

引用格式:

李文博, 苏龙. 呋菌酯及其代谢产物在苹果中的残留与膳食风险评估[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2023, 49(1): 94-99.

LI W B, SU L. Residue and dietary risk assessment of trifloxystrobin and its metabolite in apples[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2023, 49(1): 94-99.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



呋菌酯及其代谢产物在苹果中的残留与膳食风险评估

李文博¹, 苏龙^{2*}

(1.湖南省和清环境科技有限公司, 湖南 长沙 410011; 2.湖南农业大学资源环境学院, 湖南 长沙 410128)

摘要: 在中国苹果主产区山东青岛、宁夏银川、辽宁大连等 12 地进行呋菌酯在苹果中的规范残留试验。苹果样品中呋菌酯及其代谢产物 CGA321113(呋菌酸)的残留量采用乙腈提取, 经抽滤、盐析、浓缩后用乙酸乙酯定容, 再运用气相色谱检测, 并对呋菌酯进行膳食风险评估。结果表明: 在添加水平为 0.05、0.50、5.00 mg/kg 时, 呋菌酯和 CGA321113 在苹果中的平均添加回收率分别为 89%~99%和 89%~98%, 相对标准偏差分别为 6%~10%和 7%, 定量限均为 0.05 mg/kg; 以呋菌酯有效成分 100 mg/kg 的用量在苹果上施药 3 次, 每次施药间隔 7 d, 在末次施药后 28 d 时, 呋菌酯在苹果中的残留量为<0.05~0.14 mg/kg, CGA321113 的残留量为<0.05~0.06 mg/kg, 呋菌酯的残留总量为<0.10~0.19 mg/kg; 在末次施药后 21 d 时, 呋菌酯在苹果中的残留量为<0.05~0.15 mg/kg, CGA321113 的残留量为<0.05~0.28 mg/kg, 呋菌酯的残留总量为<0.10~0.37 mg/kg, 残留总量最大值低于中国制定的呋菌酯在苹果中的最大残留限量值; 呋菌酯的国家估算每日摄入量为 0.19 mg, 风险商为 7.5%, 表明呋菌酯膳食摄入风险处于可接受水平。

关键词: 苹果; 呋菌酯; 代谢产物; 气相色谱法; 最终残留; 膳食风险评估

中图分类号: X592

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2023)01-0094-06

Residue and dietary risk assessment of trifloxystrobin and its metabolite in apples

LI Wenbo¹, SU Long^{2*}

(1.Hunan Heqing Environmental Technology Co. Ltd, Changsha, Hunan 410011, China; 2.College of Resources and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China)

Abstract: The supervised field trials of trifloxystrobin in apples was carried out in the 12 main apple producing areas in China, including Qingdao of Shandong, Yinchuan of Ningxia and Dalian of Liaoning, etc. The residues of trifloxystrobin and its metabolite CGA321113(trifloxystrobin acid) in the collected apple samples were extracted with acetonitrile, fixed volume with ethyl acetate after suction filtration, salting out and concentration, and then detected by gas chromatography. The dietary risk of trifloxystrobin was evaluated. The results showed at the additional levels of 0.05, 0.50 and 5.00 mg/kg, the average recoveries for trifloxystrobin and CGA321113 in the apples were 89%-99% and 89%-98% with relative standard deviation were 6%-10% and 7%, respectively. The limit of quantitation both were 0.05 mg/kg. The trifloxystrobin was sprayed on apples for 3 times with an effective component of 100 mg/kg, and the spraying interval was 7 d. At 28th day after the last pesticide application, the residue of trifloxystrobin in apples were <0.05-0.14 mg/kg, the residue of CGA321113 were <0.05-0.06 mg/kg, and the total residue of trifloxystrobin in apple were <0.10-0.19 mg/kg. On the 21st day, the residue of trifloxystrobin in apples were <0.05-0.15 mg/kg, the residue of

收稿日期: 2021-10-21

修回日期: 2022-02-28

基金项目: 湖南省教育厅优秀青年基金项目(20B304); 绿色农药与农业生物工程教育部重点实验室开放基金课题(黔教合 KY 字[2019]036)

作者简介: 李文博(1991—), 女, 湖南长沙人, 硕士, 主要从事重金属污染治理、农产品质量安全检测及风险评估研究, liwenbo_0826@163.com;

*通信作者, 苏龙, 博士研究生, 讲师, 主要从事农药残留分析、风险评估及职业安全研究, sulongzhy@hunau.edu.cn

CGA321113 were <0.05-0.28 mg/kg, and the total residue of trifloxystrobin in apple were <0.10-0.37 mg/kg. The maximum total residue was lower than the maximum residue limit of trifloxystrobin in apple formulated by China. The national estimated daily intake of trifloxystrobin was 0.19 mg and the risk quotient was 7.5%. The risk assessment result showed that the dietary intake risk of trifloxystrobin was at an acceptable level.

Keywords: apple; trifloxystrobin; metabolite; gas chromatography; final residue; dietary risk assessment

苹果(*Malus pumila* Mill.)属于蔷薇科大宗水果,富含糖、有机酸、芳香醇及果胶物质等营养成分,深受消费者喜爱。苹果在中国北方广泛种植且产量大,2020年中国苹果产量突破 4.0×10^7 t,占世界总产量的一半,主要在国内市场消费。苹果主要存在褐斑病、斑点落叶病和腐烂病等病害^[1-2]。脲菌酯属于甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂,通过阻止细胞腺苷三磷酸酶的合成,从而抑制线粒体呼吸而发挥抑菌作用,对多数真菌都有强烈的抑制作用,具有高效广谱特性,被广泛应用于谷物、蔬菜和果树等的多种病害防治^[3-5]。脲菌酯可有效防治苹果褐斑病等真菌病害^[1],但其不合理的使用带来的残留会对土壤和水生生态系统产生破坏。研究表明,脲菌酯可诱导蚯蚓产生氧化应激及造成DNA损伤^[6],对蜂类具有较高的毒性风险^[7],且易通过雨水径流作用进入水体中并累积,对绿藻、大型溞、斑马鱼等水生生物产生较大的毒性作用^[7-8],能使斑马鱼的活性降低、发育受限^[9]。脲菌酯代谢产物CGA321113(脲菌酸),比母体降解慢,水溶性更强,毒理学上的意义超过母体,更有可能通过雨水淋滤造成环境污染^[10-11]。联合国粮食及农业组织的农药残留联席会议报告^[12]指出,脲菌酯残留监测和膳食风险评估时,脲菌酯残留量定义为母体及其代谢产物CGA321113之和。

为保障消费者的健康安全,多个国家和地区先后制定了脲菌酯在蔬菜和水果等农产品中的最大残留限量(MRL)。中国^[13]、欧盟^[14]、美国^[15]制定的脲菌酯在苹果中的MRL值分别为0.7、0.7、0.5 mg/kg。脲菌酯在水稻^[16]、马铃薯^[17]、番茄^[18]、辣椒^[19]等多种作物中的残留试验、最终残留量和消解半衰期已有报道,但尚少见脲菌酯及其代谢产物CGA321113在苹果上的残留研究报道。本研究中,建立苹果上脲菌酯及CGA321113的气相色谱检测方法,检测脲菌酯在苹果上的最终残留量,并对脲菌酯进行膳食风险评估,以期对脲菌酯在苹果中的合理安全施用提供依据。

1 材料与方法

1.1 主要仪器和试剂

6890N 气相色谱仪、7890A 气相色谱仪(Agilent Technologies, 美国); 2HWY-2102 恒温振荡器(上海智城分析仪器制造有限公司); RE-2000B 旋转蒸发器(巩义市予华仪器有限责任公司)。

脲菌酯标准品纯度为 98.5%(北京世纪奥科生物技术有限公司); CGA321113 标准品纯度为 99.9%(北京振翔科技有限公司);40%脲菌酯·苯醚甲环唑水分散粒剂(WG)中脲菌酯质量分数为 15%(利民化工股份有限公司)。

1.2 田间试验

按 NY/T 788—2018《农作物中农药残留试验准则》^[20]的要求,在山东青岛、宁夏银川、辽宁大连等 12 地(表 1)设立试验小区,进行脲菌酯在苹果上的残留试验。乌鲁木齐和兰州两地气候属于温带大陆性气候,其余地方均为温带季风性气候。各试验地土壤条件列于表 1。试验设残留试验区 and 空白对照试验区(不喷试验药剂),每小区 4 棵苹果树,小区之间设有间隔区,避免污染。

表1 试验地土壤条件

试验地点	土壤类型	pH 值	有机质质量分数/%
辽宁辽阳	砂壤土	7.2	2.35
宁夏银川	灰褐土	5.5	2.47
山东青岛	砂土	6.5	1.79
山西太原	砂土	6.0	2.10
河南济源	褐土	7.2	2.65
河北石家庄	砂壤土	8.1	2.67
山西运城	褐土	7.2	1.86
陕西咸阳	砂壤土	6.5	2.34
河南周口	壤土	7.0	2.90
新疆乌鲁木齐	草甸土	6.5	4.20
安徽宿州	棕壤	7.2	2.74
甘肃兰州	棕壤	6.9	1.49

在苹果生长至半大时,将40%脞菌酯·苯醚甲环唑WG以有效成分用量100 mg/kg(制剂用量为稀释4000倍液)兑水、喷雾施药,共施药3次,施药间隔7 d,在末次施药后21、28 d分别采集苹果样品,检测脞菌酯和CGA321113的残留量。

采用梅花点取样法,在各小区内采集1 kg生长正常无病害的苹果,每小区采集2份独立样品。样品采集后,迅速运回实验室,将苹果样品切成直径<1 cm的碎块,混匀后用四分法缩分样品,分别取2份150 g的样品(A、B样,A样用于检测,B样为备份样)装入封口袋中,并立即存放于-20℃冷库中待测。

1.3 检测分析方法

1.3.1 样品提取与净化

称取已制备好的苹果样品10 g,匀浆2 min,转入250 mL锥形瓶内,加入40 mL乙腈,在振荡箱内恒温(30℃)振荡提取30 min;静置5 min后采用布氏漏斗抽滤,滤液转入到装有5 g氯化钠的分液漏斗内,振荡1 min,静置分层后分取上层溶液在旋转蒸发器(50℃,135 r/min)上浓缩至近干状态,再用乙酸乙酯溶解并定容至5 mL,过0.22 μm滤膜后转入自动进样瓶,待气相色谱仪测定。

1.3.2 气相色谱条件

参照文献[19,21]的方法,通过参数优化,建立脞菌酯和其代谢产物CGA321113的气相色谱检测条件。

脞菌酯的检测条件:6890N型气相色谱仪;色谱柱为HP-5毛细色谱管柱(0.32 mm×0.25 μm×30 m,Agilent Technologies),进样口温度270℃;ECD检测器温度300℃;柱温先180℃保持2 min,再以30℃/min速率升至280℃,保持4 min;载气流速3 mL/min,尾吹流速45 mL/min,均为氮气(99.99%);进样量1 μL,不分流。在此条件下,脞菌酯色谱峰的保留时间为(7.00±0.02) min。

CGA321113的检测条件:7890A型气相色谱仪;进样口温度280℃;柱温先150℃保持1 min,再以20℃/min速率升至280℃,保持1 min;进样量1 μL,分流比10:1;其他条件均与脞菌酯的检测条件相同。在此条件下,CGA321113色谱峰的保留时间为(6.15±0.02) min。

1.3.3 标准曲线绘制

称取0.050 8 g脞菌酯标准品(纯度为98.5%)和0.050 1 g CGA321113标准品(纯度为99.9%),分别转入100 mL的棕色容量瓶中,用乙酸乙酯溶解并配制成质量浓度为500 mg/L的脞菌酯和CGA321113母液,再稀释成质量浓度分别为0.01、0.05、0.10、0.50、1.00、10.00 mg/L的标准工作溶液,按1.3.2的方法测定。每个标准溶液重复测定3次,结果取平均值。以脞菌酯和CGA321113的质量浓度(x)为横坐标,相应的色谱峰面积(y)为纵坐标,绘制标准工作曲线。

1.3.4 方法的添加回收率

分别向空白苹果样品中添加脞菌酯和CGA321113标准溶液,使脞菌酯和CGA321113在苹果中的添加水平分别为0.05、0.50和5.00 mg/kg,每个添加水平重复5次,计算回收率和相对标准偏差(RSD)。

1.4 理论计算方法

1.4.1 脞菌酯残留总量计算方法

参照文献[22]的方法,将试验样品中脞菌酯及其代谢产物CGA321113的残留量折算成样品中脞菌酯残留总量(CG A321113折算成脞菌酯的系数为1.036),如果样品中脞菌酯或CGA321113的残留量小于其定量限(LOQ),根据风险最大原则,计算时用LOQ代替其残留量。

1.4.2 膳食风险评估计算方法

参照文献[23-24]的方法计算脞菌酯的国家估算每日摄入量(NEDI)和膳食摄入风险商(RQ)。脞菌酯已经在水稻、玉米、苹果等29种作物上获得登记^[25],假定所有登记作物都使用了脞菌酯,食物归类中属于同类食物的只选取规范残留试验中值(STMR)或MRL最大的1种作物进行计算。脞菌酯的每千克体质量的农药日允许摄入量(ADI)为0.04 mg/kg^[13],中国成年人平均体质量按63 kg计算,中国居民的膳食结构参照2002年发布的《中国不同人群消费膳食分组食谱》^[26],再结合登记作物MRL值^[13]及本试验脞菌酯在苹果中残留试验中值(遵循风险最大化原则,取采收间隔期21 d的STMR)进行膳食风险计算。当RQ≤100%时,认为评估农药

膳食风险可接受, 其值越小, 风险越低。

2 结果与分析

2.1 供试方法的线性范围和准确度及精密度

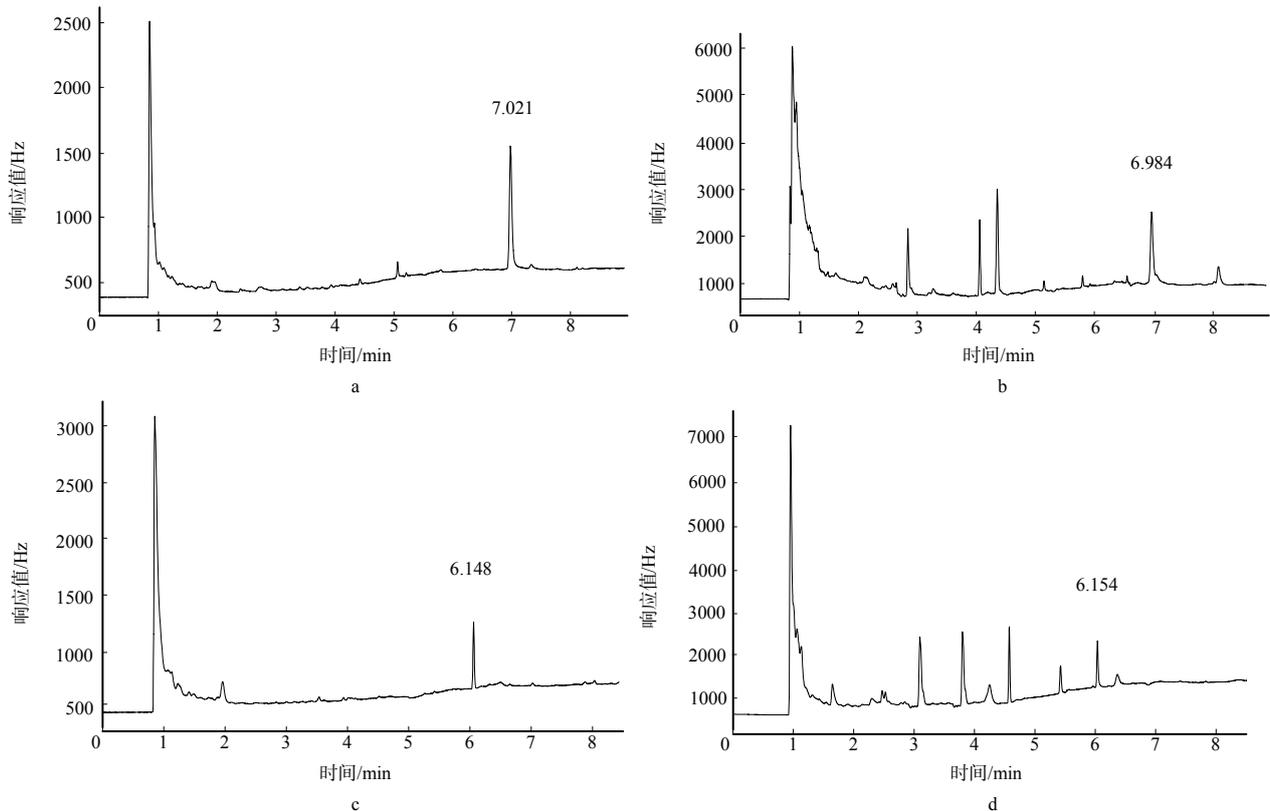
肱菌酯或 CGA321113 质量浓度为 0.01~10.00 mg/L 时, 肱菌酯的标准曲线方程为 $y=62\ 067x-226$, $R^2=0.999$; CGA321113 的标准曲线方程为 $y=36\ 653x-55$, $R^2=1.000$ 。由表 2 可知, 在肱菌酯或 CGA321113

添加水平为 0.05、0.50、5.00 mg/kg 时, 肱菌酯在苹果中的平均添加回收率为 89%~99%, RSD 为 6%~10%; CGA321113 在苹果中的平均添加回收率为 89%~98%, RSD 均为 7%。肱菌酯和 CGA321113 在苹果中的 LOQ 均为 0.05 mg/kg, 方法的线性、回收率、准确度和精密度均符合农药残留检测要求。肱菌酯和 CGA321113 的典型色谱见图 1。

表 2 肱菌酯和 CGA321113 在苹果中的添加回收率及 RSD

Table 2 Recoveries and RSD of trifloxystrobin and CGA321113 in apples

被试物	添加水平/ (mg·kg ⁻¹)	回收率/%					平均回收率/%	RSD/%
		1	2	3	4	5		
肱菌酯	0.05	105	98	89	100	103	99	6
	0.50	93	104	81	86	83	89	10
	5.00	82	93	90	88	102	91	8
CGA321113	0.05	94	93	95	98	110	98	7
	0.50	83	98	99	95	93	94	7
	5.00	86	92	89	81	98	89	7



a 0.05 mg/L 肱菌酯标准溶液; b 添加 0.05 mg/kg 肱菌酯的苹果样品; c 0.05 mg/L CGA321113 标准溶液; d 添加 0.05 mg/kg CGA321113 的苹果样品。

图 1 肱菌酯和 CGA321113 的典型色谱

Fig.1 Representative chromatogram of trifloxystrobin and CGA321113

2.2 肟菌酯的最终残留试验结果

从表3可知,在末次施药后的28 d时,肟菌酯在苹果中的残留量为<0.05~0.14 mg/kg(<0.05 mg/kg为肟菌酯在苹果样品中的残留量低于其定量限0.05 mg/kg),CGA321113的残留量仅山西运城2个样品的分别为0.05、0.06 mg/kg,其余均为<0.05 mg/kg;在末次施药后的21 d时,肟菌酯在苹果中的残留量为<0.05~0.15 mg/kg,CGA321113的残留量仅在山

东青岛、河北石家庄、山西运城3地检出,残留量为0.06~0.28 mg/kg。从表4可知,在末次施药后的28 d时,肟菌酯在苹果中的残留总量为<0.10~0.19 mg/kg,残留最大值(HR)为0.19 mg/kg,STMR为0.13 mg/kg;21 d时,肟菌酯在苹果中的残留总量为<0.10~0.37 mg/kg,STMR为0.14 mg/kg,HR为0.37 mg/kg。残留量均低于中国、美国、欧盟制定的肟菌酯在苹果中的MRL值(0.7、0.5、0.7 mg/kg)。

表3 肟菌酯和CGA321113在苹果中的最终残留量

试验地点	肟菌酯残留量		CGA321113 残留量		试验地点	肟菌酯残留量		CGA321113 残留量	
	28 d	21 d	28 d	21 d		28 d	21 d	28 d	21 d
辽宁辽阳	0.07	0.10	<0.05	<0.05	山西运城	0.07	0.09	0.06	0.28
	0.80	0.10	<0.05	<0.05		0.08	0.08	0.05	0.12
宁夏银川	0.08	0.09	<0.05	<0.05	陕西咸阳	<0.05	0.06	<0.05	<0.05
	0.09	0.10	<0.05	<0.05		<0.05	0.06	<0.05	<0.05
山东青岛	0.13	0.15	<0.05	<0.05	河南周口	0.11	0.12	<0.05	<0.05
	0.14	0.15	<0.05	0.13		0.12	0.14	<0.05	<0.05
山西太原	0.08	0.08	<0.05	<0.05	新疆乌鲁木齐	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
	0.08	0.06	<0.05	<0.05		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
河南济源	0.09	0.14	<0.05	<0.05	安徽宿州	<0.05	0.11	<0.05	<0.05
	0.12	0.09	<0.05	<0.05		<0.05	0.09	<0.05	<0.05
河北石家庄	0.06	0.06	<0.05	0.15	甘肃兰州	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
	0.07	0.08	<0.05	0.06		<0.05	0.09	<0.05	<0.05

表4 肟菌酯在苹果中的残留总量

采收间隔期/d	残留量/(mg·kg ⁻¹)	STMR/ (mg·kg ⁻¹)	HR/ (mg·kg ⁻¹)
28	<0.10、<0.10、<0.10、<0.10、<0.10、<0.10、<0.10、<0.10、0.11、0.12、0.12、0.13、0.13、0.13、0.13、0.14、0.14、0.14、0.16、0.17、0.17、0.18、0.19	0.13	0.19
21	<0.10、<0.10、<0.10、0.11、0.11、0.11、0.13、0.14、0.14、0.14、0.14、0.14、0.14、0.15、0.15、0.16、0.17、0.19、0.19、0.20、0.21、0.22、0.28、0.37	0.14	0.37

2.3 肟菌酯的膳食风险

从表5可知,普通人群肟菌酯NEDI为0.19 mg,

RQ为7.5%,风险商值远低于100%,处于可接受水平。

表5 肟菌酯的膳食风险评估结果

登记作物	食物归类	膳食量/kg	参考限量/(mg·kg ⁻¹)	限量来源	NEDI/mg	日允许摄入量/mg	RQ/%
水稻	米及其制品	0.239 9	0.10	MRL(中国)	0.023 990		
小麦	面及其制品	0.138 5	0.20	MRL(中国)	0.027 700		
玉米	其他谷类	0.023 3	0.02	MRL(中国)	0.000 466		
马铃薯	薯类	0.049 5	0.02	MRL(中国)	0.000 990		
番茄	深色蔬菜	0.091 5	0.70	MRL(中国)	0.064 050		
黄瓜	浅色蔬菜	0.183 7	0.30	MRL(中国)	0.055 110		
苹果	水果	0.045 7	0.14	STMR	0.006 398		
核桃	坚果	0.003 9	3.00	MRL(中国)	0.011 700		
合计		0.776 0			0.190 404	2.52	7.5

3 结论与讨论

本研究中,采用气相色谱法检测茚菌酯及其代谢产物 CGA321113 在苹果中的最终残留,以 40%茚菌酯·苯醚甲环唑 WG 按有效成分用量 100 mg/kg 在苹果上兑水喷雾施药 3 次,每次间隔 7 d,末次施药后 28 d 时,茚菌酯的残留量为<0.05~0.14 mg/kg,CGA321113 的残留量为<0.05~0.06 mg/kg,茚菌酯的残留总量为<0.10~0.19 mg/kg;末次施药后 21 d 时,茚菌酯在苹果中的残留量为<0.05~0.15 mg/kg,CGA321113 的残留量为<0.05~0.28 mg/kg,茚菌酯的残留总量为<0.10~0.37 mg/kg。残留最大值低于中国制定的茚菌酯在苹果中的 MRL 值,表明按照茚菌酯推荐使用的在苹果上进行施用,其残留影响可接受。除山东青岛、河北石家庄、山西运城 3 地外,CGA321113 的残留量均低于其定量限,CGA321113 在茚菌酯残留总量中占比较少,这与 LI 等^[11]得出的 CGA321113 在水稻植株中的茚菌酯残留总量中占比很少的研究结果相一致。LI 等^[11]研究表明,茚菌酯以 168.75、225 g/hm²的用量施药 3、4 次,采收期 28 d 时茚菌酯在稻谷中残留最大值为 0.39 mg/kg;魏进等^[27]研究得到,质量分数 75%戊唑醇·茚菌酯以 112.5 g/hm²(制剂药量稀释 1000 倍)的用量施药 3 次,采收期 28 d 时茚菌酯在核桃中的残留最大值为 0.103 mg/kg,CGA321113 未检出。本研究得到的茚菌酯在苹果中 21 d 和 28 d 时的残留最大值与其在同一数量级水平。

本研究中,对茚菌酯的膳食摄入风险进行了评估,普通人群茚菌酯的 NEDI 为 0.19 mg,RQ 为 7.5%,表明茚菌酯的膳食摄入风险处于可接受水平。由于茚菌酯在登记作物中残留值整体较小,由此计算得到的茚菌酯膳食摄入风险 RQ 也相应较低。

参考文献:

[1] 洪晨. Strobilurins 类杀菌剂对苹果病害的防控作用[J]. 农药, 2016, 55(9): 700-702.
 [2] 孙芹, 兰杰, 李志念, 等. 烯茚菌酯防治苹果病害的混剂筛选[J]. 农药, 2020, 59(3): 228-230.
 [3] LUO X S, QIN X X, LIU Z Y, et al. Determination, residue and risk assessment of trifloxystrobin, trifloxystrobin acid and tebuconazole in Chinese rice consumption[J].

Biomedical Chromatography, 2020, 34(1): e4694.
 [4] 张娟, 秦锦云. 食品/农产品中甲氧基丙烯酸酯类农药残留分析研究进展[J]. 农学学报, 2020, 10(5): 67-71.
 [5] 夏海波, 王守明, 潘好芹. 42.8%氟菌·茚菌酯悬浮剂对番茄叶霉病的田间防效[J]. 农药, 2014, 53(7): 518-519.
 [6] WU R L, ZHOU T T, WANG J, et al. Oxidative stress and DNA damage induced by trifloxystrobin on earthworms (*Eisenia fetida*) in two soils[J]. Science of The Total Environment, 2021, 797: 149004.
 [7] 欧阳小庆, 吴迟, 王长宾, 等. 茚菌酯对环境生物急性毒性及安全性评价[J]. 生态毒理学报, 2017, 12(4): 327-336.
 [8] ZHANG C, ZHOU T T, XU Y Q, et al. Ecotoxicology of strobilurin fungicides[J]. Science of The Total Environment, 2020, 742: 140611.
 [9] YANG L H, HUANG T, LI R W, et al. Evaluation and comparison of the mitochondrial and developmental toxicity of three strobilurins in zebrafish embryo/larvae[J]. Environmental Pollution, 2021, 270: 116277.
 [10] BANERJEE K, LIGON A P, SPITELLER M. Spectral elucidation of the acid metabolites of the four geometric isomers of trifloxystrobin[J]. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 2007, 388(8): 1831-1838.
 [11] LI P Y, WANG L, HAO X H, et al. Dissipation and residues of trifloxystrobin and its metabolite in rice under field conditions[J]. Environmental Toxicology and Chemistry, 2014, 33(12): 2654-2660.
 [12] Food and Agriculture Organization of the United Nations. NSP-T-List of pesticide evaluated by JMPR and JMPS [EB/OL]. [2021-10-10]. <https://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/pests/lpe/lpe-t/en/>.
 [13] GB 2763—2021 食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量[S].
 [14] Electronic Code of Federal Regulations. Pesticide MRLs [DB/OL]. [2021-10-10]. <https://bcglobal.bryantchristie.com/db/#pesticides/query>.
 [15] European Commission. Pesticides Database[DB/OL]. [2021-10-10]. <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=product.selection&language=EN>.
 [16] 郭明程, 郑尊涛, 聂东兴, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法测定茚菌酯和戊唑醇在稻田中的残留[J]. 农药科学与管理, 2020, 41(1): 29-33.
 [17] 钱训, 陈勇达, 张少军. 固相萃取-气相色谱测定马铃薯中茚菌酯残留量[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(2): 535-539.

(下转第 120 页)