

33% 氯氟·吡虫啉悬浮剂在柑橘中的残留动态与膳食风险评估

Residual dynamics and dietary risk assessment of 33% λ -cyhalothrin-imidacloprid suspension in citrus fruits

龚方圆^{1,2}

王成秋^{1,2,3,4}

焦必宁^{1,2,3,4}

GONG Fang-yuan^{1,2} WANG Cheng-qiu^{1,2,3,4} JIAO Bi-ning^{1,2,3,4}

张耀海^{1,2,3,4}

赵其阳^{1,2,3,4}

安 姣^{1,2}

ZHANG Yao-hai^{1,2,3,4} ZHAO Qi-yang^{1,2,3,4} AN Jiao^{1,2}

(1. 中国农业科学院柑桔研究所, 重庆 400712; 2. 西南大学柑桔研究所, 重庆 400712;

3. 农业农村部柑桔产品质量安全风险评估实验室, 重庆 400712;

4. 国家柑桔工程技术研究中心, 重庆 400712)

(1. Citrus Research Institute, Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 400712, China; 2. Citrus Research Institute, Southwest University, Chongqing 400712, China; 3. Laboratory of Risk Assessment for Citrus Quality and Safety, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Chongqing 400712, China;

4. National Center for Citrus Engineering, Chongqing 400712, China)

摘要:采用 QuEChERS 前处理技术结合超高效液相色谱—串联质谱仪(UPLC-MS/MS)同时检测柑橘中 33% 氯氟·吡虫啉悬浮剂 2 种有效成分(高效氯氟氰菊酯和吡虫啉)的残留,并对该复配农药在柑橘田间残试验中的残留消解动态规律进行了研究。试验结果表明:2 种有效成分在柑橘全果上的消解规律均符合一级动力学关系,拟合优度 $r=0.956\ 0\sim0.992\ 3$, 高效氯氟氰菊酯、吡虫啉半衰期分别为 8.2~9.8, 5.5~7.6 d, 最终降解率均在 92% 以上;最终残留量表明,最终残留量与施药剂量、施药次数及采收间隔期呈正相关;2 种有效成分的残留主要分布于果皮,其次为全果和果肉;距末次施药 28 d 后,柑橘全果中吡虫啉和高效氯氟氰菊酯的残留量均低于国家标准(GB 2763—2016)中规定的 MRL 值,膳食风险评估结果表明,其残留对 6 类典型人群的风险均在人体可接受范

围内。因此建议 33% 氯氟·吡虫啉悬浮剂以 1 000 倍稀释液(330 mg/kg)施药,1 个柑橘生产周期最多施药 2 次,施药间隔期 10 d,采收安全间隔期为 28 d 对柑橘种植进行技术指导。

关键词:柑橘;高效氯氟氰菊酯;吡虫啉;超高效液相色谱—串联质谱;残留;降解

Abstract: In this study, QuEChERS technology combined with UPLC-MS/MS was used to detect the active ingredients of 33% λ -cyhalothrin-imidacloprid suspension in citrus. Residue and degradation dynamics of the compound in citrus field residue test was studied for the first time. The residual digestion of λ -cyhalothrin and imidacloprid on whole fruit of citrus accorded with the first-order kinetic relationship, and correlation coefficient was 0.956 0~0.992 3. The half-lives of imidacloprid are 5.5~7.6 d while λ -cyhalothrin are 8.2~9.8 d, final degradation rate is above 92%. The terminal residues indicated that the amounts of final residues was positively correlated with the dosage, the number of application and the interval of harvesting. The residues of the two were mainly distributed in peel, followed by whole fruit and pulp. About 28 days later after the last application, the residues of imidacloprid and λ -cyhalothrin in fruits was lower than the MRL value specified in GB 2763—2016, and dietary risk assessment showed that risks of residues were acceptable. Therefore, it is recommended that 33% imidacloprid- λ -cyhalothrin suspension

基金项目:2018 年柑橘及热带作物产品质量安全风险评估专项(编号:GJFP2018004);国家现代农业(柑橘)产业技术体系质量与安全营养品质评价(编号:CARS-26);重庆市科技计划专项(编号:cstc2017shms-kjfp80001)

作者简介:龚方圆,女,西南大学在读硕士研究生。

通信作者:王成秋(1966—),男,西南大学副研究员,硕士。

E-mail: wangchengqiu@cric.cn

焦必宁(1964—),男,西南大学研究员。

E-mail: jiaobining@cric.cn

收稿日期:2019-01-22

should be applied in 1 000-fold dilution (330 mg/kg) and can be applied up to 2 times in one citrus production cycle with 10-days application interval and 28-days harvest interval.

Keywords: citrus; λ -cyhalothrin; imidacloprid; UPLC-MS/MS; residue; degradation

高效氯氟氰菊酯(λ -cyhalothrin)是目前拟除虫菊酯中杀虫活性最高的品种之一;吡虫啉(Imidacloprid)是全球用量最大、具有特殊杀虫机制的烟碱类杀虫剂。2 种药剂作为柑橘生产中的常用杀虫剂,应用十分广泛,但如果长期单一使用易形成抗性。研究^[1]表明,2 种农药复配使用具有增效作用,能较好延缓抗性发生,并可有效减少使用剂量和次数以降低农药残留超标的风险。目前,国内外研究主要集中于高效氯氟氰菊酯在果蔬中的残留动态消解^[2-3]和微生物降解^[4]以及吡虫啉在果蔬中的残留消解动态^[5-6]方面,单剂或复配农药在柑橘中的残留及消解动态研究鲜见报道^[7-8],且已有结果因农药剂型、柑橘品种等差异无法直接采用进而对柑橘种植进行合理指导。此外,高效氯氟氰菊酯与吡虫啉虽毒性较低,但若超剂量使用或不按安全间隔期采收仍会在果实中存在残留,危害人体健康,故有必要对其可能产生的膳食摄入风险进行评估。

本研究拟采用 QuEChERS 前处理技术结合超高效液相色谱—串联质谱仪(UPLC-MS/MS)同时检测柑橘中高效氯氟氰菊酯和吡虫啉的残留,对 33%氯氟·吡虫啉悬浮剂在 2 年(2016~2017 年)3 地(中国重庆、湖南和广西)柑橘田残试验的残留消解动态规律进行研究,并就试验结果对 6 类典型人群进行膳食风险评估,以期对合理、安全使用 33%氯氟·吡虫啉悬浮剂提供可行的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试农药

33%氯氟·吡虫啉悬浮剂:市售。

1.1.2 供试作物

温州蜜柑:宫川,产地中国重庆、湖南和广西。

1.1.3 试剂及标准品

高效氯氟氰菊酯、吡虫啉标准品:纯度 99.0%,德国 Dr.Ehrenstorfer GmbH 公司;

乙酸铵:分析纯,成都市科龙化工试剂厂;

乙腈、甲醇:色谱纯,德国 CNW Technologies GmbH 公司;

无水硫酸镁、氯化钠:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

甲酸、乙酸:分析纯,重庆川东化工有限公司;

乙二胺-*N*-丙基硅烷(PSA)、超纯反相 C_{18} 填料:加拿

大 SiliCycle 公司;

石墨化碳黑(GCB):德国 CNW Technologies GmbH 公司。

1.1.4 仪器设备

超高效液相色谱—串联质谱仪:Agilent 1290-6495 型,美国 Agilent 公司;

超纯水仪:Milli-Q A10 型,美国 Millipore 公司;

多用途离心机:CL31/CL31 型,美国 Thermo Fisher 公司;

数控超声波清洗器:KQ5200DE 型,昆山市超声仪器有限公司;

电子天平:PB3002-S/FACT 型,瑞士 Mettler Toledo 公司。

1.2 试验方法

1.2.1 田间试验设计 试验于 2016~2017 年在中国重庆北碚、湖南张家界、广西崇左 3 地进行,试验设计参照《农药残留试验准则》^[9]。残留动态试验施药剂量为 495 mg/kg (以 1.5 倍推荐剂量作为消解动态试验的施药量),施药 1 次,施药后 2 h 和 1,3,7,10,14,21,30,45 d 分别采集样品测定;最终残留试验根据推荐剂量,以 33%氯氟·吡虫啉悬浮剂的 1 000 倍稀释液(330 mg/kg)为低剂量、500 倍稀释液(495 mg/kg)为高剂量喷施 2 和 3 次,施药间隔期 10 d,各处理组设 3 个重复,自最后一次喷药当天起间隔 21,28,35 d 采集样品测定。试验期间天气以晴或多云为主,部分地区存在阵雨或中到小雨,大风天或预计 1 h 内降雨延后施药。

1.2.2 前处理方法 参照文献^[10]并略作修改。准确称取 5 g 已匀浆的柑橘全果、果肉、果皮样品(果皮样品预先加入 2.5 mL 水),置于 50 mL 离心管中,加入 10 mL 1% 乙酸—乙腈,超声波提取 25 min,加入 2.0 g 无水 $MgSO_4$ 和 0.5 g NaCl,剧烈振荡 1 min,以 10 000 r/min 离心 5 min。移取 2 mL 上清液于已加入 50 mg PSA 的 4 mL 离心管中,涡旋振荡处理 1 min 后以 3 000 r/min 离心 5 min,移取上清液经有机滤膜(0.22 μm)过滤,待测。

1.2.3 仪器检测条件

(1) 超高效液相色谱条件:Agilent ecipes plus C_{18} 液相色谱柱(2.1 mm $\times$ 50 mm,1.8 μm);柱温 40 $^{\circ}C$;进样量 3 μL ;流速 0.3 mL/min;流动相(A)为 0.1% 甲酸水溶液(5 mmol/L 乙酸铵),流动相(B)为甲醇,梯度洗脱 6 min,其中,0~2 min, $V_A:V_B$ (流动相 A 与流动相 B 的体积比)为 9:1;2~6 min, $V_A:V_B$ 为 1:9。

(2) 质谱条件:采用电喷雾离子源正离子模式(ESI+)扫描方式和多反应离子监测模式(MRM);干燥气流速 14 L/min,干燥气温度 250 $^{\circ}C$;氮气压力 206.84 kPa;鞘气流速 12 L/min,鞘气温度 375 $^{\circ}C$;保留时间、检测离子、驻留时间、锥孔电压及碰撞能量参数见表 1。

表 1 高效氯氟氰菊酯、吡虫啉各检测参数[†]

Table 1 Values of retention time,detection ions,dwell time,cone voltageand collision energy of λ-cyhalothrin and Imidacloprid

分析物	保留时间/min	母离子(<i>m/z</i>)	子离子(<i>m/z</i>)	驻留时间/ms	锥孔电压/V	碰撞能量/eV
高效氯氟氰菊酯	3.500	467.2	224.9	25	380	16
			141.0 *	25	380	50
吡虫啉	1.940	256.0	208.9	25	380	12
			175.0 *	25	380	12

[†] * 定量离子。

1.3 膳食暴露及风险评估

膳食暴露及风险评估^[11]主要用来评价日常生活中可能接触的暴露途径和剂量,明确可能遭受危害的敏感人群及实际和预期暴露的剂量水平。本研究仅以柑橘为单一农药残留的暴露途径,基于残留试验所得数据进行慢性摄入风险评估。慢性摄入风险采用风险商(RQ)按式(1)、(2)计算:

$$EDI = \frac{STMR \times F}{bw}, \quad (1)$$

$$RQ = \frac{EDI}{ADI}, \quad (2)$$

式中:

EDI——日估算摄入量,mg/(kg BW·d);

STMR——农产品规范试验残留中值,mg/kg;

F——农产品消耗量,kg/d;

bw——某一人群平均体重,kg;

ADI——日允许摄入量,mg/(kg BW·d)。

当RQ≤1时,表示存在的慢性风险在可接受范围内;当RQ>1时,表示存在不可接受的慢性风险。RQ值越小,风险越小,反之则越大。不同性别及年龄人群的体重水平和水果消耗量采用文献[11]发布的数据。

1.4 数据处理

使用Origin 9.1 进行数据处理,试验数据结果采用指数回归方程进行拟合。消解半衰期T_{1/2}按式(3)、(4)计算:

$$C_t = C_o \times e^{-kt}, \quad (3)$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}, \quad (4)$$

式中:

C_t——时间为t时果实中农药残留量,mg/kg;

C_o——果实中农药初始残留量,mg/kg;

t——采样时间,d;

k——消解速率常数;

T_{1/2}——消解半衰期,d。

2 结果与分析

2.1 方法的准确度、精密度和检出限

在优化后的分析条件下,高效氯氟氰菊酯和吡虫啉在

不同基质中的检出限(LOD)为0.000 8~0.002 0 mg/kg,定量限(LOQ)为0.002~0.005 mg/kg,在0.2~2 000.0 μg/L时,峰面积与浓度间呈良好线性关系。取柑橘的空白样品进行回收率试验,高效氯氟氰菊酯和吡虫啉,添加水平为0.01,0.10,1.00,2.00 mg/kg,每个水平设置5个重复,同时做空白对照,采用空白提取液配制的基质标样进行定量。试验结果表明:高效氯氟氰菊酯的回收率范围为93.1%~107.0%,相对标准偏差为1.9%~7.9%,吡虫啉的回收率范围为85.2%~101.7%,相对标准偏差为1.9%~7.6%。方法精密度和准确度均符合农药残留分析的要求。

2.2 残留动态试验

2.2.1 高效氯氟氰菊酯和吡虫啉的残留消解动态 柑橘果实中的残留消解动态见图1,施药2 h后,高效氯氟氰菊酯和吡虫啉初始沉积量分别为0.190~0.380,1.209~1.481 mg/kg,之后残留量逐渐减少。消解规律均符合一级动力学关系,动力学方程、拟合优度、半衰期等见表2。施药45 d后,高效氯氟氰菊酯和吡虫啉最终降解率均在92%以上。各地区的气候因素可能是造成残留量及消解率差异的主要原因,如2017年重庆、湖南高效氯氟氰菊酯的初始残留量约为2016年的2倍,可能是试验前期两地阵雨天气较频繁,雨水的冲刷作用极大地降低了高效氯氟氰菊酯的残留量,而吡虫啉因具有内吸性受到的影响较小。

目前,国内外关于高效氯氟氰菊酯、吡虫啉单剂在柑橘中的残留动态规律研究暂未见报道,其复配剂在柑橘中的残留动态规律研究有少量报道;Kofi^[7]研究显示高效氯氟氰菊酯在柑橘中的半衰期为1~2 d;崔幸幸等^[8]研究表明吡虫啉在柑橘中的半衰期为3.38 d。已有研究中剂型、柑橘品种等存在差异,且复配剂之间的相互作用或地区环境之间的差异也可能会造成两者半衰期的差别,故无法对两者的结果进行深入比较。因此,本研究的试验结果填补了高效氯氟氰菊酯和吡虫啉单剂或复配剂在柑橘中的残留动态研究方面的空白,是对该类药剂在农业种植方面合理安全使用技术的一个补充和延伸。

2.2.2 最终残留试验 表3表明:高效氯氟氰菊酯和吡虫啉在柑橘中的最终残留量与施药剂量、施药次数及采

收间隔呈正相关。这与 Sun 等^[12]研究的螺螨酯在柑橘上的最终残留规律及 Chen 等^[13-14]研究的 2,4-D 与氯吡啶在柑橘上的最终残留规律一致。两种有效成分在柑橘中的残留量总体呈:果皮>全果>果肉,大部分仍旧存留在果皮中,这可能是残留物在表皮变干燥并以附着物的形式存于果皮表面或者结合到柑橘皮外部的蜡质物质中积聚起来导致的^[12],此外渗透作用^[15]和酶促变化^[16]可能致使少量高效氯氟氰菊酯与吡虫啉进入到果肉中。距

末次施药 28 d 后,所有处理组柑橘全果中吡虫啉和高效氯氟氰菊酯的残留量均低于国家标准(GB 2763—2016)中规定的 MRL 值,中国农药信息网的已登记的数据显示^[17-18]:高效氯氟氰菊酯单剂在柑橘上的采收安全间隔期为 21 d、吡虫啉在柑橘上的单剂的采收安全间隔期为 14 d。与单剂相比,吡虫啉与高效氯氟氰菊酯复配后安全间隔期有一定程度延长,表明复配可以延长药剂的持效期,这对于柑橘的农业生产具有一定指导意义。

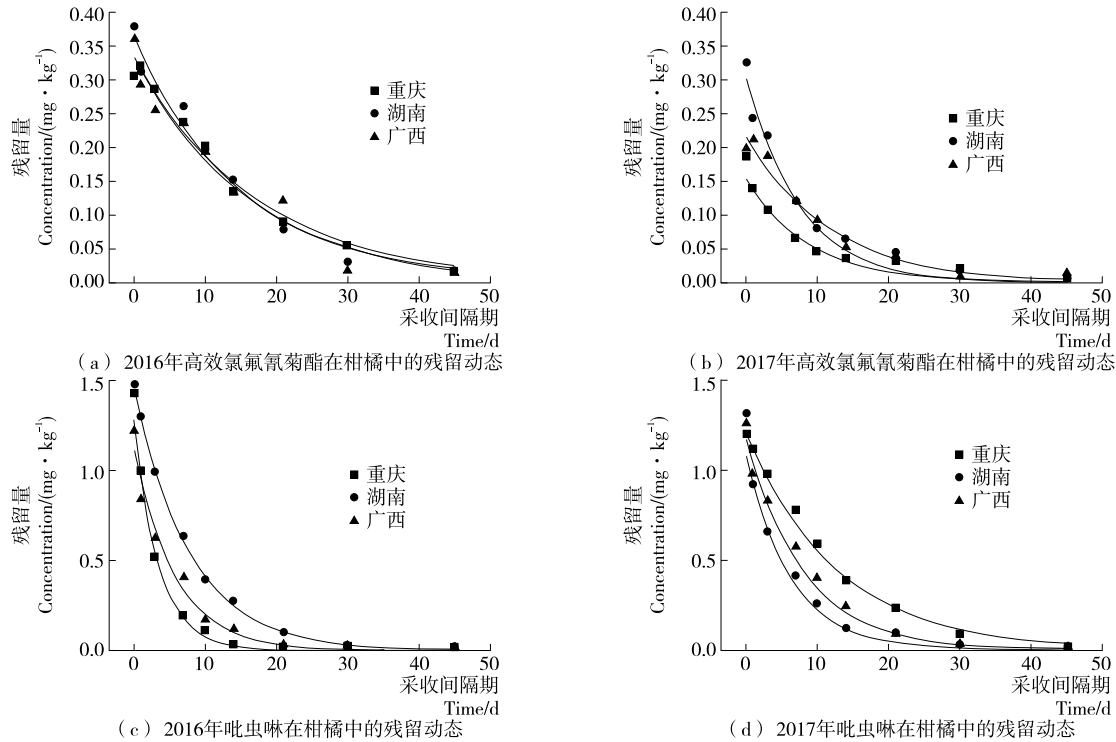


图 1 33% 氯氟·吡虫啉悬浮剂有效成分在柑橘中的残留动态

Figure 1 Residual dynamics of active constituents of 33% λ-cyhalothrin-imidacloprid suspension in citrus

表 2 高效氯氟氰菊酯和吡虫啉在柑橘中的残留消解动态方程及半衰期

Table 2 Results of residual dynamic test of λ-cyhalothrin and imidacloprid in citrus

分析物	时间	试验地	消解动态方程	拟合优度 R	半衰期/d
高效氯氟氰菊酯	2016 年	重庆	$y=0.325\ 5e^{-0.08\ x}$	0.984\ 2	8.7
		湖南	$y=0.378\ 1e^{-0.075\ x}$	0.985\ 5	9.2
		广西	$y=0.361\ 2e^{-0.076\ x}$	0.934\ 5	9.1
	2017 年	重庆	$y=0.142\ 6e^{-0.085\ x}$	0.956\ 0	8.2
		湖南	$y=0.233\ 0e^{-0.079\ x}$	0.978\ 2	8.8
		广西	$y=0.185\ 7e^{-0.071\ x}$	0.933\ 8	9.8
吡虫啉	2016 年	重庆	$y=1.246\ 4e^{-0.091\ x}$	0.987\ 4	6.9
		湖南	$y=1.232\ 2e^{-0.085\ x}$	0.991\ 5	5.5
		广西	$y=1.816\ 2e^{-0.079\ x}$	0.949\ 3	6.8
	2017 年	重庆	$y=0.822\ 3e^{-0.075\ x}$	0.981\ 7	7.6
		湖南	$y=0.974\ 4e^{-0.07\ x}$	0.992\ 6	6.8
		广西	$y=0.853\ 7e^{-0.082\ x}$	0.982\ 4	6.6

2.3 风险评估

GB 2763—2016 中规定高效氯氟氰菊酯和吡虫啉的日允许摄入量(ADI)分别为 0.02,0.06 mg/(kg·BW)。不同人群食物摄入量与其体重的比值各不相同,由此造成的膳食摄入暴露量对各人群的风险也存在较大差异。因此,本研究选择 6 类人群,即 2~4,18~30,60~70 岁的男性和女性为典型代表进行膳食暴露风险评估^[11]。根据文献[11]中的体重和膳食调查数据及本研究残留试验所

获数据进行计算,结果见表 4。结果表明:在 3 个不同采收间隔期(21,28,35 d),中国各类人群柑橘中高效氯氟氰菊酯和吡虫啉的估计每日摄入量(EDI)分别为 0.000 0~0.000 4,0.000 0~0.000 2 mg/(kg BW·d)。柑橘中高效氯氟氰菊酯、吡虫啉残留对上述 6 类人群的风险商均在 0.020 以下,表明在柑橘上合理使用高效氯氟氰菊酯与吡虫啉对消费者的膳食健康风险较低,对人体的风险均在可接受范围内。

表 3 高效氯氟氰菊酯、吡虫啉在柑橘全果、果肉、果皮中的最终残留情况
Table 3 Final residues of λ-cyhalothrin and imidacloprid in citrus whole fruit, pulp and peel

施药浓度/ (mg·kg ⁻¹)	施药 次数	施药后 间隔/d	高效氯氟氰菊酯/(mg·kg ⁻¹)			吡虫啉/(mg·kg ⁻¹)		
			全果	果肉	果皮	全果	果肉	果皮
330	2	21	0.097~0.156	0.053~0.110	0.201~0.253	0.144~0.254	0.032~0.073	0.498~0.688
		28	0.076~0.117	0.051~0.096	0.136~0.199	0.137~0.227	0.028~0.069	0.436~0.623
		35	0.055~0.083	0.039~0.054	0.096~0.155	0.107~0.158	0.024~0.068	0.318~0.466
	3	21	0.116~0.173	0.065~0.118	0.219~0.282	0.175~0.394	0.032~0.098	0.614~1.184
		28	0.098~0.138	0.053~0.099	0.148~0.232	0.164~0.309	0.031~0.096	0.521~0.621
		35	0.064~0.106	0.044~0.086	0.101~0.219	0.134~0.281	0.028~0.092	0.430~0.627
495	2	21	0.142~0.215	0.083~0.145	0.267~0.308	0.243~0.434	0.043~0.111	0.693~1.270
		28	0.109~0.168	0.059~0.109	0.178~0.251	0.202~0.326	0.039~0.097	0.553~0.925
		35	0.084~0.121	0.050~0.088	0.151~0.224	0.181~0.320	0.027~0.092	0.428~1.013
	3	21	0.157~0.251	0.089~0.197	0.274~0.363	0.271~0.499	0.064~0.125	0.896~1.926
		28	0.156~0.197	0.061~0.125	0.222~0.284	0.234~0.427	0.040~0.116	0.712~1.283
		35	0.098~0.139	0.048~0.091	0.178~0.242	0.207~0.392	0.029~0.106	0.648~1.225

表 4 不同采收间隔期条件下高效氯氟氰菊酯和吡虫啉的膳食风险评估数据
Table 4 Dietary risk assessments of λ-cyhalothrin and imidacloprid under different sampling intervals

人群	高效氯氟氰菊酯						吡虫啉					
	国家估计日摄入量/ (mg·kg ⁻¹ BW·d ⁻¹)			慢性摄入风险 RQ			国家估计日摄入量/ (mg·kg ⁻¹ BW·d ⁻¹)			慢性摄入风险 RQ		
	21 d	28 d	35 d	21 d	28 d	35 d	21 d	28 d	35 d	21 d	28 d	35 d
2~4 岁,男	0.000 3	0.000 3	0.000 2	0.015 0	0.015 0	0.010 0	0.000 2	0.000 2	0.000 2	0.000 3	0.000 3	0.000 3
2~4 岁,女	0.000 3	0.000 3	0.000 2	0.015 0	0.015 0	0.010 0	0.000 2	0.000 2	0.000 2	0.000 3	0.000 3	0.000 3
18~30 岁,男	0.000 1	0.000 1	0.000 0	0.005 0	0.005 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
18~30 岁,女	0.000 4	0.000 3	0.000 2	0.020 0	0.015 0	0.015 0	0.000 2	0.000 2	0.000 2	0.000 3	0.000 3	0.000 3
60~70 岁,男	0.000 3	0.000 2	0.000 1	0.015 0	0.010 0	0.010 0	0.000 2	0.000 1	0.000 1	0.000 3	0.000 2	0.000 2
60~70 岁,女	0.000 3	0.000 2	0.000 1	0.015 0	0.010 0	0.010 0	0.000 2	0.000 1	0.000 1	0.000 3	0.000 2	0.000 2

但有一点必须指出的是,目前的膳食风险评估均是 以某一食物为单一的农药残留暴露途径基于规范残留试验数据进行的,而且绝大多数仅针对农药单剂。复配剂是未来农药发展的趋势之一,鉴于目前农业生产者农药施用行为具普遍性、杀虫剂具广谱高效性和普遍适用性以及农产品深加工等风险因素复配农药在食物中的残留风险评估不应只是针对各有效成分对人体造成的慢性摄

入风险值的简单加和,而应当在相关联合毒性试验基础上对膳食风险评估数据进行修正,但目前关于多种农药联合毒性的研究暂未形成系统且亟待补充。

3 结论

33%氯氟·吡虫啉悬浮剂的残留消解试验表明,高效氯氟氰菊酯和吡虫啉在柑橘中的残留动态符合一级动力学消解模式,半衰期分别为 8.2~9.8,5.5~7.6 d,最终

降解率均在 92% 以上;最终残留量表明最终残留量与施药剂量、施药次数及采收间隔期呈正相关;2 种有效成分的残留主要分布于果皮,其次为全果和果肉;距末次施药 28 d 后,柑橘全果中吡虫啉和高效氯氟氰菊酯的残留量均低于国家标准(GB 2763—2016)中规定的 MRL 值,膳食风险评估结果表明,其残留对 6 类典型人群的风险均在人体可接受范围内。因此建议 33% 氯氟·吡虫啉悬浮剂以 1 000 倍稀释液(330 mg/kg)施药,1 个柑橘生产周期最多施药 2 次,施药间隔期 10 d,采收安全间隔期为 28 d 对柑橘种植进行技术指导。

但本研究的分析检测仅针对原药母体,未涉及高效氯氟氰菊酯多种异构体及吡虫啉各代谢物的分析检测。研究表明,高效氯氟氰菊酯不同异构体^[19]及吡虫啉各代谢物^[20]对人体也可能存在毒性作用,为了降低农产品中农药残留的潜在风险,减轻人体内的农药残留威胁,需进一步加强对多类型农药的同时检测及其异构体和代谢物的检测研究。此外,目前的膳食风险评估通常以某一食物为单一农药残留暴露途径,基于规范残留试验数据进行,且绝大多数仅针对农药单剂,为准确进行农产品中农药残留的膳食风险评估,需对多种农药联合毒性的进行系统研究且亟待进一步补充。

参考文献

- [1] 魏勇,龚亮,何琪. 高效氯氟氰菊酯与不同杀虫剂混合使用对茶假眼小绿叶蝉的防治效果[J]. 茶叶通讯, 2010, 37(1): 20-22.
- [2] MALHAT F, NAGLAA M L, MOHAMED T A. Dissipation pattern and risk assessment of the synthetic pyrethroid Lambda cyhalothrin applied on tomatoes under dryland conditions, a case study[J]. Indian Journal of Agricultural Sciences, 2016, 3(8): 2-7.
- [3] 颜丽菊,何计龙,朱满婷,等. 高效氯氟氰菊酯在杨梅果实中的残留研究[J]. 中国果树, 2017(1): 43-45.
- [4] ALY S. Residues of λ -cyhalothrin insecticide and its biochemical effects on sweet pepper fruits [J]. Journal of Product and Development, 2017, 22(1): 65-81.
- [5] CANG Tao, SUN Cai-xia, ZHAO Hua, et al. Residue behavior and risk assessment of imidacloprid applied on greenhouse-cultivated strawberries under different application conditions[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2018, 25(5): 5 024-5 032.
- [6] 黄玉南,张少玲,方金豹,等. 吡虫啉在梨果实中的残留动态分析[J]. 果树学报, 2010, 27(3): 453-456.
- [7] KOFI O A. λ -cyhalothrin residue in oranges(citrus sinensis) from boamadumasi in ejisu-juaben municipality of the ashanti region[D]. Ghana: Kwame Nkrumah University, 2014: 85-86.
- [8] 崔辛辛,杨晓云. 18% 吡虫啉·噻嗪酮悬浮剂在柑橘中的残留动态研究[C]// 第十四届全国农药学科教育科研研讨会暨赵善欢学术思想与研究实践讨论会论文集. 广州: 华南农业大学, 2014: 214-220.
- [9] 中华人民共和国农业部. NY/T 788—2004 农药残留试验准则[S]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 2-6.
- [10] 刘炎,欧阳迪庆,叶玉凤,等. QuEChERS 结合超高效液相色谱—串联质谱法同时测定番茄中噻虫嗪、噻虫胺、螺虫乙酯及其代谢物残留[J]. 分析测试学报, 2017, 36(12): 1 431-1 438.
- [11] 付岩,张亮,吴银良. 草莓中啉霉胺的残留与膳食风险评估[J]. 现代食品科技, 2017, 33(11): 206-211.
- [12] SUN Da-li, ZHU Yan-mei, PANG Jun-xiao, et al. Residue level, persistence and safety of spiroticlofen-pyridaben mixture in citrus fruits [J]. Food Chemistry, 2016, 194: 805-810.
- [13] CHEN Wei-jun, JIAO Bi-ning, SU Xue-su, et al. Dissipation and residue of 2, 4-D in citrus under field condition[J]. Environ Monit Assess, 2015, 187(302): 4-8.
- [14] CHEN Wei-jun, JIAO Bi-ning, SU Xue-su, et al. Dissipation and Residue of Forchlorfenuron in Citrus Fruits[J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2013, 90(6): 756-760.
- [15] MALHAT F, LOUFTY N M, AHMED M T. Dissipation pattern and risk assessment of the synthetic pyrethroid Lambda-cyhalothrin applied on tomatoes under dryland conditions, a case study[J]. International Journal of Food Contamination, 2016, 3(1): 8.
- [16] ARORA P K, JYOT G, RANDHAWA P, et al. Dissipation of imidacloprid on Kinnow mandarin fruits under sub-tropical conditions [J]. Indian Journal of Horticulture, 2005, 62(3): 227-30.
- [17] 农业农村部农药检定所药情信息处. PD20040756 农药登记数据[DB/OL]. [2019-01-30]. <http://www.chinapesticide.org.cn/myquery/tagdetail?pdno=PD20040756>.
- [18] 农业农村部农药检定所药情信息处. PD20120405 农药登记数据[DB/OL]. [2019-01-30]. <http://www.chinapesticide.org.cn/myquery/tagdetail?pdno=PD20120405>.
- [19] CHANG Jing, HAO Wei-yu, XU Yuan-yuan, et al. Stereoselective degradation and thyroid endocrine disruption of lambda-cyhalothrin in lizards (Eremias argus) following oral exposure [J]. Environmental Pollution, 2018, 232: 300-309.
- [20] EHSAN H Abu Zeid, RASHA T M Alam, SOZAN A Ali, et al. Hendawi, Dose-related impacts of imidacloprid oral intoxication on brain and liver of rock pigeon (Columba livia domestica), residues analysis in different organs[J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2019, 167: 60-68.