

王冬群, 胡寅侠, 华晓霞. 慈溪市梨农药残留膳食摄入风险评估[J]. 江苏农业学报, 2016, 32(3): 698-704.

doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2016.03.033

## 慈溪市梨农药残留膳食摄入风险评估

王冬群, 胡寅侠, 华晓霞

(慈溪市农业监测中心, 浙江 慈溪 315300)

**摘要:** 为了给梨安全食用、质量管理和农药最大残留限量值设定提供可靠依据, 在 2009—2013 年对慈溪市生产的 61 批次梨样品进行了农药残留定量检测分析, 分别用急性膳食摄入风险(%*ARfD*)和慢性膳食摄入风险(%*ADI*)指标进行农药残留膳食摄入风险评估, 用大份餐(*LP*)、每日允许摄入量和体质量计算最大残留限量估计值(*eMRL*)。结果表明, 近 5 年来慈溪市梨农药残留检出率为 60.66%, 超标率为 0。三唑酮、氯氟氰菊酯、氯氰菊酯、三唑磷和毒死蜱等 5 种农药检出率较高。检出的 7 种农药的慢性膳食摄入风险(%*ADI*)在 0.008 5% 至 2.380 0% 之间, 均值为 0.400 0%, 风险均可接受; 除三唑磷急性膳食摄入风险(%*ARfD*)为 460.00% 外, 其他农药急性膳食摄入风险(%*ARfD*)在 0.21% 至 19.92% 之间, 均值为 4.97%, 风险也均可接受。在检出的 7 种农药中, 甲氰菊酯最大残留限量值(*MRL*)过松, 氯氟氰菊酯、氰戊菊酯和三唑酮最大残留限量值均过严, 三唑磷在梨中没有相关限量标准。因此建议三唑磷、氯氟氰菊酯、氰戊菊酯、三唑酮和甲氰菊酯的最大残留限量值分别设为 0.1 mg/kg、4.5 mg/kg、2.0 mg/kg、3.0 mg/kg、3.0 mg/kg。

**关键词:** 梨; 农药残留; 膳食摄入; 风险评估

**中图分类号:** X836 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2016)03-0698-07

## Dietary intake risk assessment of pesticide residue in pears in Cixi city

WANG Dong-qun, HU Yin-xia, HUA Xiao-xia

(Cixi Agricultural Supervising and Testing Center, Cixi 315300, China)

**Abstract:** To provide a reliable basis for the safety consumption, quality management, and establishment of maximum residue limits (MRLs) for pesticides in pear, the pesticide residues in 61 pear samples collected from Cixi were detected in 2009—2013 to assess the risk of chronic dietary intake and acute dietary intake of pesticide residues in pears by %*ADI* and %*ARfD*. Estimated maximum residue limits (*eMRLs*) of 7 pesticides were calculated with acceptable daily intake (*ADIs*), large portion consumed (*LP*), and body weight (bw) of consumer. The results showed that the detectable rate of pesticide residues in the past 5 years was 60.66% and no pesticide was out of limits. Five kinds of pesticides including triadimefon, cyhalothrin, cypermethrin, triazophos and chlorpyrifos were highly detectable. The chronic dietary intake risk of the 7 pesticides presented acceptable %*ADI* between 0.008 5%—2.380 0%, with an average of 0.400 0%. The risk of acute dietary intake (%*ARfD*) of the 7 pesticides was between 0.21%—19.92%, with an average of 4.97% except for triazophos (460.00%). The maximum residue limits (*MRLs*) was too lenient for fenpropathrin and too strict for cypermethrin, fenvalerate, and triadimefon. Therefore, MRLS for 5 pesticides (triazophos, cypermethrin, fenvalerate, triadimefon and fenpropathrin) were suggested to be 0.1 mg/kg, 4.5 mg/kg, 2.0 mg/kg, 3.0 mg/kg and 3.0 mg/kg.

**Key words:** pear; pesticide residue; dietary intake; risk assessment

收稿日期: 2015-11-28

作者简介: 王冬群(1976-), 男, 浙江宁波人, 硕士, 高级工程师, 主要从事农产品质量安全监测工作。(Tel) 0574-63976113, (E-mail) wdq1213@sohu.com

梨的种植在慈溪市有悠久的历史<sup>[1]</sup>。近几年由于梨种植经济效益较好, 慈溪市梨种植户越来越多, 面积越来越大。形成了周巷镇和观海卫镇等 2

个梨种植特色镇,梨的种植带动了大量农民致富。但在梨成熟过程中不可避免地使用一些农药用于病虫害防治,农药残留问题引起了部分消费者的顾虑。农药残留不仅影响梨的质量安全水平,而且也是制约梨可持续安全生产的主要因素之一。因此,开展梨农药残留的暴露风险评估和预警风险评估,对于保证梨的食用安全和指导梨种植户科学合理使用农药都具有重要意义。

国外有关水果农药残留风险评价已有较多的报道<sup>[2-3]</sup>;国内水果农药残留风险评价起步较晚,报道不多<sup>[4]</sup>。国内多以利用食品安全指数进行风险评估,而利用慢性和急性膳食摄入风险评价指标进行评价的较少。聂继云等<sup>[4]</sup>开展了苹果农药残留风险评估,张志恒等<sup>[5]</sup>开展了果蔬中氯吡脞残留的膳食摄入风险评估。就梨而言,相关的报道更少。国内农药残留研究虽已涉及梨<sup>[6-8]</sup>,但多属零星涉及,且缺乏系统性。目前未见到利用慢性和急性膳食摄入风险评价指标对梨进行评价的报道。

本研究利用慢性和急性膳食风险评价指标对慈溪市梨农药残留水平与风险进行评价,确定需要重点关注的农药种类,探明现行农药最大残留限量的适宜性,并提出最大残留限量修订建议。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

在2009—2013年以慈溪市种植的梨作为调查分析对象。在梨生产成熟季节对梨随机抽样,并进行梨果实22种农药残留的定量检测分析,5年来共检测梨样品61批次。

### 1.2 样品分析与测定

按照NY/T 761<sup>[9]</sup>方法测定马拉硫磷、氯氰菊酯、水胺硫磷、氧乐果、甲拌磷、联苯菊酯、对硫磷、氰戊菊酯、敌敌畏、磷胺、溴氰菊酯、久效磷、百菌清、三唑磷、三唑酮、甲氰菊酯、乙酰甲胺磷、氟氯氰菊酯、毒死蜱、氯氟氰菊酯、甲胺磷和甲基对硫磷等22种农药残留量。其中2009年仅检测久效磷、乙酰甲胺磷、马拉硫磷、三唑磷、氧乐果、甲拌磷、磷胺、毒死蜱、甲基对硫磷、对硫磷、敌敌畏、水胺硫磷和甲胺磷等13种有机磷农药。所用仪器为安捷伦公司6890N气相色谱仪配7683自动进样器和火焰光度检测器(FPD),安捷伦公司7890A气相色谱仪配7693A自动进样器和微电子捕获检测器( $\mu$ -ECD)。

测定结果按照国家标准GB 2763-2014<sup>[10]</sup>进行判定,并针对检出的农药和全部61批次梨样品进行农药残留风险评估。对于检出的农药,当某个样品中的检测值<LOD(检出限)时,用1/2 LOD代替<sup>[4,11]</sup>。利用慢性、急性膳食摄入风险指标对慈溪市的梨进行相关评估。

### 1.3 慢性膳食摄入风险评估

根据中国人均鲜梨消费量10.24 kg<sup>[12]</sup>和集中消费天数(150 d)<sup>[12]</sup>,折算出中国居民日均梨消费量为0.068 kg。用公式(1)计算各农药的慢性膳食摄入风险(%ADI)<sup>[4-5]</sup>。%ADI越小风险越小,当%ADI≤100%时表示风险可以接受,当%ADI>100%时表示有不可接受的风险。

$$\%ADI = \frac{STMR \times 0.068}{bw \times ADI} \times 100\% \quad (1)$$

(1)式中,STMR为规范试验残留中值,取平均残留值<sup>[4-5]</sup>,单位为mg/kg;0.068为居民日均梨消费量,单位kg;ADI为每日允许摄入量<sup>[10]</sup>,单位mg/kg;bw为体质量,单位kg,按60 kg计<sup>[13]</sup>。

### 1.4 急性膳食摄入风险评估

根据世界卫生组织数据<sup>[14]</sup>,中国居民梨消费的大份餐(LP)为0.685 0 kg,梨单果质量为0.255 kg,梨个体之间变异因子( $\nu$ )为3。用公式(2)计算各农药的估计短期摄入量<sup>[4,14]</sup>。分别用公式(3)和(4)计算各农药的急性膳食摄入风险(%ARfD)和安全界限(SM)<sup>[4-5]</sup>。%ARfD越小风险越小,当%ARfD≤100%时表示风险可以接受,当%ARfD>100%时表示有不可接受的风险。

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

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

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

(2)~(4)式中,ESTI为估计短期摄入量,单位kg;U为单果质量,单位kg;HR为最高残留量,取99.9百分位点值<sup>[5,15]</sup>,单位mg/kg; $\nu$ 为变异因子;LP为大份餐,单位kg;ARfD为急性参考剂量,单位mg/kg。

### 1.5 最大残留限量估计值

从食用安全角度考虑,理论最大日摄入量<sup>[4,5,14]</sup>应不大于每日允许摄入量<sup>[4-5]</sup>。据此导出最大残留限量估计值计算公式,即公式(5)。

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

(5)式中,  $eMRL$  为最大残留限量估计值, 单位  $\text{mg}/\text{kg}$ ;  $F$  为梨日消费量, 按照最大风险原则, 取大份餐 ( $LP$ )<sup>[4]</sup>, 单位  $\text{kg}$ 。

### 1.6 风险排序

借鉴英国兽药残留委员会兽药残留风险排序矩阵<sup>[4]</sup>, 用毒性指标代替药性指标。膳食比例(梨占居民总膳食的百分率)以及农药毒效(即  $ADI$  值)、使用频率、高暴露人群、残留水平等 5 项指标均采用原赋值标准<sup>[16]</sup>, 各指标的赋值标准见表 1。毒性采用急性经口毒性, 根据经口半数致死量 ( $LD_{50}$ ) 分为剧毒、高毒、中毒和低毒 4 类<sup>[17]</sup>, 各农药的  $LD_{50}$  从药物在线网<sup>[18]</sup> 查得。 $ADI$  值从国家标准<sup>[10]</sup> 查得。农药使用频率 ( $FOD$ ) 按公式(6)计算。样品中各农药的残留风险得分 ( $S$ ) 用公式(7)<sup>[4,17]</sup> 计算。各农药

的残留风险得分以该农药在所有样品中的残留风险得分平均值计, 该值越高, 残留风险越大。梨样品的农药残留风险用风险指数排序, 该指数越大, 风险越大。风险指数 ( $RI$ ) 按公式(8)计算。

$$FOD = T/P \times 100 \quad (6)$$

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

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

(6)~(8)式中,  $P$  为果实发育日数(从梨树开花到果实成熟所经历的时间);  $T$  为果实发育过程中使用该农药的次数;  $A$  为毒性得分;  $B$  为毒效得分;  $C$  为梨膳食比例得分;  $D$  为农药使用频率得分;  $E$  为高暴露人群得分;  $F$  为残留水平得分;  $n$  为检出的农药种类;  $TS_0$  为  $n$  种农药均未检出的样品残留风险得分, 用公式(7)算出  $n$  种农药各自的残留风险得分后求和得到。

表 1 梨农药残留风险排序指标得分赋值标准

Table 1 Score of 6 indices for risk ranking of pesticide residues in pear

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

MRL: 最大残留限量值。

## 2 结果与分析

### 2.1 梨农药残留污染情况分析

通过农药残留定量检测发现, 61 批次梨样品中有 37 批次不同程度地检出农药残留。3 批次样品同时有 4 种农药残留检出, 8 批次样品同时有 3 种农药残留检出, 13 批次样品有 2 种农药残留检出, 13 批次样品有 1 种农药残留检出, 24 批次样品没有任何农药残留检出。梨中没有禁用农药残留检出。样品农药检出率为 60.66%, 超标率为 0。从不同年份来看, 除了 2009 年没有农药残留检出外, 其他年份都有不同程度的农药残留检出。其中 2011 年检出农药的梨样品数量最多, 为 17 批次 39 项次, 检出的农药种类也最多, 有 6 种农药残留检出。2013 年次之, 为 10 批次 18 项次, 也有 6 种农药残留检出。

在 61 批次梨样品中, 共有 7 种农药 75 项次的

残留检出(表 2)。从农药检出种类来看, 1 种为杀菌剂, 2 种有机磷农药, 4 种拟除虫菊酯类农药。从农药检出次数来看, 氯氰菊酯检出次数最多, 在 21 批次样品中有残留检出, 残留检出量为 0.002 3~0.069 0  $\text{mg}/\text{kg}$ , 均值为 0.016 0  $\text{mg}/\text{kg}$ ; 其次为毒死蜱, 在 14 批次样品中有残留检出, 残留检出量为 0.021 0~0.120 0  $\text{mg}/\text{kg}$ , 均值为 0.053 0  $\text{mg}/\text{kg}$ ; 三唑酮在 13 批次样品中有残留检出, 残留检出量为 0.001 7~0.063 0  $\text{mg}/\text{kg}$ , 均值为 0.016 0  $\text{mg}/\text{kg}$ ; 三唑磷在 10 批次样品中有残留检出, 残留检出量为 0.001 7~0.250 0  $\text{mg}/\text{kg}$ , 均值为 0.100 0  $\text{mg}/\text{kg}$ ; 氯氟氰菊酯在 10 批次样品中有残留检出, 残留检出量为 0.001 6~0.018 0  $\text{mg}/\text{kg}$ , 均值为 0.011 0  $\text{mg}/\text{kg}$ ; 甲氰菊酯在 4 批次样品中有残留检出, 残留检出量为 0.014 0~0.300 0  $\text{mg}/\text{kg}$ , 均值为 0.140 0  $\text{mg}/\text{kg}$ ; 氰戊菊酯在 3 批次样品中有残留检出, 残留检出量

为0.003 4~0.021 0 mg/kg,均值为0.009 7 mg/kg。可见氯氰菊酯在梨成熟过程中使用比较普遍,但其

残留量和其他有检出的农药残留量一样,普遍比较低。

表2 慈溪市梨中农药污染情况

Table 2 Pollution of pesticide residues in pear in Cixi city

农药	毒性	最大残留限量	样本数	检出残留的样品数	检出率(%)	残留水平(mg/kg)
三唑磷	中等毒害	无	61	10	16.39	0.001 7~0.250 0
毒死蜱	中等毒害	≤1	61	14	22.95	0.021 0~0.120 0
氯氟氰菊酯	中等毒害	≤0.2	56	10	17.86	0.001 6~0.018 0
氯氰菊酯	中等毒害	≤2	56	21	37.50	0.002 3~0.069 0
氰戊菊酯	低毒	≤1	56	3	5.36	0.003 4~0.021 0
三唑酮	低毒	≤0.5	56	13	23.21	0.001 7~0.063 0
甲氰菊酯	中等毒害	≤5	56	4	7.14	0.014 0~0.300 0

## 2.2 梨农药残留慢性膳食摄入风险和急性膳食摄入风险

从世界卫生组织(World Health Organization, WHO)数据库<sup>[14]</sup>可查询得到7种农药的急性膳食摄入风险(*ARfD*)。三唑磷、毒死蜱、氯氟氰菊酯、氯氰菊酯、氰戊菊酯、三唑酮、甲氰菊酯等7种农药残留检出限分别为0.010 0 mg/kg、0.020 0 mg/kg、0.000 5 mg/kg、0.003 0 mg/kg、0.002 0 mg/kg、0.001 0 mg/kg、0.002 0 mg/kg<sup>[9]</sup>。应用慢性和急性风险评估的相关公式对测定结果进行计算(表3)。从表3可见,检出的7种农药慢性膳食摄入风险(*ADI*)均远低于100%,在0.008 5%至2.380 0%之间,平均为0.400 0%。说明慈溪梨农药残留慢性膳食摄入风险是可以接受的,而且均很低。除三唑磷慢性膳食摄入风险值(2.380 0%)大于1%外,其余6种农药的慢性膳食摄入风险值均小于0.250 0%。

除三唑磷急性膳食摄入风险(460.00%)大于100%有不可接受风险外,其余6种农药的急性膳食摄入风险均低于100%,在0.21%与19.92%之间,平均值为4.97%,其风险均在可接受范围内。这表明慈溪市的梨农药残留急性膳食摄入风险是可以接受的,而且都很低。从表3还可以看出,除三唑磷外,各农药的最高残留量均远小于安全界限,进一步说明这些农药的急性膳食摄入风险均很低。

## 2.3 梨农药残留风险排序

根据中国梨产量、鲜食量、出口鲜食梨量、贮藏运输损耗率以及居民食物摄入量(1 056.6 g)<sup>[19]</sup>推

算,中国居民梨摄入量占总膳食的比例为6.44%,根据表1确定梨膳食比例得分为1。根据农药合理使用国家标准,每种农药在梨上最多使用3次。本研究的梨均为晚中熟品种或晚熟品种,果实发育期在90~100 d以上。因此,用公式(6)算得,各农药的使用频率均小于2.5%,根据表1确定农药使用频率得分(*D*)为0。虽然中国不同人群之间水果消费存在差异,但并没有可以用来判定存在高暴露人群的相关数据,因此根据表1确定高暴露人群得分(*E*)为3。将7种农药的残留风险得分列于表4。从表4可见,根据各农药的残留风险得分高低,可将7种农药分为3类,第1类为风险得分均大于等于20的高风险农药,共有0种;第2类为风险得分均在大于等于15和小于20之间的中风险农药,共有4种;第3类为风险得分小于15的低风险农药,共有3种。

用公式(8)计算出61批次梨样品各自的农药残留风险指数(*RI*)。以5为*RI*级差,将61批次梨样品分为4类。第1类为高风险样品, $RI \geq 15$ ,共有1个样品,占1.64%;第2类为中风险样品, $10 \leq RI < 15$ ,共有4个样品,占6.56%;第3类为低风险样品, $5 \leq RI < 10$ ,共有19个样品,占31.15%;第4类为极低风险样品, $RI < 5$ 的,共有37个样品,占60.66%。这表明,慈溪梨农药残留风险水平以低和极低为主,占91.81%。在农药残留风险为高或中的5个样品中,没有农药残留超标样品,均为农药多残留样品,检出的农药均在3种以上,最多为4种。

表3 梨农药残留慢性风险评估和急性风险评估

Table 3 Chronic and acute risk assessment of pesticide residues in pear

评价指标	评价参数	三唑磷	毒死蜱	氯氟氰菊酯	氯氰菊酯	氰戊菊酯	三唑酮	甲氰菊酯
慢性风险评估	每日允许摄入量 (mg/kg)	0.001	0.010	0.002	0.050	0.020	0.030	0.030
	平均残留量 (mg/kg)	0.021 0	0.020 0	0.002 2	0.006 7	0.001 5	0.004 0	0.011 0
	慢性膳食摄入风险 (%)	2.380 0	0.230 0	0.130 0	0.015 0	0.008 5	0.0150	0.042 0
急性风险评估	最高残留 (mg/kg)	0.250	0.120	0.023	0.069	0.021	0.063	0.300
	99.9 百分位点残留值 (mg/kg)	0.245 2	0.120 0	0.022 7	0.067 6	0.020 1	0.062 0	0.295 6
	急性参考剂量 (mg/kg)	0.001	0.100	0.020	0.040	0.200	0.080	0.030
	估计短期摄入量 (mg/kg)	0.004 60	0.002 40	0.000 46	0.001 40	0.000 42	0.001 30	0.006 00
	急性膳食摄入风险 (%)	460.00	2.39	2.29	3.44	0.21	1.57	19.92
	安全界限 (mg/kg)	0.05	5.02	1.00	2.01	10.04	4.02	1.51

表4 梨中7种农药的残留风险得分

Table 4 Score of 6 indices of residue risk of 7 pesticides in pear

农药	毒性	毒效	膳食比例	使用频率	高暴露人群	残留水平	在所有样品中的平均分
三唑磷	3	1	1	1	3	2	24.66
毒死蜱	3	1	1	1	3	2	24.92
氯氟氰菊酯	3	1	1	1	3	2	24.71
氯氰菊酯	3	0	1	1	3	2	19.13
氰戊菊酯	2	0	1	1	3	2	12.11
三唑酮	2	0	1	1	3	2	12.46
甲氰菊酯	3	0	1	1	3	2	18.21

## 2.4 现有农药最大残留限量的适用性

在有残留检出的7种农药中,除三唑磷外,均有梨最大残留限量<sup>[10]</sup>。梨中7种农药的最大残留限量估计值(*eMRL*)见表5。从表5可见,氯氟氰菊酯、氰戊菊酯、三唑酮的最大残留限量均比*eMRL*低50%以上。甲氰菊酯最大残留限量比*eMRL*大190%以上,显示甲氰菊酯最大残留限量过松,值得一提的是在梨中甲氰菊酯最大残留限量参考了核果类水果的限量指标。按照最大残留限量可比*eMRL*略低或略高的原则,建议三唑磷、氯氟氰菊酯、氰戊菊酯、三唑酮、甲氰菊酯的最大残留限量分别设为0.1 mg/kg、4.5 mg/kg、2.0 mg/kg、3.0 mg/kg、3.0 mg/kg。从表5可见,除三唑磷外,其余6种农药的99.5百分位点残留值<sup>[4-5]</sup>均显著低于国家最新的最大残留限量或最大残留限量建议值。

## 3 讨论

### 3.1 慈溪市梨农药残留状况

从近5年的监测结果看,5年来共有37批次梨样品不同程度地检出农药残留,没有梨样品农药残留超标,样品农药检出率为60.66%,超标率为0。检出的农药以杀虫类农药为主,且各种农药的残留量都较小。慈溪市梨农药残留慢性膳食摄入风险较低,各农药的慢性膳食摄入风险值均远低于100%,在0.008 5%与2.380 0%之间,平均为0.400 0%。各农药的最高残留量均远小于安全界限。除三唑磷急性膳食摄入风险(*ARfD*)为460.00%大于100%外,其余6种农药的急性膳食摄入风险在0.21%与19.92%之间,平均值为4.97%。因三唑磷在梨中有不可接受的急性膳食摄入风险,应重点关注。从农

药残留风险排序看,没有高风险农药,主要为低风险的农药。从梨样品各自的农药残留风险指数看,只

有 1 个高风险样品,其余样品均为风险低或极低的样品。

表 5 梨中 7 种农药的最大残留限量估计值和 5 种农药的最大残留限量建议值

Table 5 Estimated maximum residue limits (eMRLs) of 7 pesticides and the suggested maximum residue limits (MRLs) of 5 pesticides in pear

参数	三唑磷	毒死蜱	氯氟氰菊酯	氯氰菊酯	氰戊菊酯	三唑酮	甲氰菊酯
ADI (mg/kg)	0.001	0.010	0.002	0.050	0.020	0.030	0.030
eMRL (mg/kg)	0.087 6	0.875 9	0.175 2	4.379 6	1.751 8	2.627 7	2.627 7
MRL (mg/kg)	无	≤1	≤0.2	≤2	≤1	≤0.5	≤5 *
RMRL (mg/kg)	≤0.1	-	-	≤4.5	≤2	≤3	≤3
P99.5 (mg/kg)	0.226 0	0.120 0	0.021 6	0.061 9	0.016 5	0.058 1	0.278 0

ADI:每日允许摄入量;eMRL:最大残留限量估计值;MRL:最大残留限量;RMRL:最大残留限量建议值;P99.5:99.5百分位点残留量。\*没有明确的限量指标,参考了核果类水果的限量指标。-:未提出最大残留限量建议值。

### 3.2 水果农药残留风险评估方法的演进

近几年,水果农药残留风险评估获得了飞速发展。国内刚开始只是对农药残留检测数据进行合格与不合格等简单地分析,直到 2010 年柴勇等引入食品安全指数法对蔬菜进行了农药残留风险评估<sup>[20]</sup>,国内相关的研究才逐渐多起来,在 2012 年前多使用食品安全指数法和安全系数法在水果农药残留风险评估中进行研究。食品安全指数法根据单位体重农药估计摄入量与 ADI 值的比值来衡量农药残留风险大小,属于慢性风险评估范畴。在 2012 年后,张志恒等利用膳食摄入的相关指标 ADI 和 ARfD 对果蔬中氯吡啶残留进行了风险评估<sup>[5]</sup>。2013 年赵敏娟等对江苏省居民有机磷农药膳食累积暴露急性风险进行了评估<sup>[11]</sup>。2014 年聂继云等利用慢性和急性膳食摄入指标对单一水果品种苹果进行了风险评价,认为在农药残留风险排序方面,ADI 和 ARfD 可分别作为农药残留慢性风险和急性风险的排序指标<sup>[4]</sup>。

### 3.3 影响农药残留风险评估方法的不确定性因素

农药残留风险评估方法正处于不断完善过程,在评价过程中还有一些不确定性因素影响评价结果。本研究的梨样本都直接来自规模化种植的水果农场。规模化种植的水果农场管理相对规范,水果质量相对好于散户种植,得到的相关风险评价结果可能要好于整体情况。

膳食数据存在不确定性。本研究中长期膳食摄入评估的膳食数据来自公开发表的文献和卫生部在 2002 年进行的中国居民营养与健康状况调查资料,但是,这些年来中国居民的膳食结构数据在不断变

化中。例如,由于储藏条件和储藏技术的提高,不少水果实现了全年销售,延长了集中消费天数,降低了风险。居民日均消费量的估算,也是通过公开发表的文献资料统计得到,而不是通过大数据分析得到。本研究通过综合相关数据对中国居民日均梨消费量进行了估算,确定为 0.068 kg,与聂继云等<sup>[4]</sup>对苹果的日均消费量研究结果(0.072 kg)相近。而对于体质质量,个体差异较大,国内不同文献引用的有所不同,现在一般采用默认值 60 kg<sup>[4,14]</sup>。单一样品中存在多种农药残留,多种农药残留的累积暴露风险有导致暴露风险较大的可能。这些不确定性因素都给风险评估的结果带来了一定的影响,但是并不能对结果产生决定性影响。

### 3.4 最大残留限量修订建议

根据最大残留限量估计值,中国现行的梨中毒死蜱、氯氟氰菊酯最大残留限量规定合理,甲氰菊酯的最大残留限量过松,其他农药如三唑磷、氯氰菊酯、氰戊菊酯和三唑酮的最大残留限量均过严。因此,建议三唑磷、氯氰菊酯、氰戊菊酯、三唑酮、甲氰菊酯的最大残留限量分别设为 0.1 mg/kg、4.5 mg/kg、2.0 mg/kg、3.0 mg/kg、3.0 mg/kg。

### 参考文献:

- [1] 浙江省慈溪市农林局.慈溪农业志[M].上海:上海科学技术出版社,1991:297.
- [2] European Food Safety Authority. Scientific report of EFSA: the 2010 European Union report on pesticide residues in food[J]. EFSA Journal, 2013, 11(3): 3130.
- [3] European Food Safety Authority. Reasoned opinion: Review of the existing maximum residue levels (MRLs) for diphenylamine ac-

- ording to Article 12 of Regulation (EC) No 396/20051 [J]. EFSA Journal, 2011, 9(8): 2336.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 唐淑军,梁幸,赖勇,等.水果农药残留研究分析[J]. 广东农业科学,2010(8):253-255.
- [7] 王冬群.翠冠梨不同组织中农药残留分布规律[J]. 浙江农业科学,2013(1):63-66.
- [8] 王多加,胡祥娜,禹绍周,等.深圳市水果农药残留污染状况调查[J]. 食品科学,2003,24(8):244-247.
- [9] 中华人民共和国农业部. 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]. 北京:中国农业出版社,2008.
- [10] 中华人民共和国卫生和计划生育委员会,中华人民共和国农业部. GB 2763-2014 食品安全国家标准—食品中农药最大残留限量[S]. 北京:中国标准出版社,2014.
- [11] 赵敏娟,王灿楠,李亭亭,等.江苏居民有机磷农药膳食累积暴露急性风险评估[J]. 卫生研究,2013,42(5):844-848.
- [12] 王文辉,贾晓辉,杜艳民,等.我国梨果生产与贮藏现存的问题与发展趋势[J]. 保鲜与加工,2013,13(5):1-8.
- [13] 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) [M]. Second edition. Rome: FAO, 2009.
- [14] WHO (World Health Organization). A template for the automatic calculation of the IESTI [EB/OL]. [2015-05-08]. [www.who.int/entity/foodsafety/chem/IESTI\\_calculation\\_13c.xlt](http://www.who.int/entity/foodsafety/chem/IESTI_calculation_13c.xlt).
- [15] 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,2007,28(2):363-368.
- [16] The Veterinary Residues Committee. Annual report on surveillance for veterinary residues in food in the UK 2010 [EB/OL]. [2015-05-08]. <http://www.vmd.defra.gov.uk/VRC/pdf/reports/vrcar2010.pdf>.
- [17] 国家技术监督局. GB 15670-1995 农药登记毒理学试验方法[S]. 北京:中国标准出版社,1996.
- [18] 药物在线. 化学物质索引数据库 [DB/OL]. [2016-03-03]. <http://www.drugfuture.com/chemdata/>.
- [19] 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,2008:40.
- [20] 柴勇,杨俊英,李燕,等.基于食品安全指数法评估重庆市蔬菜中农药残留的风险[J]. 西南农业学报,2010,23(1):98-102.

(责任编辑:张震林)