

主产区杨桃中农药残留风险评估

蒋成*, 林树花, 何双, 尚雪波, 李志坚, 李高阳

(湖南省农产品加工研究所(湖南省食品测试分析中心),
农业农村部农产品质量安全风险评估实验室(长沙), 长沙 410125)

摘要: **目的** 调查主产区广西、广东、福建及海南杨桃中农药残留状况, 评估其农药残留风险。**方法** 对在主产区采集的 70 份杨桃中 105 种农药残留进行检测, 并对检出的农药残留慢性膳食摄入风险(percent of acceptable daily intake, %ADI)、急性膳食摄入风险(percent of acute reference dose, %ARfD)进行评估及风险排序。**结果** 在 70 份杨桃中共有 53 份样品检出农药残留, 检出率为 75.7%; 检出的农药共有 18 种, 检出最多的前 3 位是多菌灵、甲基毒死蜱、啶虫脒, 检出率分别为 42.8%、17.1%、15.7%; 检出农药的%ADI 均值为 2.03%; %ARfD 均值为 5.89%, 所有农药残留风险值均低于 100%, 风险很低。杨桃中高风险农药是灭多威、3-羟基克百威、三氯杀螨醇 3 种。**结论** 主产区杨桃中农药残留慢性膳食摄入风险和急性膳食摄入风险均很低, 在杨桃安全生产和消费、质量安全监管中应对高风险农药重点关注, 建议加快对杨桃中使用农药的登记和最大残留限量的制修订。

关键词: 杨桃; 农药残留; 膳食摄入风险评估; 最大残留限量

Risk assessment of pesticide residues in carambola in main producing areas

JIANG Cheng*, LIN Shu-Hua, HE Shuang, SHANG Xue-Bo, LI Zhi-Jian, LI Gao-Yang

(Hunan Agricultural Products Processing Institute (Hunan Food Test and Analysis Center), Laboratory of Quality & Safety Risk Assessment for Agro-products (Changsha), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Changsha 410125, China)

ABSTRACT: Objective To investigate the pesticide residues in carambola in the main producing areas as Guangxi, Guangdong, Fujian and Hainan, and evaluate the risk of pesticide residues. **Methods** 105 kinds of pesticides residues in 70 carambola samples collected from main producing areas were detected. The risk of chronic dietary intake of pesticide residues (percent of acceptable daily intake, %ADI) and the risk of acute dietary intake (percent of acute reference dose, %ARfD) were evaluated and ranked. **Results** Pesticide residues were detected in 53 samples of 70 carambola samples, the detection rate was 75.7%. There were 18 pesticides detected, the top three detected were carbendazim, chlorpyrifos methyl, acetamiprid, the detection rates were 42.8%, 17.1%, 15.7%, respectively. The mean value of %ADI of pesticides detected was 2.03%. The mean value of %ARfD was 5.89%, and the risk value of

基金项目: 国家柑桔及热带作物产品质量安全风险评估专项项目(GJFP201800403)、湖南省农业科技创新基金项目(2018QN26)、长株潭国家自主创新示范区专项(2018XK2006)、热带水果中农药残留风险评估(GJFP2019013)

Fund: Supported by National Citrus and Tropical Crop Product Quality and Safety Risk Assessment Special Project (GJFP201800403), Hunan Agricultural Science and Technology Innovation Fund Project (2018QN26), Special Project of Changsha Zhuzhou Xiangtan National Independent Innovation Zone (2018XK2006), and Risk Assessment of Pesticide Residues in Tropical Fruits(GJFP2019013)

***通讯作者:** 蒋成, 博士, 助理研究员, 主要研究方向为食品/农产品质量安全和风险评估。E-mail: jiangcheng0724@163.com

***Corresponding author:** JIANG Cheng, Ph.D, Assistant Professor, Hunan Agricultural Products Processing Institute (Hunan Food Test and Analysis Center), Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha 410125, China. E-mail: jiangcheng0724@163.com

all pesticide residues was lower than 100%, so the risk was very low. Methomyl, 3-hydroxycarbofuran and dicofol were 3 kinds of high-risk pesticides in carambola. **Conclusion** The risk of chronic dietary intake and acute dietary intake of pesticide residues in carambola in the main producing areas are very low. High risk pesticides should be paid more attention in the safe production and consumption of carambola, and quality and safety supervision. It is recommended to speed up the registration of pesticides used in carambola and the revision of maximum residue limits.

KEY WORDS: carambola; pesticide residues; dietary intake risk assessment; maximum residue limits

1 引言

随着消费结构升级,我国水果消费呈现品类多样化的新动向,小品种热带水果杨桃越来越受到消费者的喜爱。杨桃(*Averrhoa carambola* L.)是酢浆草科杨桃属小灌木或乔木所结果实,原产于亚洲东南部热带地区,盛产于我国大陆南部和台湾,主产区分布于广东、广西、福建及海南等省份。杨桃富含糖类、维生素、有机酸、微量元素等多种营养成分,口感独特,具有一定的药用保健价值^[1]。据报道,2018年“岭南杨桃之乡”广东龙门县麻榨镇杨桃总产量为3.2万吨^[2],全国杨桃总产量估计达200万吨。杨桃主产区属于高热高湿的热带气候,病虫害危害严重,在生产过程中使用化学农药进行防治仍是降损增效的主要手段,但对施药规范和质量安全缺乏足够认识和重视,不合理或滥用农药现象还很普遍^[3]。对主产区杨桃中农药残留进行检测分析,明确杨桃中农药残留状况,评估其农药残留风险,对于杨桃的安全生产和消费、质量安全监管及农药最大残留限量制修订具有重要意义。

近年来,我国针对常见水果中农药残留的风险评估研究不断增多^[4-8],采用的方法主要包括点评估、概率评估、分布式评估等^[9-11]。相比而言,针对小品种水果杨桃中农药残留的风险评估报道极少,2015年,段云等^[11]对广东、广西、海南和福建采集的杨桃中农药残留风险评估研究表明,氯氰菊酯、多菌灵和灭幼脲等农药检出率仍然较高,尽管农药残留风险总体较低,但对于2~10岁儿童而言,杨桃中检出的三氯杀螨醇暴露量尚存在不可接受风险。作为小品种热带水果,杨桃的农药残留风险易被忽视,但基于以前杨桃中农药残留风险评估结果和当前杨桃消费日益增加的趋势,为明确当前杨桃的农药残留风险状况,本研究对全国主产区广东、广西、海南和福建的杨桃进行生产调研、农药残留检测及风险评估,旨在全面掌握我国杨桃中农药残留及膳食暴露风险情况,为生产管控、农药监管及农药限量标准制修订提供参考建议和科学依据。

2 材料与方法

2.1 调研与样品采集

2018年,在杨桃4个主产区省份广东、广西、福建、海南进行调研和样品采集,采样覆盖了主产区的湛江市、惠州市,南宁市、玉林市、百色市、钦州市、北流市、福州市、漳州市、海口市、儋州市、临高县、白沙县、澄迈县等14个市县,样品采集于具有一定规模的种植基地、种植大户和产地批发点,每个代表性基地或批发点只采集1个样品。根据种植面积比例,每个市县采集的样品数为4~6个,参照NY/T 789-2004《农药残留分析样品的采样方法》^[12],共采集杨桃70份。

调研发现:杨桃的主要病害有炭疽病、赤斑病、褐斑病、白纹羽病、煤烟病、枯萎病等;虫害包括鸟羽蛾、果蝇、钻心虫、红蜘蛛、丽绿刺蛾、蚜虫等。病虫害以化学农药防治为主物理防治方法为辅,不同的时期施用不同的农药,调查了解到已使用的杀菌剂、杀虫剂及其他农药达10余种。由于气候差别,病虫害严重程度和用药频率差异较大。

2.2 试剂与仪器

乙腈、甲醇(色谱纯,美国默克公司);甲苯(色谱纯,美国迪马公司);氯化钠(分析纯,国药集团化学试剂有限公司);105种农药标准品[100 μg/mL,农业部环境质量监督检验测试中心(天津)];微孔滤膜(0.22 μm 天津津腾公司)。

6890N 气相色谱、7890/5975C 气相色谱-质谱(美国Agilent公司);ACQUITY UPLC TQD 三重四级杆超高效液相色谱串联质谱(美国Waters公司);TGL-16高速离心机(湖南湘仪离心机有限公司);Milli-Q超纯水系统(美国Millipore公司);ME104/02电子天平[可读性0.1 mg,梅特勒-托利多国际贸易(上海)有限公司]。

检测方法参照NY/T 761-2008《蔬菜和水果中有机磷、有机氯、拟除虫菊酯和氨基甲酸酯类农药多残留的测定》^[13]、GB/T 20770-2008《粮谷中486种农药及相关化学品残留量的测定 液相色谱-串联质谱法》^[14]和GB/T 20769-2008《水果和蔬菜中450种农药及相关化学品残留

量的测定 液相色谱-串联质谱法》^[15]。

2.3 农药残留超标判定

本研究检测杨桃中的农药残留共 105 种, 包括了解到已使用的农药和其他常规及禁用农药品种。农药残留超标判定标准参照 GB 2763-2016《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》^[16]中杨桃或热带水果及亚热带水果类的最大残留限量(maximum residue limit, MRL)进行判定。

2.4 风险评估及风险排序

2.4.1 慢性膳食摄入风险计算

对杨桃中检出所有农药残留开展慢性膳食摄入风险计算。杨桃中农药残留慢性膳食暴露风险(percent of acceptable daily intake, %ADI)计算公式如下^[17]:

$$\%ADI = \frac{STMR \times 0.0495}{bw \times ADI} \times 100\% \quad (1)$$

公式(1)中, %ADI 表示慢性摄入风险; STMR (supervised trials median residue)表示农药规范残留中位值; 目前我国缺乏居民各类果蔬品种的消费量, 本评估中日摄入量和其他参数均参照全球环境监测系统/食品污染监测与评估计划 G09 区数据进行计算, 查询亚热带或热带水果日消费量为 0.0495 kg/d^[18]; bw 表示人群平均体重, 按 60.0 kg 计, 参考联合国粮食及农业组织 FAO 数据^[19]; ADI(mg/kg bw)表示每日允许摄入量, 数据来源于食品安全国家标准(GB 2763-2016)^[16]。根据农药残留风险评估原则, %ADI 越小, 农药的慢性膳食摄入风险越小, %ADI 值小于 100.00%时, 表示慢性膳食摄入风险可以接受, 当%ADI 大于 100.00%时, 表示有不可接受的风险。

2.4.2 急性膳食摄入风险计算

杨桃中农药残留的急性膳食暴露风险(%ARfD)计算公式如下^[20]:

$$\%ARfD = \frac{HR \times U \times V + (LP - U) \times HR}{bw} / ARfD \times 100\% \quad (2)$$

$$SM = \frac{ARfD \times bw}{U \times V + LP - U} \quad (3)$$

公式(2)中, LP(大份餐)是某类食品一餐的最大消费量, kg; U 是以可食部分计的产品单个重量, kg; 我国居民消费杨桃大份餐数据缺乏, 参考 WHO 数据, 杨桃大份餐为 0.3882 kg, 单果可食部分重量为 0.155 kg。由于单果可食部分重量低于大份餐, 急性膳食暴露风险通过公式(2)进行计算, 安全界限(SM)通过公式(3)计算。HR 表示最高残留量, V 为变异因子, 是一批产品中不同个体或同一个体中不同部位的残留变异, 一般取 3 计算^[21]; ARfD 表示急性参考剂量(数据源于 CAC 报告)^[22]。根据农药风险评估原则, 当%ARfD ≤ 100.00%时, 表示风险可以接受, 其值越小表明风险越低; 当%ARfD > 100.00%时, 表示有不可

接受的风险。

2.4.3 农药残留风险排序

农残风险排序基于英国兽药残留委员会的排序方法^[23], 毒性指标用药性指标代替, 急性经口毒性采用作毒性, 毒效(ADI 值)、膳食比例、使用频率、高暴露人群、残留水平等指标赋值标准参照聂继云等的研究^[24], 赋值标准见表 1。经口半数致死量(LD₅₀)数据查自中国农药信息网, 分为低毒、中毒、高毒和剧毒 4 类, ADI 值通过查询 GB 2763-2016 获得, 农药使用频率(FOD)、样品中各农药的残留风险得分(S)和残留水平(F)分别采用公式(4)~(6)计算。各农药的残留风险得分为该农药在所有样品中残留风险得分的平均值, 杨桃样品的农药残留风险根据风险得分进行排序, 指数越高, 风险越大。

$$FOD = T/P \times 100 \quad (4)$$

$$S = (A + B) \times (C + D + E + F) \quad (5)$$

$$F = (F_1 \times 1 + F_2 \times 2 + F_3 \times 3) / N \quad (6)$$

上式中, P 为果实发育日数(d, 杨桃从开花到果实成熟经历的时间); T 为果实发育过程中使用该农药的次数; A、B、C、D、E、F 分别表示检出农药的毒性、毒效, 杨桃所占膳食比例、农药使用频率、高暴露人群情况、残留水平得分; 由公式(5)算出的 18 种农药各自的残留风险得分 S; N 为样品总数, 在所有杨桃样品中, F₁ 为该农药有检出低于 1MRL 的样品数, F₂ 为该农药残留值在 1MRL~10MRL 的样品数, F₃ 表示该农药残留值高于 10MRL 的样品数。

3 结果与分析

3.1 杨桃中农药残留检出情况

对 70 批次杨桃样品的农药残留检测结果如表 2 所示, 53 批次样品中检出农药, 检出率 75.7%, 检出农药残留共 18 种, 包括常规杀虫剂、杀菌剂、植物生长调节剂以及禁限用农药, 其中高毒农药 3 种, 中毒农药 8 种, 低毒农药 7 种; 检出率排名前三的农药为多菌灵、甲基毒死蜱和啉虫脒, 检出的禁用农药氟虫腈 1 次, 限用农药氰戊菊酯 8 次、毒死蜱 3 次、三氯杀螨醇 3 次、3-羟基克百威 1 次及灭多威 1 次; 检出农药残留含量为 0.0009~0.3776 mg/kg; 在全部检测样品批次中, 未检出任何农药残留的样品占 24.3%, 检出农药品种为 1~2 种的样品占 60%, 检出农药品种 3~4 种的样品占 7.1%, 检出农药 5 种及以上占 8.6%。根据表 2 标注的最大残留限量值^[16], 针对杨桃, 只有 1 种农药氯氰菊酯制定了的最大残留限量, 其余 6 种农药啉虫脒、氰戊菊酯、氟虫腈、甲氧菊酯、3-羟基克百威、灭多威仅制定了热带和亚热带水果的残留限量。按照参考标准, 在 70 份样品中, 有 4 份荔枝样品农残超标, 超标率 5.7%, 超标农药分别为氟虫腈、三羟基克百威和灭多威。在检出的 18 种农药中, 在杨桃上没有 1 种农药已登记使用。

表 1 杨桃农药残留风险排序赋值标准
Table 1 Scoring criteria for risk ranking of pesticide residue in carambola

指标	分类	赋值	指标	分类	赋值
A-毒性	低毒	2	D-使用频率/%	< 2.5	0
	中毒	3		2.5~20	1
	高毒	4		20~50	2
	剧毒	5		50~100	3
B-毒效/(mg/kg)	$\geq 1 \times 10^{-2}$	0	E-高暴露人群	无	0
	$1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-2}$	1		不太可能	1
	$1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-4}$	2		有可能	2
	$< 1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-4}$	3		无相关数据	3
C-膳食比例/%	< 2.5	0	F-残留水平/(mg/kg)	未检出	0
	2.5~20	1		< 1MRL	1
	20~50	2		≥ 1 MRL	2
	50~100	3		≥ 10 MRL	3

表 2 杨桃中农药残留情况
Table 2 Pesticide residues in carambola

农药	毒性	检出次数	检出率/%	残留值范围/(mg/kg)	超标样品数	最大残留限量/(mg/kg)
多菌灵	低毒	30	42.8	0.0009~0.0502	0	
甲基毒死蜱	中毒	12	17.1	0.0210~0.3663	0	
啶虫脒	低毒	11	15.7	0.0115~0.0351	0	2 [#]
吡啶-乙酸	低毒	9	12.9	0.0019~0.0063	0	
氰戊菊酯	中毒	8	11.4	0.0053~0.0347	0	0.2 [#]
氯氰菊酯	中毒	7	10.0	0.0074~0.0428	0	0.2
噻嗪酮	低毒	5	7.1	0.0085~0.0149	0	
除虫脲	低毒	5	7.1	0.0797~0.3776	0	
吡虫啉	低毒	4	5.7	0.0091~0.0196	0	
阿维菌素	低毒	4	5.7	0.0181~0.1967	0	
毒死蜱	中毒	3	4.3	0.0308~0.0885	0	
三氯杀螨醇	高毒	3	4.3	0.0146~0.2138	0	
氟虫腈	中毒	3	4.3	0.0099~0.0460	2	0.02 [#]
三唑磷	中毒	2	2.9	0.0099~0.0184	0	
联苯菊酯	中毒	2	2.9	0.2873~0.3089	0	
甲氰菊酯	中毒	1	1.4	0.0272	0	5 [#]
3-羟基克百威	高毒	1	1.4	0.0318	1	0.02 [#]
灭多威	高毒	1	1.4	0.0217	1	0.02 [#]

注: #按照热带和亚热带水果限量值判定。

3.2 杨桃中农药残留慢性和急性膳食摄入风险

根据农药残留检出、毒理学及消费等数据,按照公式(1)和(2)分别计算杨桃中检出的 18 种农药的慢性和急性膳食摄入风险,结果见表 3。其中慢性膳食风险前 3 位排序分别是:氟虫腈为 18.3%,三氯杀螨醇为 8.8%,3-羟基克百威 2.6%;急性膳食风险前 3 位排序分别是:3-羟基克百威为 37.0%;联苯菊酯为 35.9%;三唑磷为 21.4%。以上风险值较高的农药涉及禁限用农药,这可能与隐性添加或其它不规范使用农药有关,慢性膳食摄入风险范围为 0%~18.40%,均值 2.03%,急性膳食摄入风险范围为 0.03%~37.00%,均值 5.89%,二者均值远低于 100%,说明杨桃中农药残留风险均较低。各检出农药残留的最高值均远低于安全界限值,进一步说明这些农药的急性膳食摄入风险是可以接受的。

3.3 杨桃中农药残留风险排序

由于没有我国杨桃的膳食摄入数据,通过参考我国

居民食物摄入量和相关研究^[6,25],估算我国居民杨桃摄入量占总膳食的比例为 2.5%~20%,确定杨桃膳食比例赋值为 1。依据农药使用国家标准、未登记农药的使用次数、杨桃果实发育期(约 120 d),确定了农药的使用频率及其赋值。由于我国缺乏高暴露人群的相关数据,本研究采用高暴露人群赋值为 3,以公式(3)~(5)计算风险因子、残留风险得分。同时对农药进行残留风险排序。样品中检出 18 种农药的残留风险排序如图 1。根据残留得分高低,将检出农药分为 3 类,第 1 类为高风险农药,风险得分均大于 20,包括灭多威、3-羟基克百威、三氯杀螨醇 3 种农药;第 2 类为中风险农药,风险得分均处于 15~20,有甲基毒死蜱、氰戊菊酯、氯氰菊酯、氟虫腈、毒死蜱、三唑磷、联苯菊酯、甲氰菊酯 8 种农药;第 3 类为低风险农药,风险得分均小于 15,有多菌灵、啶虫脒、吡虫啉、噻嗪酮、除虫脲、吡虫啉 7 种农药。

表 3 杨桃中农药残留慢性膳食摄入风险和急性膳食摄入风险
Table 3 Chronic dietary intake risk and acute dietary intake risk of pesticide residues in carambola

农药	最高值/(mg/kg)	残留中值/(mg/kg)	ADI/(mg/kg bw)	%ADI	ARfD/(mg/kg bw)	%ARfD	安全界限
多菌灵	0.0502	0.0035	0.03	0.0096	0.5	0.1168	42.97
甲基毒死蜱	0.3663	0.0340	0.01	0.2805	0.1	4.2625	8.59
啶虫脒	0.0351	0.0226	0.07	0.0266	0.1	0.4084	8.59
吡啶-乙酸	0.0063	0.0033	—	—	—	—	—
氰戊菊酯	0.0347	0.0123	0.02	0.0507	0.2	0.2019	17.19
氯氰菊酯	0.0428	0.0195	0.02	0.0804	0.2	0.2490	17.19
噻嗪酮	0.0149	0.0110	0.009	0.1008	0.5	0.0347	42.97
除虫脲	0.3776	0.1025	0.02	0.4228	—	—	—
吡虫啉	0.0196	0.0097	0.06	0.0133	0.4	0.0570	34.37
阿维菌素	0.1967	0.0315	0.002	1.2994	—	—	—
毒死蜱	0.0885	0.0668	0.01	0.5511	0.1	1.0298	8.59
三氯杀螨醇	0.2138	0.2138	0.002	8.8193	0.2	1.2440	17.19
氟虫腈	0.0460	0.0446	0.0002	18.3980	0.03	1.7843	2.58
三唑磷	0.0184	0.0142	0.001	1.1715	0.001	21.4115	0.09
联苯菊酯	0.3089	0.2981	0.01	2.4593	0.01	35.9457	0.86
甲氰菊酯	0.0272	0.0272	0.03	0.0748	0.03	1.0551	2.58
3-羟基克百威	0.0318	0.0318	0.001	2.6235	0.001	37.0046	0.09
灭多威	0.0217	0.0217	0.02	0.0895	0.02	1.2626	1.72

注:“—”表示未查询到相关数据。

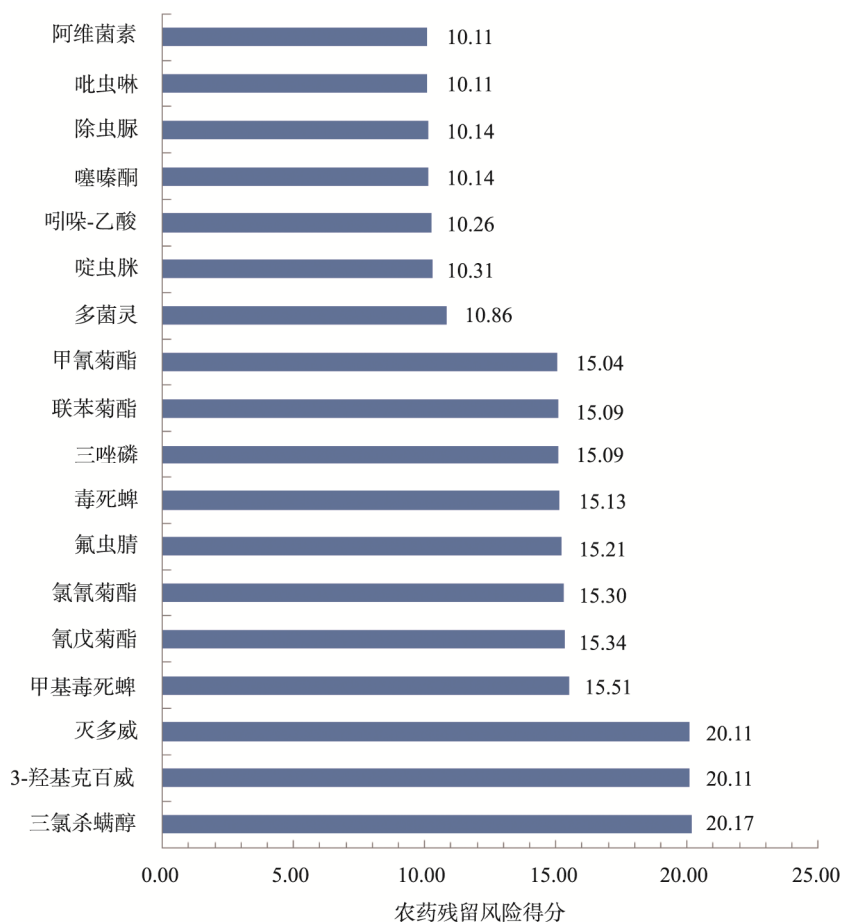


图 1 杨桃中 18 种检出农药的残留风险排序
Fig.1 Risk ranking of 18 pesticides detected in carambola

3.4 杨桃中农药残留风险评估的不确定因素

目前, 由于我国农药残留风险评估研究依赖的基础数据相对缺乏, 本研究的风险评估过程仍需借鉴国际通用的评估方法和一些外国人群研究数据, 使得所获膳食摄入风险计算和农药分级结果可能存在不确定性。为了获得更精准的风险评估结果, 未来的研究应加快建立和完善各类果品消费数据、农药毒理学数据等基础数据库, 同时积极探索符合我国国情的风险评估方法和模型。

4 结 论

主产区广东、广西、福建、海南杨桃中农药残留慢性膳食摄入风险和急性膳食摄入风险较低, 平均值分别为 2.03% 和 5.89%, 远低于 100%。但在杨桃中检出农药多残留的情况依然普遍存在, 而且禁用农药仍有检出, 建议加强质量安全源头监管、同时结合风险排序结果, 在杨桃生产过程中重点关注灭多威、3-羟基克百威、三氯杀螨醇 3 种高风险农药。此外, 杨桃上的可使用农药登记和农药最大残留限量标准极为欠缺, 建议加快相应使用农药的登

记和最大农残限量标准的制修订, 这对于杨桃安全生产、安全消费和质量安全监管非常必要。

参考文献

- [1] Bicas JL, Molina G, Dionisio AP, *et al.* Volatile constituents of exotic fruits from Brazil [J]. *Food Res Int*, 2011, 44(7): 1843–1855.
广东麻榨镇一个杨桃最高拍卖出 18 万元人民币[EB/OL]. [2018-09-23]. <http://www.chinanews.com/cj/2018/09-23/8634673.shtml>
- [2] The highest auction price of a carambola in Mazha town, Guangdong province is 180000 yuan [EB/OL]. [2018-09-23]. <http://www.chinanews.com/cj/2018/09-23/8634673.shtml>.
- [3] 徐国锋, 聂继云, 李海飞, 等. 衍生化结合分散固相萃取-UPLC-MS/MS 法测定果品中 EBDCs 类农药残留[J]. *园艺学报*, 2017, 44(2): 391–398.
Xu GF, Nie JY, Li HF, *et al.* Determination of EBDCs residues in fruit by ultra performance liquid chromatography-mass spectrometry with derivatization and QuEChERS treatment [J]. *Acta Horticult Sin*, 2017, 44(2): 391–398.
- [4] 叶孟亮, 聂继云, 徐国锋, 等. 苹果中 4 种常用农药残留及其膳食暴露评估[J]. *中国农业科学*, 2016, 49(7): 1289–1302.
Ye ML, Nie JY, Xu GF, *et al.* Four common pesticide residues in apple

- and their dietary exposure assessment [J]. *Chin J Agric Sci*, 2016, 49(7): 1289–1302
- [5] 王运儒, 邓有展, 陈永森, 等. 广西荔枝农药残留现状及膳食风险评估[J]. *南方农业学报*, 2018, 49(9): 1804–1810
Wang YR, Deng YZ, Chen YS, *et al.* Pesticide residue status and dietary risk assessment of litchi in Guangxi [J]. *J Southern Agric*, 2018, 49(9): 1804–1810
- [6] 李海飞, 聂继云, 徐国锋, 等. 桃中农药残留分析及膳食暴露评估研究[J]. *分析测试学报*, 2019, 38(9): 1066–1076.
Li HF, Nie JY, Xu GF, *et al.* Study on pesticide residue analysis and dietary exposure assessment in peach [J]. *Acta Anal Sin*, 2019, 38(9): 1066–1076.
- [7] 任晓姣, 刘君, 张水鸥, 等. 西安市鲜食葡萄农药残留风险评估[J]. *农产品质量与安全*, 2019, (6): 73–78.
Ren XJ, Liu J, Zhang SO, *et al.* Risk assessment of pesticide residues in fresh grapes in Xi'an city [J]. *Qual Saf Agric Prod*, 2019, (6): 73–78
- [8] 庞荣丽, 乔成奎, 王瑞萍, 等. 猕猴桃农药残留膳食摄入风险评估[J]. *果树学报*, 2019, 36(9): 1194–1203.
Pang RL, Qiao CK, Wang RP, *et al.* Dietary intake risk assessment of pesticide residues in kiwifruit [J]. *Acta Pomol Sin*, 2019, 36(9): 1194–1203.
- [9] 白新明. 蔬菜农药残留对人体健康急性风险概率评估研究[J]. *食品科学*, 2014, 35(5): 208–212.
Bai XM. The assessment of the probability of acute risk of pesticide residues in vegetables on human health [J]. *Food Sci*, 2014, 35(5): 208–212.
- [10] 李志霞, 聂继云, 闫震, 等. 基于点评估方法的渤海湾产区苹果中农药残留膳食暴露风险研究[J]. *农药学报*, 2015, 17(6): 715–722.
Li ZX, Nie JY, Yan Z, *et al.* Study on dietary exposure risk of pesticide residues in apples in Bohai Bay region based on point assessment method [J]. *Acta Agrol Sin*, 2015, 17(6): 715–722.
- [11] 段云, 关妮, 邓爱妮, 等. 杨桃中化学污染物分析及农药残留暴露评估[J]. *食品科学*, 2015, 36(12): 196–200.
Duan Y, Guan N, Deng AN, *et al.* Analysis of chemical pollutants and exposure assessment of pesticide residues in carambola [J]. *Food Sci*, 2015, 36(12): 196–200
- [12] NY/T 789-2004 农药残留分析样品的采样方法[S].
NY/T 789-2004 Guideline on sampling for pesticide residue analysis [S].
- [13] NY/T 761-2008 蔬菜和水果中有机磷、有机氯、拟除虫菊酯和氨基甲酸酯类农药多残留的测定[S].
NY/T 761-2008 Determination of organophosphorus, organochlorine, pyrethroid and carbamate pesticide residues in vegetables and fruits [S].
- [14] GB/T 20770-2008 粮谷中 486 种农药及相关化学品残留量的测定 液相色谱-串联质谱法[S].
GB/T 20770-2008 Determination of 486 pesticides and related chemicals residues in cereals by liquid chromatography tandem mass spectrometry [S].
- [15] GB/T 20769-2008 水果和蔬菜中 450 种农药及相关化学品残留量的测定 液相色谱-串联质谱法[S].
GB/T 20769-2008 Determination of 450 pesticides and related chemical residues in fruits and vegetables-LC-MS/MS method [S].
- [16] 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].
- [17] 张志恒, 汤涛, 徐浩, 等. 果蔬中氯吡嘧啶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.* 2012. Dietary intake risk assessment of forchlorfenuron residue in fruits and vegetable [J]. *Sci Agric Sin*, 2012, 45(10): 1982–1991.
- [18] Global environment monitoring system-food contamination monitoring and assessment programme (GEMS/food) [R]. (2012) GEMS/Food Cluster Diets. World Health Organization. <http://www.who.int/foodsafety/chem/gems/en/index1.html>.
- [19] Food and Agriculture Organization of the United Nations(FAO). Submission and evaluation of pesticide residues data for estimation of maximum residue levels in food and feed (FAO plant production and protection paper 197) [Z]. Rome: FAO, 2009.
- [20] Szyrka E, Kurdziel A, Matyaszek A, *et al.* Evaluation of pesticide residues in fruits and vegetables from the region of south-eastern Poland [J]. *Food Control*, 2015, 48: 137–142.
- [21] World Health Organization. A template for the automatic calculation of the IESTI [DB/OL]. [2017-11-08]. http://www.who.int/entity/foodsafety/chem/IESTI_calculation_13c.xlt.
- [22] Food and Agricultural Organization [Z]. <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/zh?lnk=1&url>
- [23] Fang LP, Zhang SQ, Chen ZL, *et al.* Risk assessment of pesticide residues in dietary intake of celery in China regul [J]. *Toxicol Pharm*, 2015, 73: 578–586.
- [24] 聂继云, 李志霞, 刘传德, 等. 苹果农药残留风险评估[J]. *中国农业科学*, 2014, 47(18): 3655–3667.
Nie JY, Li ZX, Liu CD, *et al.* Risk assessment of pesticide residues in apples [J]. *Sci Agric Sin*, 2014, 47(18): 3655–3667.
- [25] 张放. 2017 年我国苹果、梨、葡萄和桃进出口统计分析[J]. *中国果业信息*, 2018, 35(12): 25–35.
Zhang F. Statistical analysis of imports and exports of apples, pears, grapes and peaches in China in 2017 [J]. *China Fruit News*, 2018, 35(12): 25–35.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



蒋成, 博士, 助理研究员, 主要研究方向为食品/农产品质量安全和风险评估。
E-mail: jiangcheng0724@163.com