



孙红艳,李菁,郝蕊平,等.西安市樱桃农药残留风险评估[J].黑龙江农业科学,2021(9):87-94.

# 西安市樱桃农药残留风险评估

孙红艳<sup>1</sup>,李菁<sup>1</sup>,郝蕊平<sup>2</sup>,贾琦<sup>1</sup>,孟庆庆<sup>1</sup>,杨雍<sup>1</sup>

(1. 西安市农产品质量安全检验监测中心,陕西 西安 710077;2. 西安市农业技术推广中心,陕西 西安 710005)

**摘要:**为了明确西安市主产区樱桃农药残留污染状况及膳食暴露风险,对主产区的 100 个样品进行农药残留检测,分别用 %ADI 和 %ARfD 进行农药残留慢性膳食摄入风险评估和急性膳食摄入风险评估,借鉴英国兽药残留委员会兽药残留风险排序矩阵进行农药和样品风险排序。结果表明:不同批次 100 个樱桃样品中共检出 32 种农药残留,依据现行标准无农药残留超标;检出的 32 种农药中有 30 种未在樱桃上登记,10 种农药尚未在樱桃/水果制定 MRL 值。检出的 32 种农药慢性膳食摄入风险皆低于 100%,急性膳食摄入风险介于 0.000 2%~1.516 0%之间,均值为 0.161 0%,远低于 100%;对各样品的风险指数进行排序,高风险的样品占总体样品的 5%。西安主产区樱桃中农药残留慢性膳食摄入风险和急性膳食摄入风险极低,农药残留大多处于低风险状态。

**关键词:**西安;樱桃;农药残留;风险评估

西安市灞桥区是全国樱桃种植区域中成熟最早的地区之一,也是全国樱桃种植优生区。樱桃产业是灞桥区的主导产业,也是西安市的名牌产业,现总种植面积已达 2 667 hm<sup>2</sup>,年销售额突破 6 亿元,占全市樱桃种植总面积和总产量的 1/2,是农民增收的重要来源<sup>[1]</sup>。2008 和 2012 年,“灞桥樱桃”分别被国家农业部和国家技术监督局认证为国家地理标志保护产品。2010 年,中国果品流通协会评定“灞桥樱桃”为“中华名果”;2015 年,灞桥樱桃入选 2015 年度全国名特优新产品名录;2018 年,灞桥樱桃“东子”品牌入选中国十大樱桃品牌。

在樱桃产业给灞桥栽培户带来显著效益的同时,一些农药使用方面的问题凸显出来。樱桃整个生产过程常见病害近 10 种,虫害近 20 种,在农药信息网<sup>[2]</sup>查询樱桃上登记的农药种类仅有 7 种,其中杀菌剂 3 种,杀虫剂杀螨剂 2 种,植物生长调节剂 2 种;GB 2763—2019《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》<sup>[3]</sup>中有关樱桃的农药限量也较少,杀菌剂 13 种,杀虫剂 8 种,杀螨剂 2 种,植物生长调节剂 1 种。这种现状导致生产过程中农药超范围、超剂量使用问题十分普遍,

存在一定的消费安全隐患,在一定程度上制约了樱桃产业的持续健康发展。本研究主要检测分析了西安市主产区樱桃农药残留现状并进行其膳食暴露风险评估,对于明确当前西安市樱桃栽培农药施用方面存在的安全风险具有重要意义,同时可为农户合理用药提供指导,为有关部门监管提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

2019 年 4—6 月,在西安市长安区、灞桥区采集樱桃样品 100 个,其中灞桥区樱桃样品 70 个。

### 1.2 方法

1.2.1 农药残留检测与超标判定 通过对樱桃园区调研走访,以樱桃种植过程中常用农药、植物生长调节剂以及禁限用农药等 105 种农药为检测对象(具体参数和采用的方法详见表 1)进行农药残留分析,同时开展其风险评估。樱桃中农药残留检测结果依据国家标准《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》(GB 2763—2019)<sup>[3]</sup>,按照限量、同类限量、大类限量(核果类)、水果类中最大限量逐级进行判定。

1.2.2 风险评估参数 樱桃中农药残留风险评估主要参数包括:GB 2763—2019<sup>[3]</sup>确定检出农药的每日允许摄入量(ADI);樱桃中农药残留检测方法的农药残留定量限(LOQ);世界卫生组织(WHO)食品污染监测数据处理指南中的有关规定<sup>[4]</sup>(表 2)。

收稿日期:2021-06-30

基金项目:2019—2020 年陕西省省级农业专项。

作者简介:孙红艳(1982—),女,硕士,农艺师,从事农产品质量安全研究。E-mail:81061758@qq.com。

通信作者:杨雍(1982—),男,学士,高级农艺师,从事农产品质量安全研究。E-mail:11056189@qq.com。

表 1 105 种农药种类及采用的标准方法

种类	采用的标准检测方法
苯醚甲环唑、啉霉胺、哒螨灵、二甲戊灵、甲霜灵、甲基对硫磷、三唑酮、氟氰戊菊酯、氧乐果、毒死蜱、异菌脲、溴氰菊酯、伏杀硫磷、联苯菊酯、氰戊菊酯、甲胺磷、甲拌磷、乙酰甲胺磷、甲基异柳磷、丙溴磷、乐果、三唑磷、五氯硝基苯、甲氰菊酯、腐霉利、氯菊酯、亚胺硫磷、氯氰菊酯、氯氟氰菊酯、氟氯氰菊酯、氟胺氰菊酯、水胺硫磷、马拉硫磷、杀螟硫磷、乙烯菌核利、三氯杀螨醇、敌敌畏、对硫磷、六六六、二嗪磷、灭线磷、久效磷	GB 23200. 113—2018
虫螨腈	GB 23200. 8—2016
百菌清	NY/T 761—2008
多菌灵、烯酰吗啉、克百威、3-羟基克百威、吡虫啉、啉虫脒、除虫脲、氟虫脒、辛硫磷、灭多威、甲萘威、灭幼脲、涕灭威、涕灭威砒、涕灭威亚砒、灭蝇胺、咪鲜胺、氟啶脲、噻虫嗪、异丙威、茚虫威、乙霉威、甲氨基阿维菌素、虫酰肼、戊唑醇、磷胺、地虫硫磷、蝇毒磷、治螟磷、特丁硫磷、氯磺隆、甲磺隆、内吸磷、灭线磷、氯唑磷、杀扑磷、苯线磷亚砒、矮壮素、多效唑、烯效唑、丙环唑、甲拌磷砒、甲拌磷亚砒	GB/T 20769—2008
甲萘酚、赤霉素、对氯苯氧乙酸、3-吡啶乙酸、2-4 滴、脱落酸、6-BA、萘乙酸、噻苯隆、氯吡脞、芸苔素内脂、啉菌酯、氯虫苯甲酰胺、霜霉威、丁硫克百威、醚菌酯、硫线磷、阿维菌素	实验室内部方法

表 2 WHO 关于食品污染未检出数据处理指南

结果<LOQ 的比例	检测值(均值)处理
无,全部定量	真正均值
≤60%	所有<LOQ 结果用 1/2 LOQ 计
>60%但≤80%,至少 25 个结果数量表示	所有<LOQ 结果,得出两个估计值,0 和 LOQ
>80%	所有<LOQ 结果,得出两个估计值,0 和 LOQ,统计学均值、标准差估计需谨慎

1.2.3 慢性膳食摄入风险评估 2018 年樱桃全国产量 41 806 t<sup>[5]</sup>,进口 118.2 t<sup>[6]</sup>,2018 年出口量参照 2017 年,为 50.712 t<sup>[7]</sup>;集中消费时间3月上旬至7月上旬,共计 120 d;查询国家统计局官网 2018 年全国人口 13.953 8 亿<sup>[8]</sup>;参考联合国粮农组织(FAO)数据,人均体重按 60 kg 计<sup>[9]</sup>。通过计算得出中国居民每人每日樱桃消费量为 0.000 25 kg。根据公式(1)计算各农药的国家估计每日摄入量<sup>[10]</sup>:

$$NEDI=\frac{STMR\times F}{bw}$$

(1)

公式(1)中:*NEDI* 为国家估计每日摄入量,mg·kg<sup>-1</sup>,*STMR* 为规范试验残留中值,文中取农药残留均值,mg·kg<sup>-1</sup>; *F* 为居民日均樱桃消费量,kg;*bw* 为人均体重,kg,按 60 kg 计。

慢性膳食摄入风险用国家估计每日摄入量占 ADI 的百分率表示<sup>[10]</sup>:

$$\%ADI(\%)=\frac{NEDI}{ADI}\times 100$$

(2)

公式(2)中:*ADI* 为人体每日允许摄入量<sup>[3]</sup>,mg·kg<sup>-1</sup>。*%ADI*≤100% 表示可接受的慢性风险;*%ADI* 越大,风险越大,*%ADI*>100% 时表

示不可接受的慢性风险<sup>[10-12]</sup>。

1.2.4 急性膳食摄入风险评估 樱桃单果重量小于 25 g,因此采用公式(3)计算各农药的国家估计短期摄入量<sup>[4]</sup>。用公式(4)计算各农药的急性膳食摄入风险(*%ARfD*)<sup>[10]</sup>。

$$NESTI=\frac{LP\times HR}{bw}$$

(3)

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

(4)

公式(3)和(4)中:*NESTI* 为国家估计短期摄入量,mg·kg<sup>-1</sup>; *LP* 为高端消费量(大份餐),kg;*ARfD* 为急性参考剂量,mg·kg<sup>-1</sup>; *HR* 为最大残留值,取 99.9 百分位点值,mg·kg<sup>-1</sup>。

*%ARfD* 越小风险越小,当*%ARfD*≤100% 时,急性膳食风险可以接受;*%ARfD*>100% 则风险不可接受<sup>[10-12]</sup>。

1.2.5 风险排序 樱桃样品的农药残留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,残留水平、使用频率、毒效(即 *ADI* 值)、高暴露人群和膳食比例等 5 项指标的赋值标准<sup>[11-12]</sup>详见表 3。农药毒性以大鼠急性经口 LD<sub>50</sub> 值判定<sup>[13]</sup>(毒性指标中无微毒项,微毒农药毒性得分以低毒计算),毒效指标以农药的 *ADI* 值<sup>[3]</sup>

判定,农药使用频率( $FOD$ )按照公式(5)<sup>[11-12]</sup>计算,农药的残留风险得分( $S$ )为农药在样品中的残留风险得分的平均值,平均值越高,残留风险越大。农药的残留风险得分按公式(6)<sup>[11-12]</sup>计算。

樱桃样品的农药残留风险用风险指数( $RI$ )进行风险排序,指数越大,代表风险越高。风险指数按公式(7)<sup>[11-12]</sup>计算。

$$FOD(\%)=\frac{T}{P}\times100$$

(5)

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

(6)

表3 樱桃农药残留风险排序指标得分赋值标准

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

2 结果与分析

2.1 樱桃农药残留检测分析

对不同批次100个樱桃样品中农药残留进行检测,结果显示,樱桃中农药残留检出率为100%,共检出32种农药残留,根据现行标准无残

$$RI=\sum_{i=1}^nS-TS_0$$

(7)

公式(5)~(7)中: $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$ 、 $F$ 分别为毒性得分、毒效得分、膳食比例得分、农药使用频率得分、高暴露人群得分、残留水平得分; $T$ 为果实发育过程中使用该农药的次数; $P$ 为果实发育日数(樱桃从开花到果实成熟所经历的时间), $d$ ; $n$ 为检出的农药种类; $\sum_{i=1}^nS$ 为样品(樱桃)中 $n$ 种农药各自的残留风险得分后求和; $TS_0$ 为 $n$ 种农药均未检出样品的残留风险得分。

留超标<sup>[3]</sup>情况。检出的32种农药基本为杀虫剂、杀菌剂和植物生长调节剂,包括剧毒农药1种,中毒农药12种,低毒农药15种,微毒农药4种,其毒性及残留情况<sup>[14-17]</sup>见表4。检出的32种农药除苯醚甲环唑和噻苯隆外均未在樱桃上登记。

表4 樱桃中32种农药的残留情况

农药名称	毒性	最大残留限量/(mg·kg <sup>-1</sup> )	检出残留的样品数	检出率/%	<LOQ的比例/%	残留水平/(mg·kg <sup>-1</sup> )
灭蝇胺	低毒	0.50 <sup>①</sup>	2	2	98	0.0027~0.0348
矮壮素	低毒	-	24	24	92	0.0001~0.3944
霜霉威	低毒	-	17	17	99	0.0001~0.1477
多菌灵	低毒	0.50 <sup>②</sup>	100	100	56	0.0001~0.2077
吡虫啉	中毒	0.50 <sup>②</sup>	34	34	73	0.0001~0.0496
啉虫脒	中毒	2.00 <sup>③</sup>	21	21	93	0.0001~0.0244
噻苯隆	低毒	-	5	5	99	0.0001~0.0009
2,4-滴	中毒	0.05 <sup>③</sup>	58	58	100	0.0001~0.0018
氯吡脲	低毒	-	10	10	98	0.0001~0.0068
异丙威	中毒	-	16	16	100	0.0001
多效唑	低毒	0.05 <sup>①</sup>	25	25	96	0.0001~0.0260
烯酰吗啉	低毒	-	18	18	98	0.0001~0.0006
烯效唑	低毒	-	8	8	100	0.0001~0.0010

表 4 (续)

农药名称	毒性	最大残留限量/(mg·kg <sup>-1</sup> )	检出残留的样品数	检出率/%	<LOQ 的比例/%	残留水平/(mg·kg <sup>-1</sup> )
啉菌酯	微毒	2.00 <sup>②</sup>	4	4	99	0.0001~0.0014
戊唑醇	低毒	4.00 <sup>②</sup>	22	22	88	0.0001~0.0374
咪鲜胺	低毒	10.00 <sup>④</sup>	5	5	99	0.0001~0.0054
丙环唑	低毒	5.00 <sup>④</sup>	24	24	79	0.0002~0.0043
虫酰肼	微毒	0.50 <sup>①</sup>	21	21	100	0.0001~0.0002
氟虫腈	中毒	0.02 <sup>③</sup>	1	1	99	0.0015
氯氟氰菊酯	中毒	0.30 <sup>②</sup>	28	28	82	0.001~0.126
氯氰菊酯	中毒	0.30 <sup>①</sup>	35	35	100	0.001~0.006
氰戊菊酯	中毒	0.20 <sup>③</sup>	19	19	100	0.001~0.002
苯醚甲环唑	低毒	0.20 <sup>②</sup>	14	14	97	0.001~0.142
乙酰甲胺磷	低毒	0.50 <sup>③</sup>	39	39	61	0.019~0.106
五氯硝基苯	微毒	-	6	6	99	0.001~0.010
毒死蜱	中毒	3.00 <sup>①</sup>	8	8	99	0.001~0.013
噻虫嗪	低毒	1.00 <sup>③</sup>	13	13	98	0.001~0.052
腐霉利	微毒	-	5	5	98	0.001~0.113
虫螨腈	中毒	-	13	13	100	0.001~0.004
甲氰菊酯	中毒	5.00 <sup>③</sup>	13	13	100	0.001
溴氰菊酯	中毒	0.05 <sup>②</sup>	10	10	100	0.001~0.003
甲拌磷	剧毒	0.01 <sup>③</sup>	18	18	100	0.000089~0.000445

注:1.“-”表示无判定值。  
2. ①为同类限量;②为樱桃限量;③为核果类限量;④为水果类限量。

2.2 农药残留慢性膳食摄入风险

樱桃样品中检出的 32 种农药中,将每种农药检测数据与各自定量限(LOQ)相比较,按照表 2 进行数据处理。

检出农药中,除多菌灵检出数据<LOQ 的比例小于 60%(为 56%),其<LOQ 结果用 1/2 LOQ 计外;其余参数比例均大于 60%,得到未检出数据分别以 0 和 LOQ 代替的慢性膳食摄入风险(%ADI)评估。从表 5 和表 6 中可以看出,无论未检出数据以 1/2 LOQ,0 或 LOQ 代替,检出的 32 种农药慢性膳食摄入风险皆远远低于 100%,最大值仅为 0.000 774%。可见,西安市樱桃农药残留慢性膳食摄入风险极低,可以接受。

2.3 农药残留急性膳食摄入风险

参考 2018 年联合国粮农组织/世界卫生组织(FAO/WHO)数据<sup>[18]</sup>可知,居民樱桃消费大份餐(LP)为 0.001 966 kg;经查询噻苯隆、2,4-滴、啉菌酯和五氯硝基苯的急性参考剂量(ARfD)为

不必要,异丙威、烯效唑无急性参考剂量信息<sup>[11-12,18-20]</sup>,其余 26 种农药的急性参考剂量信息和急性膳食摄入风险如表 7 所示。32 种农药残留的急性膳食摄入风险介于 0.000 2%~1.516 0%之间,均值为 0.161 0%,远低于 100%,说明西安市樱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。

2.4 农药残留风险排序

中国居民日均食物摄入量为 0.956 5 g<sup>[21]</sup>,每人每日樱桃消费量为 0.000 25 kg,计算得到樱桃膳食比例为 0.026%,表 3 查得膳食比例得分(C)为 0。通过调研每种农药在樱桃果实发育过程中基本只使用一次,樱桃从开花到果实成熟经历 50 d<sup>[22]</sup>,公式(5)计算得到使用频率为 2%,表 3 查得使用频率得分(D)为 0。因我国目前并无判定高暴露人群的相关数据,根据表 3 确定高暴露人群得分(E)为 3。各农药残留的残留风险得分详见表 8。按照残留风险得分将 32 种农药

分为Ⅲ类。第Ⅰ类为高等风险农药,风险得分 $\geq 20$ ,共 1 种,为甲拌磷;第Ⅱ类为中等风险农药,风险得分在 15~20 之间,共 2 种,为异丙威和氟虫腈;第Ⅲ类为低等风险农药,风险得分 $<15$ ,其余 29 种农药皆为此类农药。

表 5 31 种农药残留慢性风险评估

农药名称	每日允许摄入量/ (mg•kg <sup>-1</sup> )	未检出数据以 0 代替		未检出数据以 LOQ 代替	
		平均残留量/ (mg•kg <sup>-1</sup> )	%ADI/%	平均残留量/ (mg•kg <sup>-1</sup> )	%ADI/%
灭蝇胺	0.0600	3.75×10 <sup>-4</sup>	2.60×10 <sup>-6</sup>	7.77×10 <sup>-4</sup>	5.39×10 <sup>-6</sup>
矮壮素	0.0500	4.19×10 <sup>-3</sup>	3.49×10 <sup>-5</sup>	5.76×10 <sup>-3</sup>	4.80×10 <sup>-5</sup>
霜霉威	0.4000	1.45×10 <sup>-3</sup>	1.51×10 <sup>-6</sup>	2.16×10 <sup>-3</sup>	2.25×10 <sup>-6</sup>
吡虫啉	0.0600	2.81×10 <sup>-3</sup>	1.95×10 <sup>-5</sup>	3.40×10 <sup>-3</sup>	2.36×10 <sup>-5</sup>
啉虫脒	0.0700	5.26×10 <sup>-4</sup>	3.13×10 <sup>-6</sup>	1.24×10 <sup>-3</sup>	7.39×10 <sup>-6</sup>
噻苯隆	0.0400	9.00×10 <sup>-6</sup>	9.38×10 <sup>-8</sup>	8.51×10 <sup>-4</sup>	8.86×10 <sup>-6</sup>
2,4-滴	0.0100	0	0	2.34×10 <sup>-3</sup>	9.75×10 <sup>-5</sup>
氯吡脞	0.0700	7.70×10 <sup>-5</sup>	4.58×10 <sup>-7</sup>	7.43×10 <sup>-4</sup>	4.43×10 <sup>-6</sup>
异丙威	0.0020	0	0	9.80×10 <sup>-4</sup>	2.04×10 <sup>-4</sup>
多效唑	0.1000	3.28×10 <sup>-4</sup>	1.37×10 <sup>-6</sup>	1.60×10 <sup>-3</sup>	6.65×10 <sup>-6</sup>
烯酰吗啉	0.2000	1.10×10 <sup>-5</sup>	2.29×10 <sup>-8</sup>	2.17×10 <sup>-4</sup>	4.52×10 <sup>-7</sup>
烯效唑	0.0200	0	0	1.05×10 <sup>-3</sup>	2.19×10 <sup>-5</sup>
啍菌酯	0.2000	1.40×10 <sup>-5</sup>	2.92×10 <sup>-8</sup>	8.06×10 <sup>-4</sup>	1.68×10 <sup>-6</sup>
戊唑醇	0.0300	1.50×10 <sup>-3</sup>	2.08×10 <sup>-5</sup>	2.44×10 <sup>-3</sup>	3.39×10 <sup>-5</sup>
咪鲜胺	0.0100	5.40×10 <sup>-5</sup>	2.25×10 <sup>-6</sup>	1.33×10 <sup>-3</sup>	5.55×10 <sup>-5</sup>
丙环唑	0.0700	1.89×10 <sup>-4</sup>	1.13×10 <sup>-6</sup>	3.94×10 <sup>-4</sup>	2.35×10 <sup>-6</sup>
虫酰肼	0.0200	0	0	3.90×10 <sup>-4</sup>	8.13×10 <sup>-6</sup>
氟虫腈	0.0002	1.50×10 <sup>-5</sup>	3.13×10 <sup>-5</sup>	3.71×10 <sup>-4</sup>	7.74×10 <sup>-4</sup>
氯氟氰菊酯	0.0200	5.57×10 <sup>-3</sup>	1.16×10 <sup>-4</sup>	1.38×10 <sup>-2</sup>	2.87×10 <sup>-4</sup>
氯氰菊酯	0.0200	0	0	1.00×10 <sup>-2</sup>	2.08×10 <sup>-4</sup>
氰戊菊酯	0.0200	0	0	1.00×10 <sup>-2</sup>	2.08×10 <sup>-4</sup>
苯醚甲环唑	0.0100	2.10×10 <sup>-3</sup>	8.75×10 <sup>-5</sup>	1.18×10 <sup>-2</sup>	4.92×10 <sup>-4</sup>
乙酰甲胺磷	0.0300	2.20×10 <sup>-2</sup>	3.06×10 <sup>-4</sup>	2.81×10 <sup>-2</sup>	3.90×10 <sup>-4</sup>
五氯硝基苯	0.0100	1.00×10 <sup>-4</sup>	4.17×10 <sup>-6</sup>	1.00×10 <sup>-2</sup>	4.17×10 <sup>-4</sup>
毒死蜱	0.0100	1.30×10 <sup>-4</sup>	5.42×10 <sup>-6</sup>	1.00×10 <sup>-2</sup>	4.18×10 <sup>-4</sup>
噻虫嗪	0.0800	6.40×10 <sup>-4</sup>	3.33×10 <sup>-6</sup>	1.04×10 <sup>-2</sup>	5.44×10 <sup>-5</sup>
腐霉利	0.1000	1.67×10 <sup>-3</sup>	6.96×10 <sup>-6</sup>	1.15×10 <sup>-2</sup>	4.78×10 <sup>-5</sup>
虫螨腈	0.0300	0	0	1.00×10 <sup>-2</sup>	1.39×10 <sup>-4</sup>
甲氰菊酯	0.0300	0	0	1.00×10 <sup>-2</sup>	1.39×10 <sup>-4</sup>
溴氰菊酯	0.0100	0	0	1.00×10 <sup>-2</sup>	4.17×10 <sup>-4</sup>
甲拌磷	0.0100	0	0	1.00×10 <sup>-2</sup>	4.17×10 <sup>-4</sup>

表 6 多菌灵农药残留慢性风险评估

农药名称	每日允许摄入量/ (mg•kg <sup>-1</sup> )	平均残留量/ (mg•kg <sup>-1</sup> )	%ADI/%
多菌灵	0.03	1.02×10 <sup>-2</sup>	1.42×10 <sup>-4</sup>

以公式(7)计算每批次樱桃样品的农药残留风险指数(RI)。以 5 为 RI 级差,将 100 批次樱桃样品分为极低风险样品(RI $<5$ )、低风险样品(5 $\leq$ RI $<10$ )、中风险样品(10 $\leq$ RI $<15$ )、高风

险样品(RI≥15)四大类,其中农药检出数量高风险样品为 7 种,占总样品数量 5%;中风险为 4~6 种,占总样品数量 20%;低风险为 2~4 种,占总

样品数量 36%;极低风险样品为 2 种以下,占总样品数量 39%(图 1)。

表 7 农药残留急性风险评估

农药名称	最高残留/ (mg•kg <sup>-1</sup> )	99.9 百分位点/ (mg•kg <sup>-1</sup> )	急性参考剂量/ (mg•kg <sup>-1</sup> )	国家估计短期摄入量/ (mg•kg <sup>-1</sup> )	%ARfD/%
灭蝇胺	0.0348	0.0348	0.100	6.84×10 <sup>-5</sup>	0.0680
矮壮素	0.3944	0.3855	0.050	7.58×10 <sup>-4</sup>	1.5160
霜霉威	0.1447	0.1424	2.000	2.80×10 <sup>-4</sup>	0.0140
多菌灵	0.2077	0.1939	0.100	3.81×10 <sup>-4</sup>	0.3810
吡虫啉	0.0469	0.0467	0.400	9.19×10 <sup>-5</sup>	0.0230
啉虫脒	0.0244	0.0241	0.100	4.74×10 <sup>-5</sup>	0.0470
噻苯隆	0.0009	0.0009	不必要	1.76×10 <sup>-6</sup>	-
2,4-滴	0.0018	0.0018	不必要	3.45×10 <sup>-6</sup>	-
氯吡脲	0.0068	0.0067	1.000	1.33×10 <sup>-5</sup>	0.0010
异丙威	0.0001	0.0001	-	1.97×10 <sup>-7</sup>	-
多效唑	0.0260	0.0254	0.100	5.00×10 <sup>-5</sup>	0.0500
烯酰吗啉	0.0006	0.0006	0.600	1.18×10 <sup>-6</sup>	0.0002
烯效唑	0.0010	0.0010	-	1.95×10 <sup>-6</sup>	-
啞菌酯	0.0014	0.0014	不必要	2.74×10 <sup>-6</sup>	-
戊唑醇	0.0374	0.0373	0.100	7.34×10 <sup>-5</sup>	0.0730
咪鲜胺	0.0054	0.0054	0.100	1.06×10 <sup>-5</sup>	0.0110
丙环唑	0.0043	0.0043	0.300	8.40×10 <sup>-6</sup>	0.0030
虫酰肼	0.0002	0.0002	0.050	3.93×10 <sup>-7</sup>	0.0010
氟虫腈	0.0015	0.0015	0.003	2.95×10 <sup>-6</sup>	0.0980
氯氟氰菊酯	0.1260	0.1242	0.020	2.44×10 <sup>-4</sup>	1.2210
氯氰菊酯	0.0060	0.0060	0.040	1.17×10 <sup>-5</sup>	0.0290
氰戊菊酯	0.0020	0.0020	0.200	3.93×10 <sup>-6</sup>	0.0020
苯醚甲环唑	0.1420	0.1408	0.300	2.77×10 <sup>-4</sup>	0.0920
乙酰甲胺磷	0.1060	0.1060	0.100	2.08×10 <sup>-4</sup>	0.2080
五氯硝基苯	0.0100	0.0100	不必要	1.96×10 <sup>-5</sup>	-
毒死蜱	0.0130	0.0129	0.100	2.54×10 <sup>-5</sup>	0.0250
噻虫嗪	0.0520	0.0515	0.500	1.01×10 <sup>-4</sup>	0.0200
腐霉利	0.1130	0.1128	0.100	2.22×10 <sup>-4</sup>	0.2220
虫螨腈	0.0040	0.0040	0.030	7.86×10 <sup>-6</sup>	0.0260
甲氰菊酯	0.0010	0.0010	0.040	1.97×10 <sup>-6</sup>	0.0050
溴氰菊酯	0.0030	0.0030	0.050	5.90×10 <sup>-6</sup>	0.0120
甲拌磷	0.0004	0.0004	0.003	8.75×10 <sup>-7</sup>	0.0290

表 8 樱桃中 32 种农药的残留风险赋得分						
农药	A	B	C	D	E	S
灭蝇胺	2	0	0	0	3	8.04
矮壮素	2	0	0	0	3	8.48
霜霉威	2	0	0	0	3	8.34
多菌灵	2	0	0	0	3	10.00
吡虫啉	3	0	0	0	3	13.02
啉虫脒	3	0	0	0	3	12.63
噻苯隆	2	0	0	0	3	8.10
2,4-滴	3	0	0	0	3	13.74
氯吡脲	2	0	0	0	3	8.20
异丙威	3	1	0	0	3	16.64
多效唑	2	0	0	0	3	8.50
烯酰吗啉	2	0	0	0	3	8.36
烯效唑	2	0	0	0	3	8.16
啍菌酯	2	0	0	0	3	8.08
戊唑醇	2	0	0	0	3	8.44
咪鲜胺	2	0	0	0	3	8.10
丙环唑	2	0	0	0	3	8.48
虫酰肼	2	0	0	0	3	8.42
氟虫腈	3	1	0	0	3	16.04
氯氟氰菊酯	3	0	0	0	3	12.84
氯氰菊酯	3	0	0	0	3	13.05
氰戊菊酯	3	0	0	0	3	12.57
苯醚甲环唑	2	0	0	0	3	8.28
乙酰甲胺磷	2	0	0	0	3	8.78
五氯硝基苯	2	0	0	0	3	8.12
毒死蜱	3	0	0	0	3	12.24
噻虫嗪	2	0	0	0	3	8.26
腐霉利	2	0	0	0	3	8.10
虫螨腈	3	0	0	0	3	12.39
甲氰菊酯	3	0	0	0	3	12.39
溴氰菊酯	3	0	0	0	3	12.30
甲拌磷	5	0	0	0	3	20.90

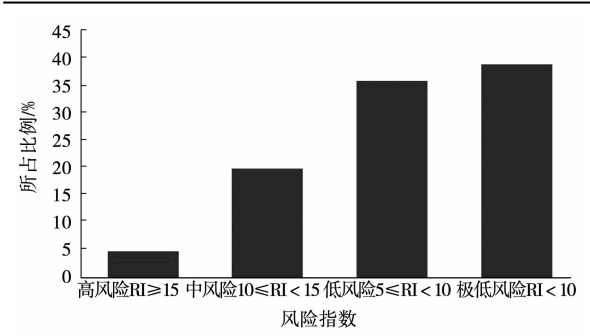


图 1 100 个樱桃样品的农药残留风险指数分布

### 3 讨论

本研究中 32 种检出农药中检出率最高的 3 种农药为多菌灵、2,4-滴和乙酰甲胺磷,检出率分别为 100%、58%和 39%;有 2 种果树禁用农药甲拌磷、氟虫腈检出,检出率分别为 18%和 1%。高效低毒杀菌剂多菌灵和中等毒性植物生长调节剂 2,4-滴,毒性不高,施用效果好,已经成为西安樱桃栽培户的常用农药。因此建议将多菌灵和 2,4-滴在樱桃上进行登记,同时制定合理使用准则,以保证科学用药,合规用药。乙酰甲胺磷由于代谢产物甲胺磷属高毒农药,农业部第 2552 号公告自 2019 年 8 月 1 日起禁止在蔬菜、瓜果、茶叶、菌类和中草药材作物上使用,所以尽管尚未禁止在果树上施用,但应尽量减少使用,降低风险。

禁用农药甲拌磷有较高的检出率,但含量极低,最大仅为 0.000 445 mg·kg<sup>-1</sup>,最大可能为栽培环境中存在该农药残留。同为果树禁用农药的氟虫腈在此次检测中只有 1 个检出,含量是 0.001 5 mg·kg<sup>-1</sup>,是限量的 7.5%,估计为玉米套种引起的农药漂移造成。此两种农药慢性和急性膳食摄入风险均小于 1%,风险低。

调研中发现,樱桃栽培户为避免在病虫害防治过程中抗药性的产生,频繁更换防治范围相近的农药,造成农药残留含量低但种类多,同时检测结果验证了这个情况。此次樱桃样品中检出的 32 种农药,虽然每种农药含量很低,慢性和急性膳食摄入风险均远小于 1,但高风险样品检出农药 7 种,中风险样品检出农药 4~6 种,农药多残留带来的风险仍不可忽视。同时 32 种检出浓药中有 30 种均未在樱桃上登记,说明樱桃栽培中违规用药现象十分普遍,樱桃农药登记过少,这也是导致违规用药的一个客观原因。鉴于我国农药登记审批周期较长等诸多因素,无法短时间解决这一问题,有鉴于此,应根据实际情况尽快制定樱桃栽培团体标准,合法用药,规范用药,降低农药多残留带来的风险,保证樱桃产业持续健康发展。

由于缺乏国内樱桃消费量的相关数据,评估中高端消费量(大份餐)参考采用了巴西的数据,与中国国民的实际情况有所出入;居民消费量是通过文献资料计算得到,而非大数据分析得到。因此,应逐步完善我国开展风险评估的基础数据,建立适合我国农药残留风险评估的数据和方法,得到更为科学可靠的评价结果。

### 4 结论

本试验在不同批次 100 个樱桃样品的 105 种农药残留检测中,共有 32 种农药检出,所有样品

均有农药检出,但均未超标。所有检出的农药在慢性和急性膳食摄入风险均远小于 100%,处于较低的风险状态,风险可接受。各农药的最高残留量均远小于安全界限。对检出的农药进行风险排序,高等风险农药为禁用农药甲拌磷,中等风险农药为异丙威和氟虫腈,其余 29 种农药皆为低风险农药。所有样品的农药残留风险指数情况为高风险样品 5%,中风险样品 20%,低风险样品 36%,极低风险样品 39%。各项指标分析结果表明西安市樱桃农药残留处于低风险状态。

### 参考文献:

- [1] 于世锋,王婷,李菁. 灞桥大樱桃产业发展情况调研[J]. 西北园艺(果树),2020(5):48-51.
- [2] 中国农业信息网. 行业数据[DB/OL]. 2020-08-16. <http://www.chinapesticide.org.cn/hysj/index.jhtml>.
- [3] 中华人民共和国国家卫生健康委员会,中华人民共和国农业农村部,国家市场监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量:GB 2763—2019[S]. 北京:中国农业出版社,2019.
- [4] 罗伟. 食品安全风险分析化学危害评估[M]. 北京:中国质检出版社,2012.
- [5] 产业信息网. 2019 年全球及中国樱桃种植情况分析[EB/OL]. 2020-07-03. <http://www.chyxx.com/industry/202007/879334.html>.
- [6] 产业信息网. 2015—2019 年中国其他制作或保藏的樱桃(20086090)进口数量、进口金额统计[EB/OL]. 2020-05-20. <http://www.chyxx.com/shuju/202005/864981.html>.
- [7] 产业信息网. 2014-2018 年我国暂时保藏的樱桃(08121000)进出口贸易总量及金额统计[EB/OL]. 2018-12-04. <http://www.chyxx.com/shuju/201812/696504.html>.
- [8] 国家统计局. 国家数据 2018 年人口[DB/OL]. 2020-08-16. <https://data.stats.gov.cn/search.htm?s=2018%E5%B9%B4%E4%BA%BA%E5%8F%A3>.
- [9] 联合国粮农组织,世界卫生组织. 食品中化学物风险评估原则和方法[M]. 刘兆平,等译. 北京:人民卫生出版社,2012:165.

- [10] 张志恒,汤涛,徐浩,等. 果蔬中氯吡嘧残留的膳食摄入风险评估[J]. 中国农业科学,2012,45(10):1982-1991.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 农业部种植业管理司,农业部农药检定所. 新编农药手册[M]. 2 版. 北京:中国农业出版社,2013.
- [14] 中华人民共和国国家卫生健康委员会,中华人民共和国农业农村部,国家市场监督管理总局. 食品安全国家标准 植物源性食品中 208 种农药及其代谢物残留量的测定气相色谱-质谱联用法:GB 23200.113—2018[S]. 北京:中国标准出版社,2018.
- [15] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,中华人民共和国农业部,国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 水果和蔬菜中 500 种农药及相关化学品的残留量的测定 GB 23200.8—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2017.
- [16] 中华人民共和国农业部. 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:NY/T 761—2008[S]. 北京:中国农业出版社,2008.
- [17] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 水果和蔬菜中 450 种农药及相关化学品的残留量的测定液相色谱-串联质谱法:GB/T 20769—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2009.
- [18] EFSA[DB/OL]. 2018-02-01. [https://www.efsa.europa.eu/en/applications/pesticides/tools.IESTI\\_calculation20\\_data\\_overview](https://www.efsa.europa.eu/en/applications/pesticides/tools.IESTI_calculation20_data_overview).
- [19] 康露,马巨明,刘河疆,等. 基于急性膳食摄入评估新疆酿酒葡萄农药残留风险[J]. 农产品质量与安全,2018(5):23-28.
- [20] Inventory of evaluations performed by the Joint Meeting on Pesticide Residues (JMPR) [DB/OL]. 2019-08-26. <http://apps.who.int/pesticide-residues-jmpr-database/Home/Range/All>.
- [21] 赵丽云,何宇纳. 中国居民营养与健康状况监测报告之一:2010—2013 年膳食与营养素摄入状况[M]. 北京:人民卫生出版社,2018.
- [22] 全国农业技术推广服务中心. 樱桃高效栽培与病虫害防治彩色图谱[M]. 北京:中国农业出版社,2019.

## Risk Assessment of Pesticide Residues in Cherry in Xi'an

SUN Hong-yan<sup>1</sup>, LI Jing<sup>1</sup>, HAO Rui-ping<sup>2</sup>, JIA Qi<sup>1</sup>, MENG Qing-qing<sup>1</sup>, YANG Yong<sup>1</sup>

(1. Xi'an Agricultural Product Quality and Safety Inspection and Monitoring Center, Xi'an 710077, China;

2. Xi'an Agricultural Technology Extension Center, Xi'an 710005, China)

**Abstract:** In order to clarify the situation of pesticide residue pollution and the risk of dietary exposure of cherry in main production area of Xi'an, 100 samples of cherry in main production area were tested for pesticide residue, chronic dietary exposure risk assessment and acute dietary exposure risk assessment were performed with %ADI and %ARfD, respectively, and risk ranking of pesticides and samples was performed with reference to the veterinary drug residue risk ranking matrix of the UK Veterinary Drug Residues Commission. The results showed that there were 32 kinds of pesticide residues in 100 cherry samples from different batches, and no pesticide residues were found to exceed the standard according to the current standard, MRL values for 10 pesticides have not yet been established in cherries/fruits. The risk of chronic dietary intake of 32 pesticides was lower than 100%, the risk of acute dietary intake ranged from 0.000 2% to 1.516 0%, the mean was 0.161 0%, far lower than 100%, high-risk samples accounted for 5% of the total sample. The risk of chronic dietary intake and acute dietary intake of pesticide residues in cherries in the main production area of Xi'an were very low, and most of pesticide residues were in low risk status.

**Keywords:** Xi'an; cherry; pesticide residue; risk assessment