

江景勇, 王会福, 何玲玲, 等. 台州草莓农药残留风险评估[J]. 江苏农业学报, 2017, 33(6): 1408-1414.
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2017.06.030

台州草莓农药残留风险评估

江景勇, 王会福, 何玲玲, 庞一波, 朱昌春
(台州市农业科学研究院, 浙江 临海 317000)

摘要: 为了评估台州市草莓中主要农药的残留情况及其产生的风险, 在台州各县市草莓产区进行了草莓样品采集与测定分析, 并对不同人群的膳食暴露风险进行了评估。结果表明: 88.6% 的草莓样品检出有低浓度农药残留; 共检出 19 种农药残留, 大多为低毒, 无禁用和高毒农药。对检出农药进行不同消费人群风险评估。结果显示: 农药残留急性、累积急性膳食暴露风险和慢性膳食暴露风险在不同群体中均处于较低水平, 各农药急性膳食摄入风险($\%ARfD$) $\leq 7.041\%$, 慢性膳食摄入风险($\%ADI$) 介于 0.000 8% 和 6.848 5% 之间, 均远小于 100%。残留农药的急慢性膳食暴露风险都表现为 2~4 岁女孩 > 2~4 岁男孩 > 18~30 岁女性 > 60~70 岁女性 > 60~70 岁男性 > 18~30 岁男性, 大多不同年龄人群摄入风险为女性高于男性, 急性摄入风险均高于慢性摄入风险, 但均在远低于 100% 的安全范围内, 其风险是可接受的。通过食用草莓摄入的农药残留极其微量, 不会对人体产生急性或慢性风险。

关键词: 草莓; 农药残留; 膳食暴露; 风险评估

中图分类号: X836 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2017)06-1408-07

Risk assessment of pesticide residues in strawberry from Taizhou city

JIANG Jing-yong, WANG Hui-fu, HE Ling-ling, PANG Yi-bo, ZHU Chang-chun
(Taizhou Academy of Agriculture Sciences, Linhai 317000, China)

Abstract: For the risk assessment of main pesticide residues in strawberry, many strawberry samples collected from different strawberry producing counties in Taizhou were measured and analyzed. Dietary intake exposure risk among different consumer groups was assessed. The results showed that 88.6% of strawberry samples had low concentration of pesticide residues. 19 kinds of pesticide residues were detected, and most of them were low toxic, no banned and highly toxic pesticides. The risk assessment results of these pesticides among different consumer groups showed that the acute dietary exposure risk of residues pesticide and accumulated pesticides and chronic dietary exposure risk were at a relatively low level in different groups. The pesticide acute dietary intake risk ($\%ARfD$) was less than 7.041%, and chronic dietary intake risk ($\%ADI$) was between 0.000 8% and 6.848 5%. Acute and chronic dietary exposure risk of pesticide residues showed that: girls 2-4 years old > boys 2-4 years old > women 18-30 years old > women 60-70 years old > men 60-70 years old > men 18-30 year old. The intake risk for most groups was higher in females than that in males. The acute intake risk was higher than chronic

intake risk, but all of them were within the safety range, so the risk was acceptable. There was no acute or chronic risk to the human body by eating very little trace of pesticide residues in the strawberries.

Key words: strawberry; pesticide residues; dietary exposure; risk assessment

收稿日期: 2017-06-21

基金项目: 浙江省小品种农作物农药登记财政扶持项目(2014-2016); 台州市科技计划项目(15ny06)

作者简介: 江景勇(1978-), 男, 河北临西人, 硕士, 高级农艺师, 研究方向为果品安全生产、小浆果新品种选育及推广应用。
(E-mail) jyy5971@163.com

草莓色泽艳丽,风味浓郁,营养丰富,是极其重要的草本浆果。台州市草莓以鲜食为主,设施栽培,草莓花果期长达半年,病虫害较多,施用化学农药是草莓病虫害防治的重要手段和措施。然而,草莓生产中大量施用化学农药给草莓质量安全带来了一定的风险隐患,直接影响到消费者的健康,农民的效益和草莓产业的可持续发展。因此有效地评估和防范农药残留的危害已成为社会关注的焦点。

关于水果农药残留风险评估已经有一些研究报告。李安等^[1]、聂继云等^[2]、王冬群等^[3-4]对枣果、苹果、葡萄、梨等水果中异菌脲、毒死蜱、氯氰菊酯、戊唑醇等农药残留风险进行了膳食摄入风险评估。在草莓上刘剑等^[5]、彭露等^[6]、王冬群等^[7]对成都、慈溪、贵港市等地的草莓中烯酰吗啉、异菌脲、啉霉胺及腐霉利等农药残留风险进行了评估。

对于果蔬农药残留风险评估方法,在草莓上的研究多以食品安全指数(*IFS*)进行草莓农药残留风险评估^[5-7],也有研究者采用风险商(*RQ*)和风险概率(*RP*)分别进行慢性风险和急性风险评估^[8]。苹果、梨、枣等其他水果多采用%*ADI*进行慢性膳食摄入风险评估^[14,9],采用%*ARfD*进行急性膳食摄入风险评估^[14,9-10]。

目前关于台州地区农药残留风险评估尚未见文献报道。本研究应用当前国内外农药残留对人群膳食暴露风险的主要评估方法,通过农药残留水平分析与膳食暴露风险评估,明确当地草莓中常用农药残留水平及风险状况,确定草莓中主要的农药残留种类以及需重点关注的农药风险因子,为草莓安全生产、消费及质量监管提供借鉴和依据。

1 材料方法

1.1 材料

以台州市生产的草莓为研究分析材料。2016年12月16日开始采摘成熟草莓,每15 d左右采样一次,2017年2月底结束,共6批67个样品,每个样品不少于0.5 kg。品种为红颜。

1.2 农药残留检测与判定

每次采样后将样品去除花萼和果柄后进行匀浆并贮存于低温冰箱中以待处理。参考标准方

法^[11-12]检测农业部明令禁止或限制使用的23种高毒农药和调查了解到的45种在本地草莓生产中使用的农药。

检测结果采用《食品安全国家标准食品中农药最大残留限量》(GB 2763-2016)^[13]标准判定样品中农药残留是否超标,尚未制定草莓或小浆果和其他小型水果的农药残留限量规定的结果不判定。

1.3 膳食摄入风险评估

将水果消费人群分为2~4岁幼儿、18~30岁青年、60~70岁老年等不同人群组别,按照性别分为男性组和女性组^[8]。鉴于草莓可能是部分人群消费的重要水果品种,为保护绝大多数人膳食安全的需要,此处的草莓摄入量采用水果摄入量。不同人群体质量与膳食摄入量采用《中国居民营养与健康状况调查报告之十:2002年营养与健康状况数据集》数据^[14]。根据不同人群的体质量和膳食调查结果统计数据^[14-15]。不同消费人群的平均体质量和水果膳食量见表1。

急性膳食摄入风险(%*ARfD*)的计算^[2,16]:

$$\%ARfD = (ESTI/ARfD) \times 100\%$$

$$ESTI = L_p \times HR/bw$$
 式中,*ESTI*为急性膳食暴露量[mg/(kg·d)],*ARfD*为急性参考剂量(mg/kg),*L_p*为水果日消费大份量(kg/d),*HR*为检出的草莓果实最高农药残留量(mg/kg),*bw*为平均体质量(kg)。

慢性膳食摄入风险(%*ADI*)的计算^[17]:

$$\%ADI = (NEDI/ADI) \times 100\%$$

$$NEDI = p \times R/bw$$
 式中,*NEDI*为估计每日摄入量[mg/(kg·d)],*ADI*为每日允许摄入量[mg/(kg·d)],*p*为平均水果消费量(kg),*R*为检测的农药残留平均值(mg/kg),*bw*为人群平均体质量(kg)。

累积性膳食摄入风险的计算^[10]:将同一样品中具有相同作用机制的农药分组进行累积性风险评估。计算公式为:

$$INEDI = L_p \times AR/bw$$

$$\%ARfD = (IESTI \times ARfD) \times 100\%$$

$$AR = \sum_{i=1}^n c_i \times RPF_i$$
 式中,*INEDI*为累积急性膳食摄入量[mg/(kg·d)],*AR*为参考农药的累积当量浓度(mg/kg),*IESTI*为为农药残留估计短期摄入量,*C_i*为*i*种农药浓度(mg/kg),*RPF_i*为*i*种农药相对参考农药的相对强度系数(*RPF*值)。

当%*ARfD*(%*ADI*) ≤ 100%时,表示急(慢)性膳

食摄入风险可以接受, $\%ARfD$ ($\%ADI$) 越小, 风险越小; 反之, 当 $\%ARfD > 100\%$ 时, 表示有不可接受的急性风险, $\%ARfD$ ($\%ADI$) 越大, 风险越大。

表 1 不同消费者群体的平均体质量和水果膳食量

Table 1 Average weight of different consumers and dietary intake of fruits

人 群	体质量 ^[15] (kg)	水果膳食量 ^[15] (kg/d)	大份膳食量 ^[16] (kg/d)
2~4 岁男孩	14.1	0.043 7	0.339 4
2~4 岁女孩	13.4	0.044 4	0.339 4
18~30 岁男性	60.5	0.041 8	0.510 2
18~30 岁女性	52.6	0.052 9	0.510 2
60~70 岁男性	61.3	0.033 8	0.510 2
60~70 岁女性	54.3	0.034 8	0.510 2

表 2 草莓中 19 种农药的残留水平

Table 2 Residue levels of 19 pesticides in strawberries

农药名称	毒性	最大农药 残留限量 (MRLs) (mg/kg)	平均 残留量 (mg/kg)	最高 残留量 (mg/kg)	检出 频次	超标 频次	检出率 (%)	超标率 (%)
嘧霉胺 (Pirimethanil)	低毒	3	0.289 4	1.210 0	32	0	47.8	0
异菌脲 (Iprodione)	低毒	10	0.549 2	2.518 0	30	0	44.8	0
腐霉利 (Procymidone)	低毒	10	0.278 3	2.010 0	26	0	38.8	0
啶酰菌胺 (Boscalid)	低毒	3	0.256 5	1.370 0	25	0	37.3	0
联苯肼酯 (Bifenazate)	低毒	2	0.026 9	0.055 3	22	0	32.8	0
啶虫脒 (Acetamiprid)	低毒	2	0.119 9	0.278 0	14	0	20.9	0
螺螨酯 (Spirodiclofen)	低毒	—	0.037 0	0.086 8	12	0	17.9	0
氯虫苯甲酰胺 (Chlorantraniliprole)	低毒	1	0.027 8	0.054 4	10	0	14.9	0
啉菌环胺 (Cyprodinil)	低毒	2	0.662 9	2.660 0	9	1	13.4	1.49
多菌灵 (Carbendazim)	低毒	0.5	0.041 5	0.015 5	9	0	13.4	0
甲基硫菌灵 (Thiophanate-methyl)	低毒 1	3	0.161 8	0.460 0	7	0	10.4	0
乙螨唑 (Etoxazole)	低毒	—	0.030 0	0.040 8	6	0	9.0	0
吡蚜酮 (Pymetrozine)	低毒	—	0.060 2	0.211 0	5	0	7.5	0
氟啶虫酰胺 (Flonicamid)	低毒	—	0.060 1	0.115 0	4	0	6.0	0
苯醚甲环唑 (Difenoconazole)	低毒	0.2	0.035 2	0.059 6	4	0	6.0	0
吡虫啉 (Imidacloprid)	低毒	1	0.189 2	0.363 0	2	0	3.0	0
氟菌唑 (Triflumizole)	低毒	—	0.039 7	0.046 6	2	0	3.0	0
烯酰吗啉 (Dimethomorph)	低毒	0.05	0.370 0	0.479 0	2	2	3.0	2.98
毒死蜱 (Chlorpyrifos)	中毒	—	0.007 8	0.007 8	1	0	1.5	0

—: 无最大农药残留限量参考值。

2 结果与分析

2.1 台州市草莓农药残留水平

在检测的 67 个草莓样品中, 有 59 个样品检出了农药残留, 占 88.06%; 59 个样品共检出 19 种农药, 1 种中等毒性农药 (毒死蜱), 其余都为低毒, 没有检测到高毒农药 (表 2)。由表 2 可知检出的 19 种农药中, 15 种检出率在 5% 以上, 以联苯肼酯、啶酰菌胺、腐霉利、异菌脲、嘧霉胺检出率最高, 分别为 32.8%、37.3%、38.8%、44.7%、47.7%。1 种农药 (毒死蜱) 禁止在草莓上使用。检出农药中螺螨酯、吡虫啉等 6 种农药尚未制定草莓或小浆果和其他小型水果的农药残留限量规定。67 个样品中有 3 个样品检出农药残留超标, 超标率为 4.47%, 其中 2 个样品超标的农药为烯酰吗啉, 1 个样品超标农药为啉菌环胺。

台州市草莓中农药多残留现象普遍,如图1所示,仅有11.9%的样品未检出农药残留,29.8%样品检出1~2种农药,25.3%的样品检出3~4种农药,32.8%的样品检出5种以上农药。单个样品检出农药残留种类最高9种。

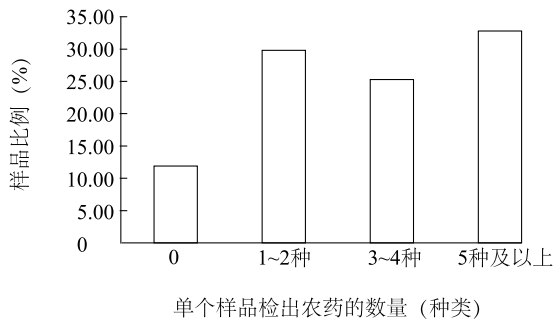


图1 台州草莓样品中农药残留检出种类及分布情况

Fig.1 Types and distribution of pesticide residues detected in strawberry from Taizhou city

不同时段农药残留水平也有一定的差异(图2)。农药的检出出现在开始成熟采摘的12月至第2年的2月,每月样品农药残留检出率都在85%以上,其中1月份样品农药残留检出率最高,达到91.7%。这3个月份检出1~3种农药的样品比例均为最大,其中2月份检出1~3种农药的样品比例占到57.1%。12月份27.2%的样品检出6种及以上的农药,其中检出农药种类最多的3个样品都在该时期;2月份没有检出6种及以上农药残留的样品。

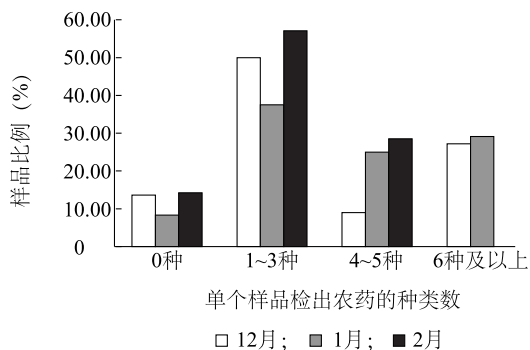


图2 不同时间段的台州草莓样品中农药多残留检出情况

Fig.2 The multi-residues detected in strawberry from Taizhou city in different periods

2.2 草莓农药残留急性膳食摄入风险

世界卫生组织(WHO)认为没有必要设定异菌脲、啉菌胺、腐霉利、啉酰菌胺、联苯肼酯、螺螨酯、氯

虫苯甲酰胺、啉菌环胺、甲基硫菌灵、乙螨唑、吡蚜酮、氟啉虫酰胺、氟菌唑等农药的急性参考剂量^[17]。其余农药的 $ARfD$ 值^[18]及风险评估结果见表3。由表3可知,不同人群通过食用草莓摄入啉虫脒、多菌灵、苯醚甲环唑、吡虫啉、烯酰吗啉、毒死蜱的急性膳食暴露风险不同,其急性膳食暴露风险($\%ARfD$)均远低于100%,分别为2.314%~7.041%、0.129%~0.393%、0.165%~0.503%、0.755%~2.298%、0.664%~2.022%、0.065%~0.197%。总体而言,不同人群风险程度依次为2~4岁女孩>2~4岁男孩>18~30岁女性>60~70岁女性>60~70岁男性>18~30岁男性。其中,18~30岁男性人群风险最低,2~4岁女孩风险最高,但均在安全范围内,总体上草莓农药残留急性膳食暴露风险均较低。在不同人群中,女性人群通过食用草莓摄入农药的急性风险均高于男性人群。6种农药中,急性膳食暴露风险大小顺序为啉虫脒>吡虫啉>烯酰吗啉>苯醚甲环唑>毒死蜱,啉虫脒残留在2~4岁幼儿群体中 $\%ARfD$ 值超过6%,需重点关注。

2.3 草莓农药残留累积急性膳食摄入风险

根据检测结果,将涉及累积暴露急性风险评估的农药分为2组,即烟碱类和苯并咪唑类^[19-20]。在检测出的农药中,烟碱类农药有吡虫啉、啉虫脒和氟啉虫酰胺,苯并咪唑类有甲基硫菌灵和多菌灵。WHO认为没有必要设定氟啉虫酰胺和甲基硫菌灵的 $ARfD$ 值^[17]。啉虫脒和吡虫啉的 RPF 值分别为1.00、0.25^[10],计算结果显示2~4岁男孩、2~4岁女孩、18~30岁男性、18~30岁女性、60~70岁男性、60~70岁女性群体的累积 $\%ARfD$ 分别为4.97%、5.23%、1.74%、2.00%、1.72%、1.94%,均远小于100%,说明草莓农药残留累积急性膳食摄入风险较低。

2.4 草莓农药残留慢性膳食摄入风险

草莓中19种农药残留慢性膳食摄入风险($\%ADI$)计算结果显示,不同人群通过食用草莓摄入检出的19种农药的慢性膳食摄入风险不同(表4),但风险均远低于100%,表明台州草莓农药残留慢性膳食摄入风险处在可接受的安全水平。其中,在2~4岁群体中,啉菌环胺、异菌脲、螺螨酯、苯醚甲环唑、吡虫啉、啉酰菌胺的 $\%ADI$ 大于1%。2~4岁女孩的草莓农药残留慢性膳食摄入风险最高,为7.321%。除啉菌环胺对成年群体的 $\%ADI$ 大于1%外,其余农药的慢性膳食暴露风险均小于1%。不

同人群通过食用草莓摄入农药的慢性风险高低顺序为 2~4 岁女孩>2~4 岁男孩>18~30 岁女性>60~70 岁女性>60~70 岁男性>18~30 岁男性,与急性风险趋势相同。总体而言,草莓农药残留慢性膳食摄入风险儿童高于成人,女性大于男性。在成人群体中

18~30 岁女性食用草莓摄入农药的慢性膳食暴露风险最大。随年龄的增加,慢性摄入风险逐渐降低。检出率超过 20% 的 6 种农药慢性膳食摄入风险排序为异菌脲>啶酰菌胺>腐霉利>联苯肼酯>啶虫脒>嘧霉胺。

表 3 台州草莓中 6 种农药残留对不同群体的急性膳食暴露风险

Table 3 Acute risk assessment of six pesticide residues in strawberries from Taizhou city among different consumer groups

农药	$AR/D^{[16]}$ (mg/kg)	急性膳食暴露风险(%)					
		2~4 岁 男孩	2~4 岁 女孩	18~30 岁 男性	18~30 岁 女性	60~70 岁 男性	60~70 岁 女性
啶虫脒	0.1	6.692	7.041	2.345	2.697	2.314	2.612
多菌灵	0.5	0.373	0.393	0.131	0.150	0.129	0.146
苯醚甲环唑	0.3	0.478	0.503	0.168	0.193	0.165	0.187
吡虫啉	0.4	2.184	2.298	0.765	0.880	0.755	0.852
烯酰吗啉	0.6	1.922	2.022	0.673	0.774	0.664	0.750
毒死蜱	0.1	0.187	0.197	0.066	0.075	0.065	0.073

AR/D :急性参考剂量。

表 4 台州草莓中 19 种农药残留对不同群体的慢性膳食摄入风险

Table 4 Chronic risk assessment of 19 pesticide residues in strawberries from Taizhou city among different consumer groups

农药	$ADI^{[13]}$ [mg/(kg·d)]	慢性膳食摄入风险(%)					
		2~4 岁 男孩	2~4 岁 女孩	18~30 岁 男性	18~30 岁 女性	60~70 岁 男性	60~70 岁 女性
嘧霉胺	0.20	0.448 5	0.479 4	0.100 0	0.145 5	0.079 8	0.092 7
异菌脲	0.06	2.836 7	3.032 7	0.632 4	0.920 5	0.504 7	0.586 6
腐霉利	0.10	0.862 6	0.922 2	0.192 3	0.279 9	0.153 5	0.178 4
啶酰菌胺	0.04	1.987 3	2.124 6	0.443 0	0.644 9	0.353 6	0.410 9
联苯肼酯	0.01	0.833 1	0.890 7	0.185 7	0.270 4	0.148 2	0.172 3
啶虫脒	0.07	0.530 8	0.567 4	0.118 3	0.172 2	0.094 4	0.109 8
螺螨酯	0.01	1.147 0	1.226 2	0.255 7	0.372 2	0.204 1	0.237 2
氯虫苯甲酰胺	2.00	0.004 3	0.004 6	0.001 0	0.001 4	0.000 8	0.000 9
嘧菌环胺	0.03	6.848 5	7.321 7	1.526 7	2.222 3	1.218 4	1.416 2
多菌灵	0.03	0.428 7	0.458 4	0.095 6	0.139 1	0.076 3	0.088 7
甲基硫菌灵	0.08	0.626 7	0.670 0	0.139 7	0.203 3	0.111 5	0.129 6
乙螨唑	0.05	0.186 0	0.198 8	0.041 5	0.060 3	0.033 1	0.038 5
吡蚜酮	0.03	0.621 5	0.664 5	0.138 6	0.201 7	0.110 6	0.1285
氟啶虫酰胺	0.02	0.745 4	0.796 9	0.166 2	0.241 9	0.132 6	0.154 1
苯醚甲环唑	0.01	1.091 7	1.167 2	0.243 4	0.354 3	0.194 2	0.225 8
吡虫啉	0.06	0.977 1	1.044 6	0.217 8	0.317 0	0.173 8	0.202 0
氟菌唑	0.04	0.351 5	0.375 8	0.078 4	0.114 1	0.062 5	0.072 7
烯酰吗啉	0.20	0.573 4	0.613 0	0.127 8	0.186 1	0.102 0	0.118 6
毒死蜱	0.03	0.241 1	0.257 8	0.053 8	0.078 2	0.042 9	0.049 9

ADI :每日允许摄入量。

3 讨论

3.1 台州草莓农药残留状况

在台州草莓样品中,检出 19 种农药,1 个样品检出中等毒性农药毒死蜱,其余都为低毒农药,没有检测到高毒农药。农药检出率为 88.06%,超标率为 4.47%,2 个样品为烯酰吗啉超标,1 个样品为啞菌环胺超标。烯酰吗啉作为霜霉病的特效药已经使用了近 10 年,极易产生抗药性,防治效果不佳,存在安全隐患,因此不推荐在草莓上使用。啞菌环胺是防治灰霉病的低毒农药,在草莓上啞菌环胺的动态消解试验结果表明施药后 21 d 的草莓农药残留是 2.37 mg/kg ^[21],残留超标的原因可能是采摘时间没有过安全间隔期。

草莓中农药多残留现象普遍,平均每个样品至少检出 3 种农药残留。各时段样品的农药残留检出率都在 85% 以上,但在草莓盛果期,检出的多残留样品比例下降。这可能与生产者的用药习惯有关,在草莓开始成熟采摘前,为了减少采摘期的病虫害,大量、高频地使用多种农药对草莓可能发生的多种病虫害进行预防,在一定程度上造成了开始采收时段的多农药残留样品比例较高,后期转入针对性的草莓病虫害如灰霉病、螨类等的防治,使多农药残留样品比例降低。尽管草莓样品中农药多残留比例较高,但总体上农药残留水平较低,而且台州草莓生产者多采用高效低毒农药。梁立娟等^[22]、王冬群等^[7]、李玲等^[23]、刘剑等^[5]对不同地区草莓的检测结果显示啞霉胺、腐霉利、异菌脲、啞虫脲、吡虫啉等农药在草莓上检出率较高,与本研究结果较一致,可见全国范围内草莓生产中农药的使用具有一定的普遍性。

由于超标样品的判定依据为国家标准 GB 2763-2016,而本研究检出的异菌脲、螺螨酯等 10 种农药在该标准中均未给出草莓或小浆果中的 MRL 值,因此不利于定量风险评估和安全监管工作的落实。鉴于草莓生长过程中农药使用频次较高,草莓农药多残留现象普遍,建议加快制定草莓中农药残留 MRL 值。

台州草莓农药残留急性、累积急性和慢性膳食暴露风险在不同群体中均处于较低水平,各农药 $\%ARfD \leq 7.041\%$, $\%ADI$ 介于 0.000 8% 与 6.848 5% 之间,均远小于 100%。19 种农药的急慢性膳食暴

露风险都表现为 2~4 岁女孩 > 2~4 岁男孩 > 18~30 岁女性 > 60~70 岁女性 > 60~70 岁男性 > 18~30 岁男性,大多不同年龄的人群摄入风险女性高于男性,急性摄入风险高于慢性摄入风险,但均在远低于 100% 的安全范围内,其风险是可接受的。

3.2 影响草莓农药残留膳食摄入风险评估的因素

水果农药残留的膳食摄入风险评估结果会受到一些不确定因素的影响,结果可能被高估或低估。例如,单一果品的不同年龄组人群消费数据缺少会给风险评估结果的有效性产生不确定性。由于评估基础数据的不足,一些研究^[8,15,24-25]采用某一大类产品(如水果、蔬菜等)人均消费量代替某一种具体产品(如苹果、草莓、杨桃、小白菜等)的人均消费量。本研究中不同群体的基础数据引用自《2002 年营养与健康状况数据集》,尽管这是中国目前膳食结构系统性调查的最新数据,但是中国近 10 多年来居民对饮食结构已有所调整,水果摄入量也有所增加,因此风险评估结果可能略有低估,但一些研究者^[4,26]认为这种高估或低估所造成的偏差很小,几乎可以忽略。草莓在台州市主要用于鲜食,消费主要集中在 12 月至翌年 4 月。对于慢性膳食摄入风险评估,我们也采用水果人均消费量代替草莓人均消费量,这可能造成结果的高估。草莓消费大份餐数据是急性膳食暴露评估的重要指标,本研究引用联合国粮农组织(FAO)公布的不同群体草莓消费大份餐数据,草莓消费量在居民膳食中的比重比苹果、柑橘等大宗果品小,消费大份餐数据可能与实际有所偏差,结果可能被高估。但在风险最大化的评估原则下,结果的高估是可接受的。要更为可靠、准确地评估草莓及其他果品中农药残留膳食摄入风险,需要利用大数据技术获得更丰富的评估基础数据。

参考文献:

- [1] 李 安,潘立刚,聂继云,等.北方地区枣果农药残留风险评估[J].食品安全质量检测学报,2016,7(11):4438-4446.
- [2] 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.
- [3] 王冬群,胡寅侠,华晓霞.设施葡萄农药残留风险评估[J].食品安全质量检测学报,2014,5(11):3751-3757.
- [4] 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.
- [5] 刘 剑,方晓燕,刘菊才.利用 IFS 法和风险系数评估成都市草莓中农药残留的风险[J].陕西农业科学,2016,62(12):59-63.

- [6] 彭露,莫薇,林虹,等.基于IFS法评估贵港市草莓农药残留的风险[J].广西农学报,2014,29(6):20-23.
- [7] 王冬群,马金金,胡寅侠,等.基于食品安全指数法评估慈溪市草莓农药残留的风险[J].中国蔬菜,2012(24):98-101.
- [8] 赵莉,占绣萍,颜伟中,等.草莓中吡虫啉和氟硅唑残留的膳食暴露风险[J].农药学报,2016,18(2):232-240.
- [9] 张志恒,汤涛,徐浩,等.果蔬中氯吡脞残留的膳食摄入风险评估[J].中国农业科学,2012,45(10):1982-1991.
- [10] 兰丰,刘传德,周先学.山东省主产区苹果农药残留水平及累积急性膳食摄入风险评估[J].食品安全质量检测学报,2015,6(7):2595-2602.
- [11] 中华人民共和国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500种农药及相关化学品残留量的测定气相色谱-质谱法:GB/T 19648-2006[S].北京:中国标准出版社,2006.
- [12] 中华人民共和国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.
- [13] 中华人民共和国卫生部,中华人民共和国农业部.食品安全国家标准:食品中农药最大残留限量:GB 2763-2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [14] 金水高.中国居民营养与健康状况调查报告之十:2002年营养与健康状况数据集[M].北京:人民卫生出版社,2008.
- [15] GEMS/Food. Template for the evaluation of acute exposure (IES-TI) [DB/OL]. (2014-10) [2017-06-01]. http://www.who.int/foodsafety/areas_work/chemical-risks/gems-food/en/.
- [16] 高仁君,王蔚,陈隆智,等. JMPR 农药残留急性膳食摄入量计算方法计算急性膳食摄入量[J].中国农学通,2006,22(4):101-105.
- [17] WORLD HEALTH ORGANIZATION. Inventory of evaluations performed by the joint meeting on pesticide residues (JMPR) [DB/OL]. (2015-04-10) [2017-06-01]. <http://apps.who.int/pesticide-residues-jmpr-database/>. [2015-04-10].
- [18] 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.
- [19] 谭颖,张琪,赵成,等.蔬菜水果中的新烟碱类农药残留量与人群膳食暴露健康风险评价[J].生态毒理学报,2016,11(6):67-81.
- [20] 刘谦,刘丽丽,周杨.高效液相色谱串联质谱测定水果和蔬菜中的甲基硫菌灵和多菌灵残留[J].农药科学与管理,2014(2):22-26.
- [21] 潘东.啉菌环胺在葡萄和草莓中的残留检测研究[D].南京:南京农业大学,2009.
- [22] 梁立娟,李乾坤,杨秀娟.基于实验室草莓样品的农药残留状况分析[J].广东农业科学,2011(14):141-143.
- [23] 李玲,高景红,肖志勇,等.设施草莓质量安全风险调查与剖析[J].农产品质量与安全,2014(5):56-60.
- [24] 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.
- [25] 赵学平,袁玉伟,胡秀卿,等.茼蒿和毒死蜱在小白菜中的残留及其膳食暴露评估[J].浙江农业学报,2010,22(6):784-789.
- [26] 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.

(责任编辑:张震林)