

西安市猕猴桃主产区农药残留风险评估

刘 君, 任晓姣, 张水鸥, 杨 雍*

(西安市农产品质量安全检验检测中心, 西安 710077)

摘 要: **目的** 通过对西安市猕猴桃进行系统的农药残留情况及膳食暴露风险分析, 明确猕猴桃农药残留风险状况。**方法** 对 2018 年西安市周至县 14 个猕猴桃主产乡镇共 200 批次样品进行农药残留定量检测分析, 用每日允许摄入量和急性参考剂量进行慢性膳食摄入风险评估和急性膳食摄入风险评估, 利用猕猴桃大份餐、每日允许摄入量 and 人均参考体重计算最大残留限量估计值。并参照兽药残留风险排序矩阵方法(英国兽药残留委员会)对农药和样品进行风险排序。**结果** 200 个猕猴桃样品中有 137 个样品检出了农药残留, 未有超标农药和禁用农药检出; 在检出的 14 种农药中, 慢性膳食摄入风险和急性膳食摄入风险均值远远小于 100%; 将 14 种检出农药按照风险得分分为 III 类, 第 I 类为高等风险农药, 共 1 种; 第 II 类为中等风险农药, 共 0 种; 第 III 类为低等风险农药, 共有 13 种; 以风险指数排序, 低风险样品占 35.5%, 极低风险样品占 64.5%, 检出农药残留种类为 3 个以上的样品有占比 5.5%, 检出农药残留种类为 1~2 个的样品占比 61.5%, 未检出农药残留有 66 个样品, 占比 33%。**结论** 西安市周至县猕猴桃农药残留处于低风险状态, 但仍然要加强日常监管工作。

关键词: 猕猴桃; 农药残留; 风险评估; 最大残留限量

Risk assessment of pesticide residues in the main producing areas of kiwifruit in Xi'an

LIU Jun, REN Xiao-Jiao, ZHANG Shui-Ou, YANG Yong*

(Xi'an Agricultural Product Quality Safety Inspection and Monitoring Center, Xi'an 710077, China)

ABSTRACT: Objective To determine the risk of pesticide residues in kiwifruit by systematically analyzing pesticide residues and dietary exposure risks of kiwifruit in Xi'an city. **Methods** A total of 200 batches of 14 kiwifruit main producing towns in Zhouzhi county of Xi'an city in 2018, were tested for pesticide residue quantitative analysis. The acceptable daily intake and acute reference dose were used for risk assessment of chronic dietary intake and acute dietary intake risk assessment. Maximum residue limit estimates were calculated by using kiwi large meals, acceptable daily intake and per capita reference weight. The risk sequencing of pesticides and samples was carried out according to the veterinary drug residue risk sequencing matrix method (UK Veterinary Drug Residue Committee). **Results** Among 137 samples of 200 kiwifruit samples, pesticide residues were detected, and no over-standard pesticides and banned pesticides were detected. Among the 14 pesticides detected, the average risk of chronic dietary intake and acute dietary intake was much less than 100%. Totally 14 kinds of detected pesticides were classified into III classes according to risk scores, Class I was a higher risk pesticide (1 species), Class II was a medium risk

基金项目: 西安市科技局农业主导产业发展项目(201806114YF02NC10(1))

Fund: Supported by Xi'an Technology Bureau Agricultural Leading Industry Development Project (201806114YF02NC10(1))

*通讯作者: 杨雍, 高级农艺师, 主要研究方向为农产品质量安全。E-mail:11056189@qq.com

*Corresponding author: YANG Yong, Senior Agronomist, Xi'an Agricultural Product Quality Safety Inspection and Monitoring Center, Xi'an 193 West 2nd Ring, Xi'an 710077, China. E-mail:11056189@qq.com

pesticide (0 species), and Class III was a lower risk pesticide (13 species). According to the risk index, low-risk samples accounted for 35.5% and extremely low-risk samples accounted for 64.5%; samples with more than 3 pesticide residues detected accounted for 5.5%, samples with 1-2 pesticide residues detected accounted for 61.5%, and there were 66 samples with no pesticide residues detected, accounting for 33%. **Conclusion** The pesticide residues of kiwifruit in Zhouzhi county of Xi'an city are in a low-risk state, but daily supervision should still be strengthened.

KEY WORDS: kiwifruit; pesticide residues; risk assessment; maximum residue limit

1 引言

近年来猕猴桃以其独特的风味、丰富的营养价值和药用保健价值深受广大消费者的喜爱,猕猴桃产业是周至县强县富民的主导产业,是西安市一张名牌产业,周至县被农业农村部授予了“中国猕猴桃之乡”称号,猕猴桃也被批准为地理标志保护产品。截止 2018 年,周至县栽植面积达到 41.6 万亩,年产鲜果 49 万吨,占全国总产量的 40%,产值超过 30 亿元,已成为当地人民和地方财政的主要经济来源^[1]。

随着全市猕猴桃种植面积的不断扩大和树龄的增加,其病虫害的发生和危害程度也越来越重,其防治以使用化学农药为主,据农药信息网查询在猕猴桃上登记的农药种类仅有 7 种,其中 2 种植物生长调节剂、3 种杀菌剂、2 种杀虫剂,这就导致生产过程中农药超范围、超剂量使用问题十分突出,严重制约猕猴桃产业的发展,给猕猴桃产品质量安全和农产品对外贸易埋下了重要隐患^[1]。目前国内关于猕猴桃农药残留风险评估相关研究及论文极度缺乏,仅有张志恒等^[2]开展了猕猴桃中氯吡脲的膳食摄入风险评估。刘河疆等^[3]对新疆葡萄开展了农药残留风险评估;乔浩等^[4]对柴达木地区枸杞开展了农药残留风险评估;聂继云等^[5]对苹果开展了农药残留风险评估等,未见对猕猴桃农药残留风险评估系统性分析。

本研究主要针对西安市主产区(周至县)猕猴桃进行系统的农药残留污染状况及膳食暴露风险分析^[6-11],明确猕猴桃农药残留风险状况,以期对猕猴桃用药登记、解决用药问题提供帮助,为猕猴桃消费、农药残留监管和农药最大残留限量值修订提供科学依据。

2 材料与方法

2.1 材料、试剂与仪器

样品来源: 2018 年 9 月~11 月,在西安市周至县马召镇、竹峪镇、广济镇、富仁镇、四屯镇等 14 个猕猴桃主产乡镇抽取 200 个批次样品,主要品种为秦美、徐香、华优、海活德和翠香。

乙腈、甲苯(色谱纯,美国迪马公司); 甲醇(色谱纯,美国西格玛公司); 氯化钠(色谱纯,需 140 °C 烘干 3 h,成

都科龙公司); 微孔滤膜(0.22 μm 天津津腾公司); 农药混合标准品(100 μg/mL,农业部环境质量监督检验测试中心(天津))。

6890N 气相色谱仪、7890/5975C 气质联用仪(美国 Agilent 公司); LCMC-8050 三重四级杆液质联用仪(日本岛津); LXJ-IIB 离心机(上海安亭科学仪器厂); Milli Q 超纯水系统(美国 Millipore 公司); QUINTIX2102 电子天平(感量 0.01 g,德国赛多利斯)。

2.2 农药残留检测方法

采用标准方法对 58 种农药进行样品前处理及数据分析,实验人员操作完全按照标准规范执行,具体参数和采用的标准见表 1。检测结果按照 GB 2763 2016 标准^[6]猕猴桃类及浆果和其它小型水果类中的最大残留限量判定。本文主要对抽检的 200 个猕猴桃样品进行 58 种农药的测定,对有检出样品中的农药种类进行风险评估。对于检出的农药,当样品中的检测值<检测限(limit of detection, LOD)时,用 1/2 LOD 代替^[7]。

2.3 风险评估方法

2.3.1 慢性膳食摄入风险评估

2016 年中国猕猴桃产量(237×104 t)^[12]、加工消耗量以 10%计、贮藏损失率为 25%、出口量为 0.2×104 t、集中消费天数(150 d)、2016 年我国人口数量 13.6 亿^[4,5,7],通过计算,中国居民每人每日猕猴桃消费量为 0.0075 kg。根据公式(1)计算各农药的慢性膳食摄入风险,%ADI 越小,风险越小,%ADI>100%时,则有不可接受的风险,%ADI≤100%时,则风险可以接受^[4,5,7]。

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

公式(1)中,STMR 代表规范试验残留中值,文中取农药残留均值,mg/kg; P 为 0.0075 kg(居民猕猴桃消费量); ADI 为人体每日允许摄入量(acceptable daily intake)^[7], mg/kg bw; bw 为人均体重,按 60 kg 计,参考联合国粮农组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)数据^[13]。

2.3.2 急性膳食摄入风险评估

根据 2018 年联合国粮农组织/世界卫生组织(FAO/WHO)数据^[14]查询可知,居民猕猴桃消费大份餐(large portions, LP)为 0.5487 kg,单果质量为 0.083 kg,个体

表 1 58 种农药参数及采用的标准方法
Table 1 Parameters of 58 pesticides and adopted standard methods

参数	采用的标准方法
甲胺磷、对硫磷、甲基对硫磷、甲拌磷、氧乐果、水胺硫磷、甲基异柳磷、毒死蜱、三唑磷、乐果、乙酰甲胺磷、敌敌畏、丙溴磷、杀螟硫磷、二嗪磷、马拉硫磷、亚胺硫磷、伏杀硫磷、辛硫磷、六六六、氰戊菊酯、氯氰菊酯、甲氰菊酯、氯氟氰菊酯、氟氯氰菊酯、溴氰菊酯、联苯菊酯、氟胺氰菊酯、氟氰戊菊酯、三唑酮、百菌清、异菌脲、三氯杀螨醇、五氯硝基苯、乙烯菌核利	NY/T 761-2008 ^[8]
克百威、涕灭威、灭多威、甲萘威、多菌灵、吡虫啉、氟虫腈、啉虫脒、烯酰吗啉、灭幼脲、灭蝇胺、除虫脲	GB/T 20769-2008 ^[9]
哒螨灵、苯醚甲环唑、嘧霉胺、虫螨腈、咪鲜胺、二甲戊乐灵、噻虫嗪、氟啶脲、甲霜灵、腐霉利	GB/T 23200.8-2016 ^[10]
阿维菌素	GB/T 23200.20-2016 ^[11]

之间差异因子(v)为 $3^{[15-17]}$, 采用 JMPR 国际急性膳食摄入量情形 2a 计算公式(2)计算各农药的估计短期摄入量^[15]。用公式(3)和(4)可计算各农药的急性膳食摄入风险(%ARfD)和安全界限(safety margin, SM)^[5], %ARfD 越小风险越小, 当%ARfD $\leq 100\%$ 时, 风险可以接受; 反之, 当%ARfD > 100%时, 有不可接受的风险。%ARfD 按照公式(2)计算, SM 按照公式(4)计算。

$$ESTI=\frac{U\times HR\times v+(LP-U)\times HR}{bw}$$
 (2)

$$\%ARfD=\frac{ESTI}{ARfD}\times 100$$
 (3)

$$SM=\frac{ARfD\times bw}{U\times v+LP-U}$$
 (4)

公式(2)~(4)中, $ESTI$ 是估计短期摄入量, kg; $ARfD$ 是急性参考剂量(acute reference dose), mg/kg; U 是单果质量, kg; LP 是高端消费量(大份餐), kg; HR 是最大残留值, 取 99.9 百分位点值^[9], mg/kg。

2.3.3 最大残留量估计值

按理论最大日摄入量应不大于每日允许摄入量原则^[4,5,7], 导出最大残留限量估计值计算公式(5)。

$$eMRL=\frac{ADI\times bw}{F}$$
 (5)

公式(5)中, F 为猕猴桃日消费量, 按最大风险原则, 取 LP 值, kg; $eMRL$ 为最大残留限量估计值(maximum residue limit estimate), mg/kg。

2.3.4 风险排序

参考英国兽药残留委员会兽药残留风险排序矩阵方法, 各指标的赋值标准见表 2^[5,18]。毒性采用急性经口毒性, 根据经口半数致死量(LD₅₀)分为剧毒、高毒、中毒和低毒 4 类, 经中国农药信息网查得; 毒效指标(即 ADI 值)查询 GB 2763-2016; 农药使用频率(operating frequency, FOD)按公式(6)计算可得; 样品中各农药的残留风险得分(S)用公式(7)计算。各农药的残留风险得分为该农药在所有样品中的残留风险得分的平均值, 该平均值越大, 残留风险越大。猕猴桃样品的农药残留风险用风险指数排序, 指数越大, 风险越大。风险指数按公式(8)计算。

$$FOD=\frac{T}{P}\times 100$$
 (6)

$$S=(A+B)\times (C+D+E+F)$$
 (7)

$$RI=\sum_{i=1}^n S-TS_0$$
 (8)

公式(6)~(8)中, A : 毒性得分; B : 毒效得分; C : 膳食比例得分; D : 农药使用频率得分; E : 高暴露人群得分; F : 残留水平得分; n : 检出的农药, 单位为种; T 为果实发育过程中使用该农药的次数; P : 果实发育日数(猕猴桃从开花到果实成熟所经历的时间, 单位 d); TS_0 为 n 种农药未检出的样品的残留风险得分, 用公式(7)算出 n 种农药各自的残留风险得分后求和得到^[5]。风险排序指标得分赋值标准如表 2。

表 2 猕猴桃农药残留风险排序指标得分赋值标准
Table 2 Evaluation index of risk ranking of pesticide residues in kiwifruit

指标	毒性	残留水平/(mg/kg)	使用频率/%	毒效/(mg/kg)	高暴露人群/p	膳食比例/%
指标值	低毒	未检出	<2.5	$\geq 1\times 10^{-2}$	无	<2.5
得分	2	1	0	0	0	0
指标值	中毒	<1 MRL	≥ 2.5 且 <20.0	$\geq 1\times 10^{-4}$ 且 $<1\times 10^{-2}$	不太可能	≥ 2.5 且 <20.0
得分	3	2	1	1	1	1
指标值	高毒	≥ 1 MRL 且 ≤ 10 MRL	≥ 20.0 且 <50.0	$\geq 1\times 10^{-6}$ 且 $<1\times 10^{-4}$	很可能	≥ 20.0 且 <50.0
得分	4	3	2	2	2	2
指标值	剧毒	≥ 10 MRL	≥ 50.0 且 <100.0	$<1\times 10^{-6}$	有或无相关数据	≥ 50.0 且 <100.0
得分	5	4	3	3	3	3

注: MRL 为最大残留限量, maximum residue limit。

3 结果分析

3.1 猕猴桃农残检测分析

本次 200 个猕猴桃样品检测中, 共有 137 个样品检出了农药残留, 农药检出率为 68.5%, 未检出超标农药和禁用农药。从农药种类来看, 检出的 14 种农药中包括 1 种高毒农药, 6 种中毒农药和 7 种低毒农药, 基本上属于杀虫杀菌剂, 其残留水平见表 3。其中, 氯氟氰菊酯、氯氰菊酯、啉霉胺检出率最高, 分别为 51.5%、22%、13.5%; 其它农药检出率均低于 10%。所检测出的 14 种农药均未在猕猴桃上登记^[6]。

3.2 农药残留慢性膳食摄入风险

经计算, 农药残留慢性膳食摄入风险(%ADI)见表 4。检出的 14 种农药的慢性膳食摄入风险介于 0.0025%~0.2808%之间, 平均为 0.0577%, 均远低于 100%, 可见, 西安市周至县猕猴桃农药残留慢性膳食摄入风险是可以接受的, 且值很低, 其中毒死蜱、多菌灵、阿维菌素的 %ADI 高于 0.1%, 其余 11 种 %ADI 均低于 0.1%。

3.3 农药残留急性膳食摄入风险

经查询世界卫生组织数据库^[19], 异菌脲、啉霉胺的

急性参考剂量(ARfD)为不必要, 哒螨灵无急性参考剂量信息, 其余 11 种农药的急性参考剂量信息如表 4 所示, 14 种农药残留的急性膳食摄入风险介于 0.13%~8.36%之间, 均值为 6.13%, 远低于 100%, 从表 4 可见各农药的实际最高残留量远小于安全界限, 更加证实了西安市周至县猕猴桃农药残留急性膳食摄入风险是可以接受的, 均处于低风险状态。

3.4 农药残留风险排序

根据文中 2.1 中数据, 结合居民食物摄入量(1056.6 g)^[20,21]进行推算, 中国居民猕猴桃摄入量占总膳食的比例为 0.71%, 根据表 1 确定膳食比例得分(C)为 0。每种农药在猕猴桃上最多使用 3 次, 根据公式(6)算得, 使用频率最大为 2%, 根据表 1 确定使用频率得分(D)为 0。中国不同人群之间水果消费存在差异, 但并无可资判定存在高暴露人群的相关数据^[21], 因此根据表 1 确定高暴露人群得分(E)为 3。通过公式(7)计算出各农药残留的残留风险得分见表 5。将 14 种农药的残留风险得分列于图 1, 将 14 种农药残留按照风险得分分为Ⅲ类, 高等风险农药为第Ⅰ类, 风险得分≥20, 共 1 种, 为阿维菌素; 中等风险农药为第Ⅱ类, 风险得分介于 15~20 之间, 共 0 种; 低等风险农药为第Ⅲ类, 风险得分均<15, 共有 13 种^[4,7]。

表 3 猕猴桃中 14 种农药的残留水平
Table 3 Residue levels of 14 pesticides in kiwifruit

农药	毒性	最大残留限量/(mg/kg)	检出残留的样品数	检出率/%	残留水平/(mg/kg)
毒死蜱	中毒	2	4	2	0.02~0.315
氯氰菊酯	中毒	2	44	22	0.005~0.055
氰戊菊酯	中毒	0.2*	3	1.5	0.005~0.022
甲氰菊酯	中毒	5*	4	2	0.008~0.029
氯氟氰菊酯	中毒	0.2*	103	51.5	0.005~0.139
联苯菊酯	中毒	1	9	4.5	0.005~0.072
异菌脲	低毒	10	1	0.5	0.142
腐霉利	低毒	10	1	0.5	0.014
多菌灵	低毒	0.5*	10	5	0.124~0.368
阿维菌素	高毒	0.02	4	2	0.005
哒螨灵	低毒	2	7	2.5	0.005~0.031
啉霉胺	低毒	7	27	13.5	0.006~0.216
咪鲜胺	低毒	10	5	2.5	0.005~0.021
烯酰吗啉	低毒	5	1	0.5	0.167

注: 最大残留限量一栏中标“*”号的参考浆果和其他小型水果类的限量值, 未标“*”的参考水果类限量值。

表 4 农药残留慢性风险评估和急性风险评估
Table 4 Chronic and acute risk assessment of pesticide residues

农药	慢性风险评估				急性风险评估				
	每日允许摄入量	平均残留量	%ADI	最高残留	99.9 百分位点	急性参考剂量	估计短期摄入量	%ARfD	安全界限
毒死蜱	0.01	0.098	0.1225	0.315	0.3136	0.1	0.0037	3.74	8.40
氯氰菊酯	0.02	0.014	0.0088	0.055	0.0547	0.04	0.0007	1.63	3.36
氰戊菊酯	0.02	0.012	0.0075	0.022	0.0220	0.2	0.0003	0.13	16.80
甲氰菊酯	0.03	0.017	0.0071	0.029	0.0290	0.03	0.0003	1.15	2.52
氯氟氰菊酯	0.02	0.024	0.0150	0.139	0.1388	0.02	0.0017	8.27	1.68
联苯菊酯	0.01	0.022	0.0275	0.072	0.0716	0.01	0.0009	8.53	0.84
异菌脲	0.06	0.142	0.0296	0.142	0.1420	---	0.0017	---	---
腐霉利	0.1	0.014	0.0018	0.014	0.0140	0.1	0.0002	0.17	8.40
多菌灵	0.03	0.207	0.0863	0.368	0.3674	0.1	0.0044	4.38	8.40
阿维菌素	0.002	0.005	0.0313	0.005	0.0050	0.003	0.0001	1.99	0.25
哒螨灵	0.01	0.010	0.0125	0.031	0.0309	---	0.0004	---	---
啉霉胺	0.2	0.086	0.0054	0.216	0.2154	---	0.0025	---	---
咪鲜胺	0.01	0.009	0.0113	0.021	0.0210	0.1	0.0003	0.25	8.40
烯酰吗啉	0.2	0.167	0.0104	0.167	0.1670	0.1	0.0020	1.99	8.40

表 5 猕猴桃中 14 种农药的残留风险赋得分
Table 5 Score of indices for risk ranking of 14 pesticides in kiwifruit

农药	A	B	C	D	E	S
毒死蜱	3	0	0	0	3	12.09
氯氰菊酯	3	0	0	0	3	12.18
氰戊菊酯	3	0	0	0	3	12.09
甲氰菊酯	3	0	0	0	3	12.06
氯氟氰菊酯	3	0	0	0	3	13.55
联苯菊酯	3	0	0	0	3	12.12
异菌脲	2	0	0	0	3	8.01
腐霉利	2	0	0	0	3	8.03
多菌灵	2	0	0	0	3	8.10
阿维菌素	4	1	0	0	3	20.05
哒螨灵	2	0	0	0	3	8.05
啉霉胺	2	0	0	0	3	8.27
咪鲜胺	2	0	0	0	3	8.03
烯酰吗啉	2	0	0	0	3	8.01

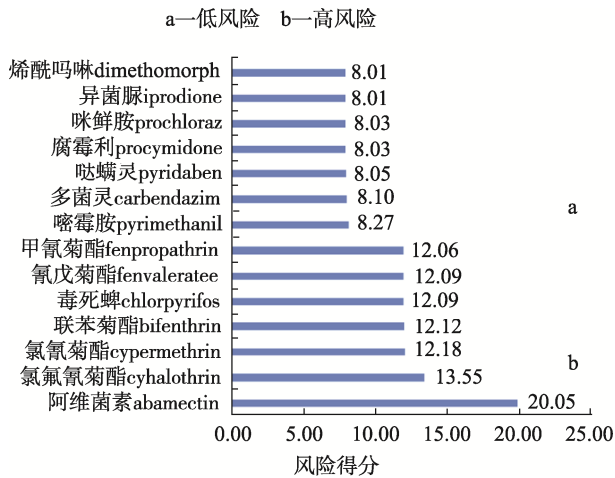


图 1 猕猴桃中 14 种农药的残留风险排序

Fig.1 Ranking of residue risk of 14 pesticides in kiwifruit

按公式(8)计算得到 200 批次猕猴桃样品每批次样品的农药残留风险指数(risk index, RI)。以 5 为 RI 级差将 200 批次猕猴桃样品分为两类, 低风险样品($5 \leq RI < 10$)共有 71 个, 占 35.5%; 极低风险样品($RI < 5$)共有 129 个, 占 64.5%^[4,7]。其中检出农药残留种类为 3 个以上的样品有 11 个, 均未超标, 占比 5.5%; 检出农药残留种类为 1~2 个的样品有 123 个, 均未超标, 占比 61.5%; 未检出农药残留有 66 个样品, 占比 33%。

3.5 猕猴桃农药最大残留限量估计值和建议值

根据公式(5)计算出 14 种农药最大残留限量估计值, 如表 6。检出的 14 种农药中毒死蜱、氯氰菊酯、联苯菊酯、异菌脲、腐霉利、阿维菌素、吡蚜灵、啉霉胺、咪鲜胺、烯酰吗啉共 10 种农药尚未制定 MRL 值。猕猴桃属于浆果类水果, 氰戊菊酯、甲氧菊酯、氯氟氰菊酯、多菌灵 4 种农药采用浆果和其他小型水果类的 MRL 值, 其它采用水果类的 MRL 值。其中氰戊菊酯、氯氟氰菊酯、多菌灵 3 种农药的最大残留限量值与最大残留限量估计值相比, MRL 值制定过严, 甲氧菊酯的 MRL 值制定过松。根据 MRL 比最大残留限量估计值(maximum residue limit estimate, eMRL)略低或略高的原则, 建议将猕猴桃中毒死蜱、氯氰菊酯、氰戊菊酯、甲氧菊酯、氯氟氰菊酯、联苯菊酯、异菌脲、腐霉利、多菌灵、阿维菌素、吡蚜灵、啉霉胺、咪鲜胺、烯酰吗啉 14 种农药的建议值为 1、2、2、3、2、1、6.5、10、3、0.2、1、22、1、22 mg/kg。14 种农药的 99.5 百分位点^[22-25]残留值也明显低于最大残留限量和最大残留限量建议值, 说明 MRL 值和 RMRL 值可以保护消费者健康。

4 结论与讨论

按照检测项目, 对 200 个猕猴桃样品进行了农药残留

检测, 检测的 58 种农药中 44 种农药未检出, 毒死蜱、氯氰菊酯、氯氟氰菊酯、氰戊菊酯、甲氧菊酯、异菌脲、联苯菊酯、腐霉利、多菌灵、阿维菌素、吡蚜灵、啉霉胺、咪鲜胺、烯酰吗啉共 14 种农药有不同程度的检出, 但均未超标。所检出的农药中都属于杀虫杀菌剂, 其中氯氟氰菊酯检出率最高, 为 51.5%, 其次是氯氰菊酯, 检出率为 22%, 可见这 2 种农药已成为西安市周至县猕猴桃生产中较为常用的农药, 在慢性膳食摄入风险和急性膳食摄入风险评估中也处于低风险状态; 经查询, 这 2 种农药均属中等毒性, 活性较高, 药效迅速, 正确使用时对作物安全^[25], 建议将氯氟氰菊酯和氯氰菊酯两种农药在猕猴桃上进行登记, 制定农药合理使用准则和科学用药指南。为果农节约成本、保障安全、增加收益。

表 6 猕猴桃农药最大残留限量估计值和建议值

Table 6 eMRLs of pesticides and RMRLs of pesticides in kiwifruit

农药	ADI	MRL	eMRL	RMRL	P _{99.5}
毒死蜱	0.01	2	1.0935	1	0.3079
氯氰菊酯	0.02	2	2.1870	2	0.0537
氰戊菊酯	0.02	0.2*	2.1870	2	0.0219
甲氧菊酯	0.03	5*	3.2804	3	0.0289
氯氟氰菊酯	0.02	0.2*	2.1870	2	0.138
联苯菊酯	0.01	1	1.0935	1	0.0702
异菌脲	0.06	10	6.5610	6.5	0.0142
腐霉利	0.1	10	10.9349	10	0.014
多菌灵	0.03	0.5*	3.2805	3	0.365
阿维菌素	0.002	0.02	0.2187	0.2	0.005
吡蚜灵	0.01	2	1.0935	1	0.0306
啉霉胺	0.2	7	21.8699	22	0.213
咪鲜胺	0.01	10	1.0935	1	0.0209
烯酰吗啉	0.2	5	21.8699	22	0.167

注: P_{99.5} 为 99.5 百分位点残留量。

通过分析表明西安市周至县猕猴桃中残留的各农药的慢性膳食摄入风险和急性膳食摄入风险均远远<100%, 风险可接受, 各农药的最高残留量均远小于安全界限。从农药残留风险排序来看, 所检出的 14 种农药中阿维菌素为高风险农药, 建议果农今后少用甚至不用, 剩下的 13 种农药都为低风险农药。针对本次所有样品的农药残留风险指数来看, 35.5%的样品为低风险, 64.5%的样品为极低风险。综合分析结果表明西安市周至县猕猴桃农药残留处于低风险状态^[17]。

农药最大残留限量标准是判别食品安全的前提条件,

也是制定良好农业规范、保护生态环境的基础条件^[26]。最大残留限量值制定过宽不利于保证消费者健康和保护环境^[7],过严则会造成果因经济成本增加等衍生出的一些其它问题,因此农药最大残留限量标准的制定必须科学合理。根据公式(5)计算出最大残留估计值,提出毒死蜱、氯氰菊酯、氰戊菊酯、甲氰菊酯、氯氟氰菊酯、联苯菊酯、异菌脲、腐霉利、多菌灵、阿维菌素、哒螨灵、啉霉胺、咪鲜胺、烯酰吗啉 14 种农药的 MRL 建议值为 1、2、2、3、2、1、6.5、10、3、0.2、1、22、1、22 mg/kg。

猕猴桃作为水果中的维 C 之王,深受消费者喜爱,而我国针对猕猴桃的农药登记以及最大残留限量标准不足,而在生产过程中病虫害发生较多,防控病虫害上采用多种农药多轮次使用、加之后续需要防腐、保鲜、催熟和储运,使用农药品种过多,不论从种类还是数量上看都不能满足猕猴桃生产使用^[27,28],因此,应该立足长远,主动加强对猕猴桃的生产管理用药登记,及时制修订农药最大残留限量标准,缩短中国与发达国家在猕猴桃国际贸易中的距离。

参考文献

- [1] 周至猕猴桃[EB/OL]. [2018-07-09]. <https://baike.baidu.com/item/%E5%91%A8%E8%87%B3%E7%8C%95%E7%8C%B4%E6%A1%83/10234242?fr=aladdin>.
- [2] Zhouzhi kiwifruit [EB/OL]. [2018-07-09]. <https://baike.baidu.com/item/%E5%91%A8%E8%87%B3%E7%8C%95%E7%8C%B4%E6%A1%83/10234242?fr=aladdin>.
- [3] 张志恒, 汤涛, 徐浩, 等. 果蔬中氯吡啶残留的膳食摄入风险评估[J]. 中国农业科学, 2012, 45(10): 1982–1991.
- [4] Zhang ZH, Tang T, Xu H, *et al.* Residues and dietary intake risk assessment of dithianon and pyraclostrobin in the jujube [J]. *Sci Agric Sin*, 2012, 45(10): 1982–1991.
- [5] 刘河疆, 康露, 华震宇, 等. 新疆鲜食葡萄产区农药残留风险评估[J]. 江西农业大学学报, 2018, 40(4): 714–724.
- [6] Liu HJ, Kang L, Hua ZY, *et al.* Risk assessment of pesticide residues in xinjiang table grape producing areas [J]. *J Jiangxi Agric Univ*, 2018, 40(4): 714–724.
- [7] 乔浩, 孙小凤, 韩燕, 等. 柴达木地区枸杞农药残留风险评估[J]. 农产品质量与安全, 2017, (5): 38–43.
- [8] Qiao H, Sun XF, Han Y, *et al.* Risk assessment of pesticide residues in qaidam [J]. *Qual Saf Agro-Prod*, 2017, (5): 38–43.
- [9] 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.
- [10] Nie JY, Li ZX, Liu CD, *et al.* Risk assessment of pesticide residues in apples [J]. *Sci Agric Sin*, 2014, 47(18): 3655–3667.
- [11] GB 2763-2016 食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量[S].
- [12] GB 2763-2016 National food safety standard-Maximum residue limits for pesticides in food [S].
- [13] 王冬群, 华晓霞. 慈溪市葡萄农药残留膳食摄入风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(3): 1018–1024.
- [14] Wang DQ, Hua XX. Dietary intake risk assessment of pesticide residues on grape in Cixi city [J]. *J Food Saf Qual*, 2017, 8(3): 1018–1024.
- [15] 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].
- [16] NY/T 761-2008 Pesticide multiresidue screen methods for determination of organophosphorus pesticides, organochlorine pesticides, pyrethroid pesticides and carbamate pesticides in vegetables and fruits [S].
- [17] 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].
- [18] GB/T 20769-2008 Determination of 450 pesticides and related chemicals residues in fruit and vegetables-Liquid chromatography-tandem mass spectrometry [S].
- [19] GB 23200.8-2016 食品安全国家标准 水果和蔬菜中 500 种农药及相关化学品残留量的测定 气相色谱-质谱法[S].
- [20] GB 23200.8-2016 National food safety standards-Determination of 500 pesticides and related chemicals residues in fruits and vegetables-Gas chromatography-mass spectrometry [S].
- [21] GB 23200.20-2016 食品安全国家标准 食品中阿维菌素残留量的测定 液相色谱-质谱/质谱法[S].
- [22] GB 23200.20-2016 National food safety standards-Determination of abamectin residue in foods-Liquid chromatography-mass spectrometry [S].
- [23] 中国猕猴桃产业发展现状分析 [EB/OL]. [2018-07-21]. <http://wemedia.ifeng.com/70189235/wemedia.shtml>.
- [24] Analysis on the development status of Chinese kiwifruit industry [EB/OL]. [2018-07-21]. <http://wemedia.ifeng.com/70189235/wemedia.shtml>.
- [25] 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].
- [26] WHO(World Health Organization). A template for the automatic calculation of the IESTI [Z].
- [27] 高仁君, 陈隆智, 张文吉. 农药残留急性膳食风险评估研究进展[J]. 食品科学, 2007, (2): 363–368.
- [28] Gao RJ, Chen LZ, Zhang WJ. Review on pesticide residues acute dietary risk assessment [J]. *Food Sci*, 2007, (2): 363–368.
- [29] 赵慧宇, 杨桂玲, 叶贵标, 等. 急性膳食风险评估在农药残留限量标准制定中的应用[J]. 浙江农业科学, 2018, 59(9): 1600–1602, 1606.
- [30] Zhao HY, Yang GL, Ye GB, *et al.* Application of acute dietary risk assessment in formulation of pesticide residue limit standard [J]. *Zhejiang Agric Sci*, 2018, 59(9): 1600–1602, 1606.
- [31] The Veterinary Residues Committee-Matrix Ranking Subgroup. Minutes of the meeting held on Wednesday 4 September 2018 at the VMD [EB/OL]. [2014-1-16]. <http://www.vmd.defra.gov.uk/VRC/pdf/papers/2013/vrc1334.pdf>.
- [32] The Veterinary Residues Committee. Annual Report on Surveillance for Veterinary Residues in Food in the UK 2010 [EB/OL]. [2014-1-16]. <http://www.vmd.defra.gov.uk/VRC/pdf/reports/vRCAR2010.PDF>.
- [33] Inventory of evaluations performed by the Joint Meeting on Pesticide Residues(JMPR) [Z].
- [34] 路永莉. 秦岭北麓小流域猕猴桃园氮素营养与调控[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2017.
- [35] Lu YL. Nitrogen nutrition and regulation of macaque peach orchard in small watershed at the north of qinling mountains [D]. Yangling: Northwest A&F University, 2017.

- [21] 金水高. 中国居民营养与健康状况调查报告之十: 2002 营养与健康状况数据集[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2008.
- Jin SG. The tenth report of nutrition and health status for china residents: Data sets for nutrition and health status 2002 [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2008.
- [22] 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.* State and dietary intake risk assessment of pesticide residue in litchi in Guangxi [J]. J Southern Agric, 2018, 49(9): 1804–1810.
- [23] 孙向东, 兰静, 张瑞英, 等. 黑木耳质量安全风险隐患摸底排查与风险评估[J]. 农产品质量与安全, 2018, (6): 8–12.
- Sun XD, Lan J, Zhang RY, *et al.* Black fungus quality safety risk screening and risk assessment [J]. Qual Saf Agro-Prod, 2018, (6): 8–12.
- [24] 韩礼星, 黄贞光, 李明, 等. 加入 WTO 后我国猕猴桃产业的发展策略[J]. 果树学报, 2003, (3): 218–223.
- Han LX, Huang ZG, Li M, *et al.* On the strategies for the development of kiwifruit industry in China after accessed to WTO [J]. J Fruit Trees, 2003, (3): 218–223.
- [25] 农业部种植业管理局, 农业部农药检定所. 新编农药手册第 2 版[M]. 北京: 中国农业出版社, 2014.
- Crop Production Bureau of Ministry of Agriculture. Pesticide testing institute of ministry of agriculture. New pesticide handbook Version 2 [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2014.
- [26] 李太平. 我国农药最大残留限量标准过严的实证分析[J]. 食品工业科技, 2012, 33(9): 358–361, 365.
- Li TP. A positive analysis of excessively rigorous proof of the standards about maximum residue limits for pesticide in agri-food [J]. Sci Technol Food Ind, 2012, 33(9): 358–361, 365.
- [27] 白伟, 姜军侠, 朱岁层, 等. 陕西眉县猕猴桃农药使用现状及存在问题分析[J]. 农药科学与管理, 2018, 39(3): 20–25.
- Bai W, Jiang JX, Zhu SC, *et al.* Status and problems of kiwi pesticide application in Meixian county, Shaanxi province [J]. Pestic Sci Manag, 2018, 39(3): 20–25.
- [28] 任艳玲, 王涛, 王勇, 等. 鲜食猕猴桃国内外农药最大残留限量标准研究[J]. 世界农业, 2018, (6): 49–56, 215.
- Ren YL, Wang T, Wang Y, *et al.* Study on the maximum pesticide residue limits of fresh kiwifruit at home and abroad [J]. World's Agric, 2018, (6): 49–56, 215.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



刘 君, 农艺师, 主要研究方向为农产品质量安全研究。
E-mail: 250569450@qq.com



杨 雍, 高级农艺师, 主要研究方向为农产品质量安全。
E-mail: 11056189@qq.com