集 10 cm 深的土壤样品和田水样品, 去除杂物后留样 250 g。水稻植株和土壤样品均装入塑料密封袋中, 田水样品装入带盖玻璃样品瓶中, 所有样品贴好标签、编号, 储存于 -20 °C 的冰柜中<sup>[13]</sup>。

### 2.2.3 最终残留试验

设置 2 个施药剂量, 分别为推荐剂量 180 g/30 m<sup>2</sup> 和 1.5 倍推荐剂量 270 g/30 m<sup>2</sup>, 2 个剂量均设 1 次施药处理, 小区面积 30 m<sup>2</sup>, 各设置 3 个重复。在水稻收获期每小区随机采集水稻植株样品 2 kg, 脱粒后将稻米、稻壳和植株分别留样 250 g; 每小区随机采集土壤(0~15 cm) 2 kg, 去除杂物后按四分法留样 250 g。所有样品贴好标签、编号, 储存于 -20 °C 的冰柜中<sup>[13]</sup>。

### 2.2.4 空白对照试验

在消解动态和最终残留试验点附近选取一块未施药的水稻田, 采集水稻植株、田水、土壤、稻壳和稻米作为空白对照。

## 2.3 分析方法

### 2.3.1 样品前处理方法

水稻植株和稻壳样品: 取 2.5 g 搅碎的植株样品置于 50 mL 大离心管中, 依次加入 10 mL 水、10 mL 乙腈和 5 g NaCl。涡旋 5 min, 将所有 NaCl 溶解后, 以 3800 r/min 转速离心 5 min, 取上清液 1.5 mL 加入 2 mL 小离心管中(小离心管中预先加入 150 mg 无水硫酸镁、50 mg PSA 和 10 mg GCB)。先将小离心管涡旋 2 min, 再以 6000 r/min 转速离心 2 min。取上清液 1 mL 过滤于进样小瓶中待测。

土壤和稻米样品: 取 5 g 稻米或土壤样品置于 50 mL 大离心管中, 依次加入 10 mL 水、10 mL 乙腈和 3 g NaCl。涡旋 5 min, 将所有 NaCl 溶解后, 以 3800 r/min 转速离心 5 min, 取上清液 1.5 mL 加入 2 mL 小离心管中(小离心管中预先加入 150 mg 无水硫酸镁和 80 mg PSA)。以下步骤同水稻植株样品。

田水样品: 将田水样品过滤后, 取 10 mL 置于 50 mL 大离心管中, 加入 10 mL 乙腈和 5 g NaCl。涡旋 5 min, 将所有 NaCl 溶解后, 以 3800 r/min 转速离心 5 min, 取上清液 1.5 mL 过滤于进样小瓶中待测。

### 2.3.2 仪器检测条件

GC/MS 进样口温度 260 °C, 进样量 1 μL, 不分流进样

模式; 载气为高纯氦气, 流速为 2.0 mL/min; 程序升温: 起始温度 100 °C, 保持 3 min, 以 30 °C/min 升温至 280 °C, 保持 2 min; 辅助加热区温度 280 °C, 离子源温度 200 °C; 定性离子 83、123、164、219, 定量离子 123。在此条件下, 粉唑醇的保留时间为 9.8 min。

### 2.3.3 标准曲线

用丙酮配制不同浓度的粉唑醇标准溶液 0.001、0.005、0.01、0.1、1、5 和 30 mg/L, 在 2.3.2 的色谱条件下进行测定, 以粉唑醇标准品的进样量(ng)为横坐标, 以粉唑醇在色谱图上的峰面积为纵坐标绘制标准曲线, 研究其线性关系。

### 2.3.4 添加回收

向水稻植株、田水、土壤、稻壳和稻米的空白样品中分别添加 3 个浓度的粉唑醇标准溶液, 每个浓度设 5 次重复, 按照 2.3.1 所示的前处理方法进行处理, 以及 2.3.2 所示的检测条件进行测定, 计算方法的回收率和相对标准偏差(Relative standard deviation, RSD), 对方法的准确度、精密度以及重现性进行评价。

## 2.4 数据分析

### 2.4.1 农药消解动力学方程

施药后农药在农作物和土壤中的残留量随时间变化情况可以用一级反应动力学方程式表示<sup>[12]</sup>:

$$C_T = C_0 e^{-KT} \quad (1)$$

公式(1)中:  $C_T$ : 时间  $T$ (d 或 h) 时的农药残留量, mg/kg;  $C_0$ : 施药后的原始沉积量, mg/kg;  $K$ : 消解系数;  $T$ : 施药后时间, d 或 h。

### 2.4.2 膳食风险评估计算

粉唑醇在稻米中的膳食风险评估依据以下公式计算得出<sup>[14]</sup>:

$$NEDI = [\sum(STMR_i \times Fi)] / bw \quad (2)$$

$$RQ = NEDI / ADI \quad (3)$$

公式(2)和(3)中:  $NEDI$ (national estimated daily intake): 农药的国家估计每日摄入量, mg/kg bw;  $STMR_i$ : 粉唑醇在某一食品中的规范残留试验中值, mg/kg;  $Fi$ : 一般人群对某一食物摄入量, kg;  $bw$ (body weight): 人群体重, kg;  $ADI$ (acceptable daily intake): 日允许摄入量, mg/kg bw;  $RQ$ (risk quotient): 农药风险值, 当  $RQ < 100\%$  时, 表明风险较小, 可以接受; 当  $RQ > 100\%$  时, 表示风险很高, 可能对人的身体健康存在严重的负面影响。计算  $NEDI$  时, 如果没有合适的  $STMR$ , 可以使用相应的农药最大残留限量(maximum residue limit, MRL)。

### 2.4.3 数据统计分析和制图

数据统计分析采用 SAS 8.5 软件, 文中用不同小写字母表示差异具有统计学意义( $P < 0.05$ ); 所有图均采用 Office 2016 软件制作。

### 3 结果与分析

#### 3.1 方法学验证

标准曲线实验结果表明, 粉唑醇的进样量与峰面积存在良好的线性关系, 在 0.001~30 mg/L 范围内, 线性回归方程为  $Y=63519X-5686.7$ , 相关系数  $r^2=0.9997$ , 标准曲线图见图 2。

在 2.3.2 的色谱条件下, 当信噪比为 3 时, 粉唑醇在仪器中的最小检出量为 0.001 ng。通过向空白基质中添加不同浓度的粉唑醇来进行添加回收试验, 确定粉唑醇在水稻植株、田水、土壤、稻壳和稻米中的最低检出浓度分别为 0.008、0.002、0.004、0.04、0.004 mg/kg。

3 个添加层次和 5 个重复的添加回收试验结果见表 2, 粉唑醇在水稻植株中的平均回收率为 96%~103%, 相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)为 2.6%~5.2%; 在田水中的平均回收率为 86%~92%, RSD 为 1.1%~8.3%; 在

土壤中的平均回收率为 82%~88%, RSD 为 2.1%~12.6%; 在稻壳中的平均回收率为 85%~107%, RSD 为 2.0%~8.2%; 在稻米中的平均回收率为 83%~98%, RSD 为 1.7%~12.9%。方法的准确性、精密度和重现性均符合农药残留分析的相关要求<sup>[12-14]</sup>。

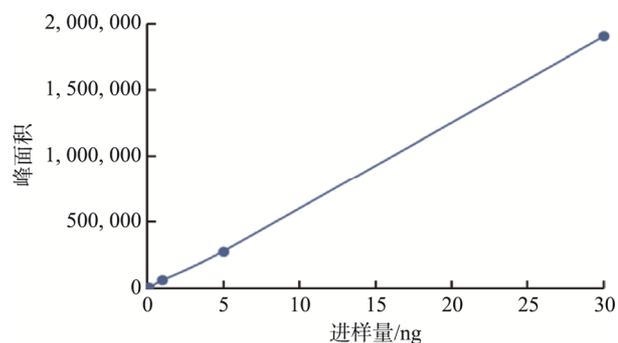


图 2 粉唑醇标准曲线  
Fig.2 Standard curve of flutriafol

表 2 方法的添加回收率和相对标准偏差  
Table 2 Recoveries and relative standard deviations of flutriafol in paddy samples

样品	添加量/(mg/kg)	回收率/%					平均回收率/%	RSD/%
		1	2	3	4	5		
水稻植株	0.008	100	97	95	106	106	101	5.2
	0.04	89	99	99	100	94	96	5.0
	10	99	106	103	105	101	103	2.6
田水	0.002	102	88	97	91	83	92	8.1
	0.01	83	83	87	97	98	90	8.3
	2.5	86	86	86	85	84	86	1.1
土壤	0.004	77	81	83	70	98	82	12.6
	0.02	82	85	82	81	94	85	6.4
	5	90	89	90	88	85	88	2.1
稻壳	0.04	95	110	110	110	108	107	6.0
	0.08	85	94	97	79	87	88	8.2
	10	83	85	87	85	87	85	2.0
稻米	0.004	106	105	78	87	91	93	12.9
	0.02	79	87	77	81	89	83	6.2
	5	97	97	99	97	101	98	1.7

将 1 mg/L 粉唑醇标准溶液在 GC/MS 上连续进样 5 次, 测得其峰面积的 RSD 为 0.24%, 表明粉唑醇在该型仪器上具有较好的稳定性。

#### 3.2 粉唑醇在水稻植株、田水及土壤中的残留消解动态

2016~2017 年粉唑醇在吉林、江苏和湖南三地水稻田

样品中的残留消解动态情况如表 3 和图 3 所示。可以看出粉唑醇在水稻植株中的原始沉积量为 2.11~22.87 mg/kg, 半衰期为 7.5~10.7 d, 施药后 28 d 的消解率均超过 90%, 表明粉唑醇在水稻植株中属于易降解农药。粉唑醇在 2014 和 2015 年三地水稻植株中所体现出来的消解动态差异, 反映出不同试验地点、不同年份的气候和地域上的差异, 也与不同水稻品种的生理习性和种植管理方式有关<sup>[15]</sup>。

粉唑醇在田水中的原始沉积量为 3.79~31.77 mg/kg, 半衰期为 5.1~14.1 d, 施药后 28 d 的消解率均超过 79%; 粉唑醇在土壤中的原始沉积量为 2.94~8.62 mg/kg, 半衰期为 9.1~14.1 d, 施药后 28 d 的消解率均超过 79%。粉唑醇在三地土水上的消解动态差异, 可能与三地的土壤类型和灌溉水的理化性质相关<sup>[16]</sup>。另外由于粉唑醇微溶于水, 其在土水两相之间反复的迁移转化导致消解趋势更加复杂化和多样化。

综合国内外已有的研究结果, 粉唑醇在小麦植株中的半衰期在 1.5~15.2 d 之间<sup>[6,8-11]</sup>, 在烟草中的半衰期在 9.5~24.8 d 之间<sup>[7]</sup>, 在设施草莓中的半衰期在 5.7~6.9 d 之间<sup>[17]</sup>。本研究中粉唑醇在水稻植株中的半衰期与其在小麦植株中大体相当, 但降解速率快于在烟草中, 慢于在草莓中。说明在同为大田粮食作物的小麦和水稻中, 粉唑醇的消解速率较为相似。而与烟草和设施草莓中的半衰期存在差异则说明粉唑醇的消解规律受作物类型和种植模式影响较大。但总的来看, 粉唑醇在稻田环境中属于易降解农药<sup>[18]</sup>。

### 3.3 粉唑醇在稻田样品中的最终残留量

2016~2017 年吉林省、江苏省和湖南省南北三地按推

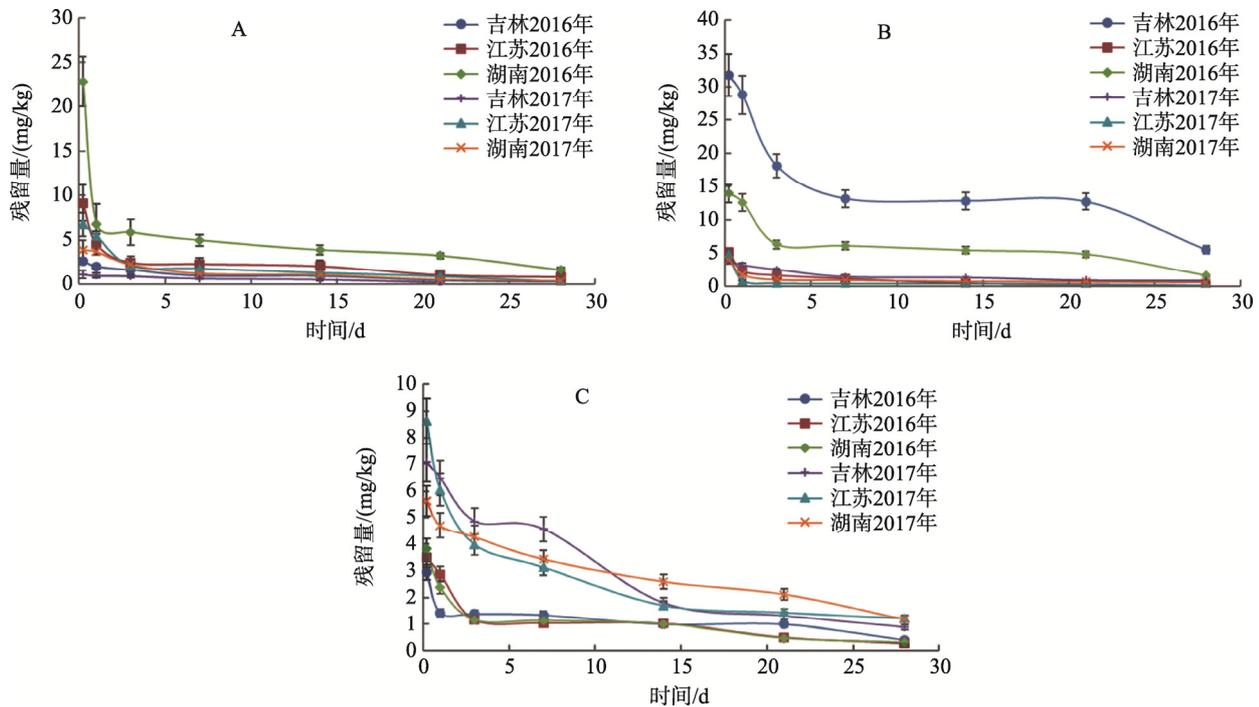
荐剂量和 1.5 倍推荐剂量各施药一次后, 在稻米收获期时粉唑醇在稻田样品中的最终残留量列入表 4 中。2 年 3 地的试验结果表明, 粉唑醇在水稻植株中的最终残留量为 0.044~1.71 mg/kg, 在土壤中的最终残留量为 0.020~1.15 mg/kg, 在稻壳中的最终残留量为 0.21~1.81 mg/kg, 在稻米中的最终残留量为 <0.004~0.013 mg/kg。可见粉唑醇在稻田环境中的残留主要集中在水稻植株、稻壳以及土壤中, 而在稻米中的残留量较低, 这些特征与许多农药在稻田中的残留情况均相似<sup>[19,20]</sup>。

### 3.4 膳食风险评估

目前, 包括我国在内的世界主要国家和组织均未制定或公布粉唑醇在稻米中的 MRL 值。根据粉唑醇在我国登记情况、MRL 的制定情况、本试验中粉唑醇在稻米中的残留情况并结合我国居民的膳食结构, 得出在普通人群中粉唑醇的 NEDI 是 0.38 mg。根据我国规定的粉唑醇 ADI 值为 0.01 mg/kg<sup>[21]</sup>和我国居民的平均体重为 63 kg 进行相关计算<sup>[22]</sup>, 得出 NEDI 占日允许摄入量的 61.0%, 即风险概率为 61.0%。由于风险概率小于 100%, 可以认为粉唑醇在稻米中的残留不会对一般人群健康产生不可接受的风险。

表 3 粉唑醇在稻田样品中的残留消解动态数据  
Table 3 Dissipation dynamics data of flutriafol in paddy samples

样品	时间/年	地点	动力学方程	相关系数( $r^2$ )	原始沉积量/(mg/kg)	半衰期/d
水稻植株	2016	吉林	$Y=2.1909e^{-0.077X}$	0.9567	2.63	9.0
		江苏	$Y=4.8909e^{-0.069X}$	0.8176	9.16	10.0
		湖南	$Y=10.174e^{-0.065X}$	0.7449	22.87	10.7
	2017	吉林	$Y=1.1268e^{-0.079X}$	0.9333	2.11	8.8
		江苏	$Y=4.6605e^{-0.093X}$	0.8989	6.74	7.5
		湖南	$Y=3.2254e^{-0.085X}$	0.9451	3.91	8.2
田水	2016	吉林	$Y=25.944e^{-0.050X}$	0.8315	31.77	13.9
		江苏	$Y=3.1466e^{-0.135X}$	0.9631	5.13	5.1
		湖南	$Y=11.344e^{-0.061X}$	0.8268	13.92	11.4
	2017	吉林	$Y=2.9488e^{-0.054X}$	0.8786	3.79	12.8
		江苏	$Y=1.2190e^{-0.090X}$	0.6482	4.92	7.7
		湖南	$Y=1.8247e^{-0.049X}$	0.6170	3.95	14.1
土壤	2016	吉林	$Y=1.9680e^{-0.049X}$	0.7921	2.94	14.1
		江苏	$Y=2.4450e^{-0.077X}$	0.8738	3.49	9.1
		湖南	$Y=2.3998e^{-0.076X}$	0.8741	3.83	9.5
	2017	吉林	$Y=6.6874e^{-0.076X}$	0.9739	7.05	9.1
		江苏	$Y=5.8678e^{-0.065X}$	0.8826	8.62	10.7
		湖南	$Y=5.1594e^{-0.049X}$	0.9739	5.63	14.1



注: A-水稻植株, B-田水, C-土壤。

图3 粉唑醇在稻田样品中的消解动态曲线( $n=3$ )

Fig.3 Dissipation curves of flutriafol in paddy samples ( $n=3$ )

表4 稻田样品中粉唑醇的最终残留量

Table 4 Final residues of flutriafol in paddy samples

试验时间/年	试验地点	施药剂量/(g/30 m <sup>2</sup> )	最终残留量/(mg/kg)			
			水稻植株	土壤	稻壳	稻米
2016	吉林	180	0.94a	0.020c	0.68b	0.009c
		270	1.71a	0.20c	0.50b	<0.004d
	江苏	180	0.77a	0.16c	0.27b	<0.004d
		270	1.01b	0.22c	1.07a	0.013d
	湖南	180	0.18c	0.29b	0.36a	0.012d
		270	0.30b	0.22c	0.73a	<0.004d
2017	吉林	180	0.18c	1.15a	0.73b	0.009d
		270	0.074bc	0.21b	0.64a	0.007c
	江苏	180	0.044b	0.041b	0.21a	0.005c
		270	1.07b	1.00b	1.36a	<0.004c
	湖南	180	0.29b	0.28b	0.70a	<0.004c
		270	0.35b	0.23c	1.81a	<0.004d

注: 同一行数据后英文小写字母的不同表示不同样品间粉唑醇残留量差异显著( $P<0.05$ ); “<0.004 mg/kg”表示低于粉唑醇在稻米中的最低检出浓度。

## 4 结论

本文利用 GC/MS 建立了粉唑醇在稻田样品中的残留

检测方法, 并利用该方法研究了粉唑醇在稻田中的消解动态及最终残留情况。研究表明, 粉唑醇在水稻植株、田水和土壤中的残留量均随着时间的推移而减少, 属于易

降解农药; 粉唑醇在稻米中的最终残留量均低于 0.013 mg/kg, 由于我国尚未公布粉唑醇在稻米中的 MRL, 根据膳食风险评估的计算结果, 认为 1%粉唑醇颗粒剂按推荐剂量和 1.5 倍推荐剂量施药后, 其在稻米中的残留不会对一般人群的健康产生危险。

## 参考文献

- [1] 王清辉, 刘奎, 李威, 等. 2%粉唑醇缓释颗粒剂防治水稻瘟病田间药效试验[J]. 农技服务, 2015, 32(1): 68-70.  
Wang QH, Liu K, Li W, *et al.* Field efficacy test of 2% fenozolanol sustained-release granule against rice blast [J]. Agric Technol Serv, 2015, 32(1): 68-70.
- [2] GB 4839-2009 农药中文通用名[S].  
GB 4839-2009 Chinese common name for pesticides [S].
- [3] 曹伟锋, 廖道华, 雷子蕙. 粉唑醇的合成[J]. 精细化工中间体, 2006, 36(4): 33-34.  
Cao WF, Liao DH, Lei ZH. Synthesis of fungicide flutriafol [J]. Fine Chem Intermed, 2006, 36(4): 33-34.
- [4] 杨凤丽, 陆永连, 蔡炳祥. 粉唑醇对草莓白粉病田间防效简报[J]. 中国植保导刊, 2016, 36(3): 72-73.  
Yang FL, Lu YL, Cai BX. Field control effect of fenozolid on powdery mildew of strawberry [J]. Chin Plant Prot, 2016, 36(3): 72-73.
- [5] 于传宗, 徐婧, 吴萍. 粉唑醇在小麦和土壤中的残留量的气相色谱测定方法研究 [J]. 现代农药, 2010, 9(1): 39-41.  
Yu CZ, Xu J, Wu P. Determination of flutriafol residues in soil and wheat by GC [J]. Mod Agrochem, 2010, 9(1): 39-41.
- [6] 仇磊, 刘一平, 刘青, 等. 粉唑醇在小麦田中的残留及消解动态[J]. 农药科学与管理, 2018, 39(6): 35-40.  
Qiu L, Liu YP, Liu Q, *et al.* Residues and degradation dynamics of flutriafol in wheat field [J]. Pestic Sci Admin, 2018, 39(6): 35-40.
- [7] 何进. 25%粉唑醇悬浮剂在烟草及土壤中的残留分析及消解动态研究 [D]. 贵阳: 贵州大学, 2015.  
He J. Study on the residue analysis and dissipation of 25% flutriafol suspending agent in tobacco and soil [D]. Guiyang: Guizhou University, 2015.
- [8] 余革中, 贾春虹, 朱晓丹, 等. 粉唑醇在小麦和土壤中的消解规律[J]. 农药, 2014, 53(2): 116-118.  
Yu PZ, Jia CH, Zhu XD, *et al.* Dissipation dynamics analysis of flutriafol in wheat and soil [J]. Agrochemicals, 2014, 53(2): 116-118.
- [9] Yu PZ, Jia CH, Song WC, *et al.* Dissipation and residues of flutriafol in wheat and soil under field conditions [J]. B Environ Contam Tox, 2012, 89(5): 1040-1045.
- [10] Song YT, Zou Z, Gong Y, *et al.* Dissipation and residues of flutriafol in wheat and soil under field conditions[J]. B Environ Contam Tox, 2012, 89(3): 611-614.
- [11] 王冬兰, 简秋, 宋稳成, 等. 粉唑醇在小麦和土壤中的残留[J]. 江苏农业学报, 2014, 30(2): 423-429.  
Wang DL, Jian Q, Song WC, *et al.* Residues of flutriafol in wheat and soil [J]. Jiangsu J Agric Sci, 2014, 30(2): 423-429.
- [12] NY/T 788-2004 农药残留试验准则[S].  
NY/T 788-2004 Guideline on pesticide residue trials [S].
- [13] 农业部农药检定所. 农药登记残留田间试验标准操作规程[M]. 北京: 中国标准出版社, 2007.  
Ministry of Agriculture Pesticide Testing Institute. Standard operating

procedures on pesticide registration residue field trials [M]. Beijing: Standards Press of China, 2007.

- [14] 食品中农药残留风险评估指南[S].  
Guidelines for risk assessment of pesticide residues in food [S].
- [15] Zhang JM, Chai WG, Wu YL. Residues of chlorantraniliprole in rice field ecosystem [J]. Chemosphere, 2012, 87(2): 132-136.
- [16] 谢荔草, 孙扬, 秦旭, 等. 啮虫脒和仲丁威在水稻、土壤及田水中的残留消解动态[J]. 环境化学, 2013, 32(2): 281-288.  
Xie LC, Sun Y, Qin X, *et al.* Residue and degradation of acetamiprid and fenobucarb in rice, soil and field water [J]. Environ Chem, 2013, 32(2): 281-288.
- [17] 袁烁, 贾临芳, 王姝琼, 等. 固相萃取-气相色谱法分析粉唑醇在设施草莓中的残留与消解[J]. 环境化学, 2014, 33(7): 1239-1240.  
Yuan S, Jia LF, Wang SQ, *et al.* Analysis of residue and dissipation of flutriafol in strawberry by SPE-GC [J]. Environ Chem, 2014, 33(7): 1239-1240.
- [18] 国家环境保护总局. 化学农药环境安全评价试验准则[J]. 农药科学与管理, 1990, (4): 4-9.  
State Environmental Protection Administration. Test guidelines of chemical pesticide environmental safety evaluation [J]. Pestic Sci Admin, 1990, (4): 4-9.
- [19] 霍九春, 孙扬, 徐应明, 等. 水稻、土壤和田水中氟啶脲残留检测与消解动态研究[J]. 安全与环境学报, 2010, 10(6): 13-18.  
Huo JC, Sun Y, Xu YM, *et al.* Residue detection and degradation of chlorflurazuron in rice, soil and field water [J]. J Saf Environ, 2010, 10(6): 13-18.
- [20] 高阳, 徐应明, 秦旭, 等. 戊唑醇和啞菌酯在水稻中的消解动态及累积分配特征[J]. 生态与农村环境学报, 2014, 30(2): 246-251.  
Gao Y, Xu YM, Qin X, *et al.* Dissipation, accumulation and distribution of tebuconazole and azoxystrobin in *Oryza sativa*. [J]. J Ecol Rural Environ, 2014, 30(2): 246-251.
- [21] GB 2763-2016 食品安全国家标准食品中农药最大残留限量[S].  
GB 2763-2016 National food safety standard-Maximum residue limits for pesticides in food [S].
- [22] 张志恒, 汤涛, 徐浩, 等. 果蔬中氯吡脲残留的膳食摄入风险评估[J]. 中国农业科学, 2012, 45(10): 1982-1991.  
Zhang ZH, Tang T, Xu H, *et al.* Dietary intake risk assessment of forchlorfenuron residue in fruits and vegetables [J]. Sci Agric Sin, 2012, 45(10): 1982-1991.

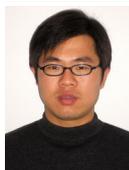
(责任编辑: 韩晓红)

## 作者简介



刘焯潼, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为农产品质量安全检测技术及风险评估研究。

E-mail: liuyetong198363@126.com



陈秋生, 硕士, 副研究员, 主要研究方向为农产品质量安全检测技术及风险评估研究。

E-mail: tjzbscq@126.com