

田间条件下氟唑菌酰胺和吡唑醚菌酯在 芒果上的残留及消解动态

刘艳萍, 王思威, 孙海滨*

(广东省农业科学院 植物保护研究所, 广东省植物保护新技术重点实验室, 广州 510640)

摘要: 为明确氟唑菌酰胺和吡唑醚菌酯在芒果上的残留行为, 于 2012 和 2013 年在中国广东省和广西自治区进行了氟唑菌酰胺和吡唑醚菌酯在芒果上的田间残留及消解动态试验, 建立了芒果中氟唑菌酰胺及吡唑醚菌酯残留量的高效液相色谱检测方法。样品用丙酮提取, 乙酸乙酯液-液分配萃取, 弗罗里硅土柱层析净化, 高效液相色谱-二级管阵列紫外检测器检测, 外标法定量。结果表明: 氟唑菌酰胺和吡唑醚菌酯在芒果上的消解半衰期分别为 7.2~9.1 和 8.0~11.0 d; 采用 42.4% 吡唑醚菌酯·氟唑菌酰胺悬浮剂 (SC), 分别按有效成分 200 和 300 mg/L 的剂量于幼果期开始施药, 施药 3~4 次, 施药间隔期为 10~15 d, 距最后一次施药后 7 和 14 d 采样测定, 芒果中氟唑菌酰胺和吡唑醚菌酯的残留量分别为 0.004~0.053 和 0.004~0.072 mg/kg。其中, 吡唑醚菌酯残留量符合中国制定的最大残留限量 (MRL) 标准 (0.05 mg/kg), 根据试验结果, 建议中国可将氟唑菌酰胺在芒果上的 MRL 值暂定为 0.2 mg/kg。

关键词: 氟唑菌酰胺; 吡唑醚菌酯; 高效液相色谱; 芒果; 残留

中图分类号: TQ450.263; S482.2 文献标志码: A 文章编号: 1008-7303(2016)04-0509-07

Residue and decline dynamics of fluxaproxad and pyraclostrobin in mango under supervised field conditions

LIU Yanping, WANG Siwei, SUN Haibin*

(Institute of Plant Protection, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangdong Provincial Key Laboratory of High Technology for Plant Protection, Guangzhou 510640, China)

Abstract: The residue behaviors of fluxaproxad and pyraclostrobin in mango were investigated. The residue and decline dynamics for field trials of fluxaproxad and pyraclostrobin were designed and conducted in Guangdong and Guangxi during the years of 2012 and 2013. An effective method was developed for the determination of the above two pesticides. The mango samples were extracted by acetone, followed by liquid-liquid-extraction with ethyl acetate and detected with HPLC-PDA (high performance liquid chromatography with photo-diode array). The dissipation and terminal residues of fluxaproxad and pyraclostrobin in mango samples were studied with the above analytical method. The results indicated that the half-lives of fluxaproxad and pyraclostrobin in mango were 7.2-9.1 and 8.0-11.0 d, respectively. The mango trees were sprayed for 3 to 4 times with 10-15 days application interval

收稿日期: 2016-01-25; 录用日期: 2016-04-08.

基金项目: 广东省科技计划项目 (广东省农作物病虫害绿色防控技术研究开发中心建设).

作者简介: 刘艳萍, 女, 博士, 研究员, 主要从事农药残留研究, E-mail: liuliuyyp@tom.com; *孙海滨, 通信作者 (Author for correspondence), 男, 研究员, 主要从事农药残留研究, E-mail: sunhb@gdppri.cn

using 42.4% SC at the dosage 200 and 300 mg/L at the young fruit period. The samples were collected at 7 to 14 days after the last spray. The terminal residues of those two pesticides were 0.004-0.053 mg/kg and 0.004-0.072 mg/kg determined by the above conditions. The residue of pyraclostrobin met the maximum residue limit (MRL, 0.05 mg/kg), according to the trial results. It is suggested that the MRL of fluxaproxad in mango in China should be set as 0.2 mg/kg.

Keywords: fluxaproxad; pyraclostrobin; high performance liquid chromatography; mango; residue

芒果是世界五大水果之一, 被誉为热带水果之王。中国芒果主要种植在海南、广东、广西、福建、四川、云南及台湾等地区^[1]。芒果上的主要病害有炭疽病、白粉病、细菌性黑斑病等, 其中炭疽病一年四季均可发生, 可侵染叶、茎、果, 严重影响芒果的产量和质量^[2]。目前对芒果炭疽病主要采用氟唑菌酰胺和吡唑醚菌酯等化学药剂进行防治。

氟唑菌酰胺 (图式 1) 属于羧酰胺类, 为琥珀酸脱氢酶抑制剂, 兼具防治效果^[3], 农药残留联席会议 (JMPR) 定义其残留物为氟唑菌酰胺^[4]。吡唑醚菌酯 (图式 2) 是甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂, 可防治子囊菌、担子菌、半知菌和卵菌纲真菌引起的炭疽病、白粉病等多种病害^[5], JMPR 定义其残留物为吡唑醚菌酯^[6]。

目前仅有少量关于氟唑菌酰胺残留分析方法的研究报道, 如采用液相色谱法和液相色谱-质谱联用分析其在水果、谷物及蔬菜中的残留^[7-8]。有关吡唑醚菌酯的残留分析方法及残留动态报道较

多^[9-13]。但尚未见采用高效液相色谱方法同时检测氟唑菌酰胺和吡唑醚菌酯在芒果上残留及消解动态的研究报道。

笔者建立了氟唑菌酰胺和吡唑醚菌酯在芒果上残留的高效液相色谱检测方法, 同时研究了 42.4% 吡唑醚菌酯·氟唑菌酰胺悬浮剂在芒果上的消解动态及最终残留, 旨在为该药剂在芒果上的科学合理使用以及制定氟唑菌酰胺在芒果中最大残留限量 (MRL) 提供依据。

1 材料与方法

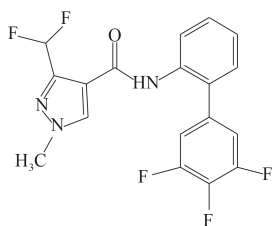
1.1 药剂及主要仪器

99.7% 氟唑菌酰胺 (fluxapyroxad) 标准品和 99.9% 吡唑醚菌酯 (pyraclostrobin) 标准品, 德国 Dr. Ehrenstorfer GmbH 公司; 42.4% 吡唑醚菌酯·氟唑菌酰胺悬浮剂 (SC, 其中吡唑醚菌酯和氟唑菌酰胺的质量分数均为 21.2%), 巴斯夫 (中国) 有限公司; 甲醇、乙酸乙酯、石油醚及无水硫酸钠等试剂均为分析纯; 弗罗里硅土 (层析用, 粒径 150~250 μm)。准确称取 0.025 08 g 氟唑菌酰胺和 0.025 25 g 吡唑醚菌酯标准品于 25 mL 容量瓶中, 用乙腈溶解并定容, 配制成 1 000 mg/L 的混合标准品母液, 备用。

Surveyor 高效液相色谱仪配二极管阵列紫外检测器 (HPLC-PDA), 美国菲尼根有限公司; T18-Basic 高速匀质器, 德国 IKA 公司; 0.45 μm Filter Unit 滤膜, 美国戴安 (DIONEX) 公司; Y-4 水浴恒温振荡器, 江苏金坛金城国胜试验仪器厂; SHZ-III 旋转蒸发器, 无锡星海王生化设备有限公司; N-EVAP24 氮吹仪, 美国 Organomation 仪器有限公司; 3WBD-16 型背负电动式喷雾器, 广州市农友农具制品有限公司。

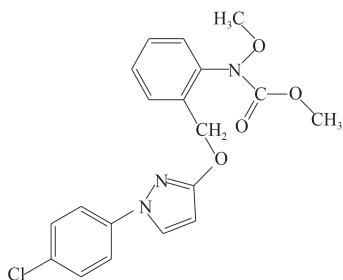
1.2 田间试验

试验分别于 2012 年 5-7 月在中国广东省广州市白云区果树所基地和广西壮族自治区南宁市热带作物研究所基地, 以及 2013 年 5-7 月在广州市



图式 1 氟唑菌酰胺结构式

Scheme 1 Structural formula of fluxaproxad



图式 2 吡唑醚菌酯结构式

Scheme 2 Structural formula of pyraclostrobin

番禺区石楼镇和南宁市热带作物研究所基地进行, 广东、广西的供试芒果品种分别为紫花芒和桂热 82 号。按照《农药残留试验准则》^[14]和《农药登记残留田间试验标准操作规程》^[15], 分别设空白对照区、高剂量处理区、低剂量处理区和消解动态试验区。将 42.4% 吡唑醚菌酯·氟唑菌酰胺悬浮剂按要求对水稀释后, 采用背负电动式喷雾器均匀喷施芒果全株, 至药液开始从叶片滴下为止, 喷液量为 900 L/hm²。

1.2.1 消解动态试验 于芒果生长到成熟个体一半大小时, 用 42.4% 吡唑醚菌酯·氟唑菌酰胺悬浮剂按有效成分 300 mg/L 的剂量喷雾施药 1 次, 分别于施药后当天 (1 h) 及 1、3、7、10、14、21、28、35 d 采样。每次从小区果树的上、中、下部的内、外侧随机采取 12 个芒果, 去核, 计核重后切碎混匀, 四分法留 500 g。每处理小区为 2 株芒果树, 重复 3 次。样品均贮存于 -20 °C 冰箱, 待前处理及分析测定。

1.2.2 最终残留试验 小区按顺序排列, 分别设推荐剂量 (即登记剂量, 低剂量处理区, 有效成分 200 mg/L) 及 1.5 倍推荐剂量 (高剂量处理区, 有效成分 300 mg/L) 2 个处理, 于幼果期开始喷雾施药, 各喷药 3 次和 4 次, 每次施药间隔 10~15 d。每处理小区为 2 株芒果树, 重复 3 次。分别于末次施药后 7 和 14 d, 从果树上、中、下部的内、外侧随机采集芒果样品 24 个。全果样品: 取 12 个芒果, 去核, 计核重后切碎混匀; 果肉样品: 取 12 个芒果, 用水清洗后除去果皮, 将果肉切碎后混匀。留样 250 g, 均贮存于 -20 °C 冰箱, 待前处理及分析测定。

1.3 分析方法

1.3.1 样品提取 芒果全果和果肉: 准确称取 20.0 g (精确到 0.01 g) 样品到具塞三角瓶中, 加入 40 mL 丙酮, 高速匀质 2 min, 振荡 30 min, 用 60 目 (粒径 250 μm) 石英砂作助滤剂抽滤, 残渣再用 40 mL 丙酮匀质, 振荡, 抽滤; 合并滤液, 减压浓缩除去丙酮, 加入 100 mL 蒸馏水和 50 mL 氯化钠饱和溶液, 用 60 mL × 2 次乙酸乙酯萃取; 萃取液经无水硫酸钠脱水后于 40 °C 水浴减压浓缩至少量, 氮气吹干, 加入 10 mL 石油醚, 待柱净化。

1.3.2 样品净化 称取 3 g 弗罗里硅土 (5%) 装柱, 层析柱顶与底端各加 1.5 cm 厚的无水硫酸钠层, 用石油醚预淋洗。用 10 mL 石油醚将上述浓

缩残留物溶解并移入层析柱中, 用 50 mL *V* (石油醚): *V* (乙酸乙酯) = 95 : 5 的混合液淋洗, 弃去淋洗液; 用 80 mL *V* (石油醚): *V* (乙酸乙酯) = 1 : 1 的混合液洗脱; 收集洗脱液, 减压浓缩至少量, 氮气吹干, 用甲醇定容至 2 mL, 过 0.45 μm 滤膜, 供 HPLC-PDA 测定。

1.3.3 HPLC 检测条件 Thermo BetaBasic-18 色谱柱 (4.6 mm × 250 mm, 5 μm); 柱箱温度 30 °C; 流动相: *V* (乙腈): *V* (水) = 65 : 35, 流速 0.5 mL/min; 检测波长 275 nm, 进样体积 10 μL。在此条件下, 吡唑醚菌酯和氟唑菌酰胺的保留时间分别为 15.1 和 24.2 min。

1.3.4 标准曲线绘制 准确量取 1 000 mg/L 的氟唑菌酰胺和吡唑醚菌酯混合标准品母液, 用乙腈逐级稀释, 配制成氟唑菌酰胺和吡唑醚菌酯质量浓度均分别为 5、2.5、1、0.1 和 0.01 mg/L 的混合标准溶液, 按 1.3.3 节条件测定, 外标法定量, 以进样质量浓度 (*x*) 为横坐标, 相应的峰面积 (*y*) 为纵坐标, 绘制标准曲线。

1.3.5 添加回收试验 准确称取空白芒果 (全果、果肉) 样品, 进行 0.01、0.1 和 1 mg/kg 3 个水平氟唑菌酰胺和吡唑醚菌酯的添加回收试验, 每浓度 5 次重复。按 1.3.1 至 1.3.3 节的方法及条件进行提取、净化和测定, 计算平均回收率和相对标准偏差 (RSD)。

2 结果与分析

2.1 方法的线性范围及检出限

结果表明: 在 0.01~5 mg/L 范围内, 峰面积 (*y*) 与药剂进样质量浓度 (*x*) 间具有良好的线性相关性。其中, 氟唑菌酰胺的线性回归方程为: $y = 782\,122x - 120\,979$, $r = 0.995\,3$; 吡唑醚菌酯的线性回归方程为: $y = 2 \times 10^6 x + 300\,295$, $r = 0.998\,3$ 。定量限 (LOQ) 均为 0.01 mg/kg。

2.2 方法的准确度和精密度

测定结果表明: 当添加水平在 0.01~1 mg/kg 范围内时, 氟唑菌酰胺在芒果果肉和全果中的平均回收率分别为 85%~87% 和 83%~87%, RSD 分别为 2.7%~4.9% 和 2.0%~4.3%; 吡唑醚菌酯在芒果果肉和全果中的平均回收率分别为 85%~87% 和 85%~86%, RSD 分别为 3.4%~5.3% 和 3.5%~3.7%。结果均符合残留分析要求。

2.3 氟唑菌酰胺和吡唑醚菌酯在芒果中的消解动态

氟唑菌酰胺在芒果中的消解动态结果见表 1 和图 1。其消解动态符合一级动力学方程，呈先快后慢并逐渐趋于平缓的趋势。2012 和 2013 年，广东试验点芒果中氟唑菌酰胺的原始沉积量分别为

0.13 和 0.15 mg/kg，第 7 天时其消解率分别为 64.4% 和 54.1%，到第 14 天时消解率分别达 85.6% 和 64.9%，半衰期分别为 7.2 和 9.1 d；广西试验点两年的原始沉积量均为 0.14 mg/kg，第 7 天时消解率分别为 27.8% 和 66.2%，到第 14 天时消解率分别达 45.1% 和 69.8%，半衰期分别为 8.4 和 8.3 d。

表 1 氟唑菌酰胺在芒果中的消解动力学参数

Table 1 Kinetic equation parameters of fluxaproxad in mango

试验地点 Location	年份 Year	原始沉积量 Original residue/(mg/kg)	消解动力学方程 Degradation dynamics equation	相关系数 Correlation coefficient, <i>r</i>	半衰期 Half-life /d
广东 Guangdong	2012	0.13	$c_t = 0.101\ 1e^{-0.096\ 3t}$	-0.982 2	7.2
	2013	0.15	$c_t = 0.141\ 6e^{-0.107\ 6t}$	-0.988 4	9.1
广西 Guangxi	2012	0.14	$c_t = 0.161\ 8e^{-0.082\ 2t}$	-0.970 0	8.4
	2013	0.14	$c_t = 0.123\ 7e^{-0.083\ 9t}$	-0.981 9	8.3

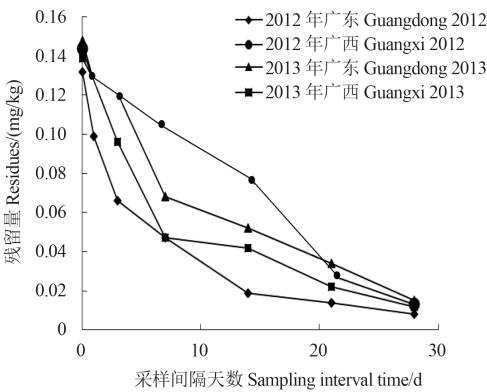


图 1 氟唑菌酰胺在芒果上的残留消解曲线

Fig. 1 Decline curve of fluxaproxad in mango

吡唑醚菌酯在芒果上的消解动态结果见表 2 和图 2。其在芒果上的消解符合一级动力学方程，呈先快后慢并逐渐趋于平缓的趋势。2012 和 2013 年，广东试验点芒果中吡唑醚菌酯的原始沉积量分别为 0.12 和 0.16 mg/kg，第 7 天时其消解率分别为 69.8% 和 55.8%，到第 14 天时消解率分别达 80.7% 和 58.3%，半衰期分别为 8.0 和 8.7 d；广西试验点两年的原始沉积量分别为 0.15

和 0.16 mg/kg，第 7 天时消解率分别为 25.5% 和 52.9%，到第 14 天时消解率分别达 47.1% 和 69.1%，半衰期分别为 11.0 和 9.3 d。

两地的消解速率存在差异，分析可能与不同地区芒果品种、种植密度以及试验期间温度等气候条件不同有关。两地总的消解趋势表明，氟唑菌酰胺和吡唑醚菌酯在芒果上消解速率均较快，属于易降解性农药 ($t_{1/2} < 30\text{ d}$)。

2.4 氟唑菌酰胺和吡唑醚菌酯最终残留量

结果 (表 3) 表明：42.4% 吡唑醚菌酯·氟唑菌酰胺悬浮剂分别按有效成分 200 mg/L (其中吡唑醚菌酯和氟唑菌酰胺各 100 mg/L) 和 300 mg/L (两种成分各 150 mg/L) 的剂量喷施 3~4 次，距末次施药后 7 和 14 d 采样测定，芒果果肉中氟唑菌酰胺的残留量均 $< 0.01\text{ mg/kg}$ ，全果中的残留量为 0.004~0.053 mg/kg，果肉中吡唑醚菌酯的残留量均 $< 0.01\text{ mg/kg}$ ，全果中的残留量为 0.004~0.072 mg/kg。

施药后 7 和 14 d 时，芒果果肉占全果的比例约为 60%~75%，而全果中农药的残留量约为果肉

表 2 吡唑醚菌酯在芒果中的消解动力学参数

Table 2 Kinetic equation parameters of pyraclostrobin in mango

试验地点 Location	年份 Year	原始沉积量 Original residue/(mg/kg)	消解动力学方程 Decline dynamics equation	相关系数 Correlation coefficient <i>r</i>	半衰期 Half life /d
广东 Guangdong	2012	0.12	$c_t = 0.087\ 6e^{-0.086\ 8t}$	-0.976 5	8.0
	2013	0.16	$c_t = 0.156\ 5e^{-0.080\ 0t}$	-0.973 1	8.7
广西 Guangxi	2012	0.15	$c_t = 0.163\ 4e^{-0.077\ 3t}$	-0.981 6	11.0
	2013	0.12	$c_t = 0.116\ 3e^{-0.074\ 6t}$	-0.991 4	9.3

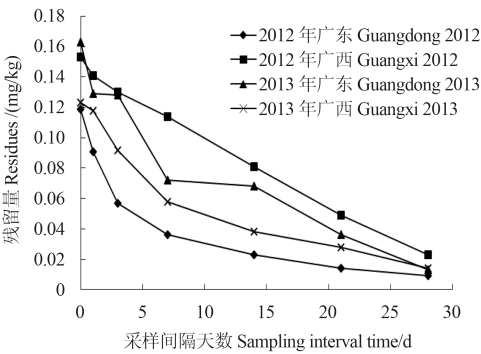


图 2 吡唑醚菌酯在芒果上的残留消解曲线
Fig. 2 Decline curve of pyraclostrobin in mango

中残留量的 1~7 倍，表明氟唑菌酰胺和吡唑醚菌酯主要残存在果皮上。这可能是由于氟唑菌酰胺和吡唑醚菌酯均为亲脂性农药，易于附着在含腊质的果皮上。两者的正辛醇-水分配系数 (Kow) 分别为：3.13 (pH 7) ^[4] 和 4.18 (pH 6.5) ^[16]。

中国^[17]、国际食品法典委员会 (CAC)^[18]和欧盟^[19]制定的吡唑醚菌酯在芒果上的 MRL 值均为 0.05 mg/kg。本试验表明：当采收间隔期为 7 d、吡唑醚菌酯用量为 150 mg/L、施药 4 次时，芒果中吡唑醚菌酯的残留量超过了 0.05 mg/kg。因此，在芒果采收期使用吡唑醚菌酯，其用量不宜超过

100 mg/L，且每季使用次数以不超过 3 次为宜。

本试验是按照中国的 GAP 条件进行的。由于 CAC 是基于各国 GAP 条件下的残留试验结果而制定农药 MRL 标准的，因此笔者重点就中国和 CAC 依据的 GAP 条件及相关信息进行了比较分析。CAC 规定吡唑醚菌酯的 GAP 条件是[施药剂量 (有效成分) 0.1 kg/hm²，施药 2 次，安全间隔期 (PHI) 7 d]。本研究按有效成分 0.225~0.45 kg/hm² 剂量施用 3 次下的残留试验结果表明，当采收间隔期为 0 和 7 d 时，芒果中吡唑醚菌酯的残留量均 < 0.05 mg/kg^[20]。综合比较中国和 CAC 制定限量时依据的施药剂量、施药次数、施药方式、收获间隔期及试验结果，假设按 900 L/hm² 对水量施药，本试验中吡唑醚菌酯的使用剂量 (有效成分) 为 0.09~0.135 kg/hm²，低于 CAC 的试验剂量，施用次数 3~4 次，采收间隔期为 7 和 14 d，长于 CAC 的间隔时间，但本试验的残留量数据却高于 CAC 的数据，分析其原因可能主要与芒果品种、种植密度以及试验期间温度等气候条件有关。

目前中国和 CAC 均未制定氟唑菌酰胺在芒果上的 MRL 标准，巴西规定氟唑菌酰胺在芒果上的 MRL 值为 0.5 mg/kg^[21]。

表 3 氟唑菌酰胺和吡唑醚菌酯在芒果中的最终残留量
Table 3 Terminal residues of fluxaproxad and pyraclostrobin in mango

农药 Pesticide	时间、地点 Time and location	施药剂量 Applying dosage/ (mg/L)	施药次数 Times	残留量 Residues/(mg/kg)			
				7 d		14 d	
				全果 Whole fruit	果肉 Flesh	全果 Whole fruit	果肉 Flesh
氟唑菌酰胺 fluxaroxad	2012—2013, 广东 Guangdong	100	3	0.012~0.031	<0.01	0.005~0.013	<0.01
			4	0.014~0.039	<0.01	0.004~0.012	<0.01
		150	3	0.014~0.042	<0.01	0.006~0.015	<0.01
			4	0.015~0.039	<0.01	0.004~0.010	<0.01
	2012—2013, 广西 Guangxi	100	3	0.018~0.040	<0.01	0.005~0.014	<0.01
			4	0.015~0.043	<0.01	0.006~0.012	<0.01
		150	3	0.026~0.053	<0.01	0.008~0.018	<0.01
			4	0.022~0.053	<0.01	0.008~0.017	<0.01
吡唑醚菌酯 pyraclostrobin	2012—2013 广东 Guangdong	100	3	0.010~0.030	<0.01	0.004~0.012	<0.01
			4	0.011~0.039	<0.01	0.004~0.016	<0.01
		150	3	0.013~0.048	<0.01	0.007~0.016	<0.01
			4	0.008~0.039	<0.01	0.004~0.013	<0.01
	2012—2013, 广西 Guangxi	100	3	0.015~0.042	<0.01	0.007~0.015	<0.01
			4	0.017~0.051	<0.01	0.005~0.014	<0.01
		150	3	0.027~0.072	<0.01	0.010~0.027	<0.01
			4	0.026~0.062	<0.01	0.005~0.019	<0.01

3 结论与讨论

本研究测得氟唑菌酰胺在芒果上的消解半衰期为 7.2~9.1 d, 吡唑醚菌酯为 8.0~11.0 d。其中, 吡唑醚菌酯的消解半衰期低于其在苹果上的半衰期 (15.4~16.5 d)^[7], 高于在人参根、茎、叶^[11]和烟叶^[12]中的半衰期 (6.35~8.36 和 3.1~9.5 d), 这可能与作物种类不同, 因此其生长稀释作用也不同有关。

目前 CAC 及中国尚未制定氟唑菌酰胺在芒果上的 MRL 值, 欧盟制定的其在芒果上的 MRL 值为 0.01 mg/kg, 巴西为 0.5 mg/kg。FAO/WHO 农药残留联席会议 (JMPR) 制定的氟唑菌酰胺的 ADI 值为 0.02 mg/kg bw。根据公式: 理论最大日摄入量 (TMDI) = ADI × 体重 (63 kg), 参照中国膳食结构中每日水果的消费量约为 457 g^[16], 根据理论 MRL = TMDI/水果消费量, 计算得氟唑菌酰胺的 TMDI 和理论 MRL 值分别为 1.26 和 2.8 mg/kg。

本研究表明: 42.4% 吡唑醚菌酯·氟唑菌酰胺悬浮剂以推荐剂量 (有效成分 200 mg/L, 其中两种成分各 100 mg/L) 施药 3 次, 末次施药至芒果收获间隔期为 7 d 时, 芒果中氟唑菌酰胺和吡唑醚菌酯的残留量分别为 0.012~0.040 和 0.010~0.042 mg/kg; 间隔期为 14 d 时, 两者残留量分别为 0.005~0.014 和 0.004~0.015 mg/kg。其中, 吡唑醚菌酯的残留量低于中国和 CAC 制定的 MRL 值 (0.05 mg/kg), 符合中国现有的残留限量标准; 氟唑菌酰胺的残留量低于巴西制定的 MRL 值 (0.5 mg/kg)。根据试验结果, 推荐中国可将氟唑菌酰胺在芒果上的 MRL 值暂定为 0.2 mg/kg。但对拟出口欧盟的芒果生产基地, 建议氟唑菌酰胺的施用剂量以不超过 100 mg/L 为宜, 且采收间隔期应在 14 d 以上。

参考文献(Reference):

- [1] 李日旺, 黄国弟, 苏美花, 等. 我国芒果产业现状与发展策略[J]. 南方农业学报, 2013, 44(5): 875-878.
- LI R W, HUANG G D, SU M H, et al. Status and developmental strategies of mango industry in China[J]. J Southern Agric, 2013, 44(5): 875-878.
- [2] 张鲁斌, 常金梅, 詹儒林. 芒果采后病害生物防治研究进展[J]. 热带作物学报, 2010, 31(8): 1427-1432.
- ZHANG L B, CHANG J M, ZHAN R L. Advances in biocontrol to the diseases of postharvest mango[J]. Chin J Trop Crops, 2010, 31(8): 1427-1432.
- [3] 仇是胜, 柏亚罗. 琥珀酸脱氢酶抑制剂类杀菌剂的研发进展(I)[J]. 现代农药, 2014, 13(6): 1-7.
- QIU S S, BAI Y L. Progress on research and development of succinate dehydrogenase inhibitor fungicides (I) [J]. Modern Agrochem, 2014, 13(6): 1-7.
- [4] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Fluxapyroxad[DB/OL].[2016-01-06]. http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Report12/Fluxapyroxad.pdf.
- [5] 杨丽娟, 柏亚罗. 甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂——吡唑醚菌酯[J]. 现代农药, 2012, 11(4): 46-50.
- YANG L J, BAI Y L. Strobilurin fungicide—pyraclostrobin[J]. Modern Agrochem, 2012, 11(4): 46-50.
- [6] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Pyraclostrobin[DB/OL].[2016-01-06]. http://www.fao.org/c3pr90ntcsf0/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Report11/Pyraclostrobin.pdf.
- [7] DONG F S, CHEN X, LIU X G, et al. Simultaneous determination of five pyrazole fungicides in cereals, vegetables and fruits using liquid chromatography/tandem mass spectrometry[J]. Journal of Chromatography A, 2012, 1262: 98-106.
- [8] 刘磊, 邵辉, 李辉, 等. 固相萃取-高效液相色谱法测定草莓中氟唑菌酰胺残留量[J]. 农药, 2014, 53(11): 818-820.
- LIU L, SHAO H, LI H, et al. Determination of fluxapyroxad residues in strawberry by HPLC with solid phase extraction[J]. Agrochemicals, 2014, 53(11): 818-820.
- [9] 石凯威, 郑尊涛, 马成, 等. 吡唑醚菌酯在苹果和土壤中的消解及安全性评价[J]. 农药, 2015, 54(1): 45-47.
- SHI K W, ZHENG Z T, MA C, et al. Dissipation and safety evaluation of pyraclostrobin in apple and soil[J]. Agrochemicals, 2015, 54(1): 45-47.
- [10] 汤永娇, 袁宏球, 朱珠, 等. 超高效液相色谱法测定芒果中啉唑菌胺和吡唑醚菌酯[J]. 食品科学, 2014, 35(20): 175-179.
- TANG Y J, YUAN H Q, ZHU Z, et al. Determination of boscalid and pyraclostrobin in mango by ultra performance liquid chromatography[J]. Food Sci, 2014, 35(20): 175-179.
- [11] 王燕, 王春伟, 高洁, 等. 高效液相色谱-串联质谱法研究吡唑醚菌酯在人参根、茎、叶和土壤中的残留动态及最终残留量[J]. 华南农业大学学报, 2014, 35(3): 69-73.
- WANG Y, WANG C W, GAO J, et al. Determination of residual dynamics and final residues of pyraclostrobin in the ginseng root, stem, leaf and soil by HPLC-MS/MS[J]. J South China Agric Univ, 2014, 35(3): 69-73.
- [12] 闫晓阳, 徐金丽, 徐光军, 等. 高效液相色谱法检测吡唑醚菌酯在烟叶和土壤中的残留及消解动态[J]. 农药学报, 2013, 15(5): 528-

- 533.
- YAN X Y, XU J L, XU G J, et al. Residue and dissipation of pyraclostrobin by high performance liquid chromatography in tobacco and soil[J]. Chin J Pestic Sci, 2013, 15(5): 528-533.
- [13] 赵方方, 谢德芳, 吕岱竹. 香蕉及土壤中吡唑醚菌酯残留的高效液相色谱分析[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2016, 44(1): 97-101.
- ZHAO F F, XIE D F, LV D Z. Determination of residual pyraclostrobin in banana and soil by HPLC[J]. J Northwest A & F Univ (Nat Sci Ed), 2016, 44(1): 97-101.
- [14] 农药残留试验准则: NY/T 788—2004[S]. 北京: 中国农业出版社, 2004-04-16.
- Guideline on pesticide residue trials: NY/T 788—2004 [S]. Beijing: China Agriculture Press, 2004-04-16.
- [15] 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: 143-147, 320-324.
- ICAMA, Institute for the Control of Agrochemicals, MOA. Standard operating procedure on pesticide registration residue field trials[M]. Beijing: China Standard Press, 2007: 143-147, 320-324.
- [16] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Pesticide residues in food-2003[DB/OL]. [2016-01-06]. http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Reports_1991-2006/Report_2003.pdf.
- [17] 食品中农药最大残留限量: GB 2763—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014-03-20.
- National food safety standard-maximum residue limits for pesticides in food: GB 2763—2014[S]. Beijing: China Standard Press, 2014-03-20.
- [18] 国际食品法典委员会(CAC)最大残留限量查询网站[DB/OL]. (2016-01-06). <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/standards/pestres/en/>.
- Codex Alimentarius Commission International Food Standards [DB/OL]. (2016-01-06). <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/standards/pestres/en/>.
- [19] 欧盟最大残留限量查询网站[DB/OL]. (2016-01-06). http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm?event=activesubstance.selection.
- European Commission>Food Safety>Plants>Pesticides>eu-pesticides-database-redirect[DB/OL]. (2016-01-06). http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm?event=activesubstance.selection.
- [20] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Pyraclostrobin[DB/OL]. [2016-01-06]. http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Evaluation04/Pyraclostrobinaf.pdf.
- [21] 巴西最大残留限量查询网站[DB/OL]. [2016-01-06]. <http://www.anvisa.gov.br>.
- Agência Nacional de Vigilância Sanitária[DB/OL]. [2016-01-06]. <http://www.anvisa.gov.br>.

(责任编辑: 唐静)