

广东省主要叶菜农药残留膳食暴露风险评估研究

孙 玲, 黄健祥, 邓义才, 骆 冲, 叶 倩, 梁应坤

(广东省农业科学院农产品公共监测中心, 农业部农产品质量安全风险评估实验室(广州),

农业部农产品质量安全检测与评价重点实验室, 广东 广州 510640)

摘 要: 为探讨广东省主要叶菜农药残留膳食暴露风险, 对2014年和2015年广东省6种叶菜样品中的33种农药残留进行评估分析。采用点评估和基于@Risk v5.7评估软件的概率评估方法, 对检出率超过5%的农药进行膳食暴露风险评估(包括急性暴露风险评估和慢性暴露风险评估)。结果显示, 有22种农药检出, 检出率在1.7%~36.1%之间; 检出率超过5%的农药有10种, 分别为吡虫啉、啉虫脒、多菌灵、氯虫苯甲酰胺、烯酰吗啉、灭蝇胺、联苯菊酯、苯醚甲环唑、毒死蜱、甲霜灵。其急性暴露风险熵在1.31~28.22之间, 99%人群的慢性暴露风险熵在0.87~70.00之间, 提示这10种农药残留膳食暴露风险水平在可接受范围, 但慢性暴露风险熵较高的农药种类如毒死蜱、苯醚甲环唑等应引起关注。本研究为蔬菜质量安全风险管理提供了科学依据。

关键词: 风险评估; 膳食暴露; 农药残留; 叶菜

Risk Assessment of Dietary Exposure to Pesticide Residues in Staple Leaf Vegetables in Guangdong Province

SUN Ling, HUANG Jianxiang, DENG Yicai, LUO Chong, YE Qian, LIANG Yingkun

(Public Monitoring Center for Agro-product, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Laboratory of Quality and Safety Risk Assessment for Agro-product (Guangzhou), Ministry of Agriculture, Key Laboratory of Testing and Evaluation for Agro-product Quality and Safety, Ministry of Agriculture, Guangzhou 510640, China)

Abstract: To discuss the health risk associated with dietary exposure to pesticide residues in staple leaf vegetables in Guangdong province, 33 target pesticides in 6 kinds of leaf vegetables collected in 2014 and 2015 were evaluated. Point evaluation and probability assessment with @Risk v5.7 software were used to assess the health risk derived from acute and chronic dietary exposure to pesticides with a detection rate of over 5%. Totally, 22 pesticides were detected with a detection rate of 1.7%~36.1% and there were 10 pesticides with a detection rate of over 5% including imidacloprid, acetamiprid, carbendazim, chlorantraniliprole, dimethomorph, cyromazine, bifenthrin, difenoconazole, chlorpyrifos and metalaxyl. The risk quotients for acute dietary exposure to these pesticides were between 1.31 and 28.22, while those for chronic dietary exposure were between 0.87 and 70.00 for 99% of consumers, suggesting the health risk associated with their dietary exposure was acceptable. More attention should be paid to the pesticides with high chronic exposure risk quotients such as chlorpyrifos and difenoconazole. Findings from this study provide scientific grounds for risk management of vegetable quality and safety.

Key words: risk assessment; dietary exposure; pesticide residue; leaf vegetable

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201717036

中图分类号: TS207.7

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2017)17-0223-05

引文格式:

孙玲, 黄健祥, 邓义才, 等. 广东省主要叶菜农药残留膳食暴露风险评估研究[J]. 食品科学, 2017, 38(17): 223-227.

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201717036. <http://www.spkx.net.cn>

SUN Ling, HUANG Jianxiang, DENG Yicai, et al. Risk assessment of dietary exposure to pesticide residues in staple leaf vegetables in Guangdong province[J]. Food Science, 2017, 38(17): 223-227. (in Chinese with English abstract)

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201717036. <http://www.spkx.net.cn>

收稿日期: 2016-08-22

基金项目: 广州市科技计划项目(201508020096); 国家蔬菜质量安全风险评估项目(GJFP2015001);

国家自然科学基金青年科学基金项目(21305019)

作者简介: 孙玲(1968—), 女, 研究员, 硕士, 研究方向为农产品加工与质量安全。E-mail: sunling801@139.com

随着社会对农产品质量安全的日益重视,农产品中农药等化学投入品的残留风险危害受到政府和消费者的高度关注。叶菜是广东省蔬菜种植和消费的主要类型,在生产中农药使用比较普遍,农药残留水平和风险成为蔬菜质量安全监管的重要内容。农药残留风险评估作为农产品质量安全监管的重要手段,其方法及在监管上的应用研究引起了国内外高度重视^[1-4]。膳食暴露评估是其中一种类型,包括急性暴露风险评估和慢性暴露风险评估。目前一般采用农药每日允许摄入量(acceptable daily intake, ADI)开展慢性暴露风险评估,采用急性参考剂量(acute reference dose, ARfD)开展急性暴露风险评估^[5-7],慢性暴露风险评估和急性暴露风险评估都可以采用点评估和概率评估方式实现^[5]。基于蒙特卡洛模拟技术的风险分析软件@Risk,可考虑到几乎所有危害发生的可能性,近年来已成为农产品质量安全风险评估研究领域的热点之一^[8-14]。本研究在广东省主要叶菜农药残留监测的基础上,基于农药毒理学数据及华南地区人群蔬菜膳食摄入量,分别应用点评估方法和基于@Risk v5.7风险分析软件的概率评估方法,对广东省主要叶菜上农药因子残留膳食暴露风险进行了评估研究和探讨,以期广东省叶菜质量安全风险管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

2014年和2015年抽取广州市、惠州市、江门市、梅州市、清远市、东莞市6个地级市蔬菜生产基地和农贸市场的芥菜、芥蓝、菜心、油麦菜、普通白菜、茼蒿共6种叶菜119个样品。

氯化钠(分析纯)、无水硫酸镁(分析纯) 广州化学试剂厂;乙腈、甲醇、正己烷、丙酮(色谱纯)德国Merck公司。

1.2 仪器与设备

LCMS-8050液相色谱-三重四极杆串联质谱仪、GC-2010Plus气相色谱-电子俘获检测器、GC-2010气相色谱-火焰光度检测器 日本岛津公司;T18basic高速匀浆机德国IKA公司;Milli-Q超纯水器 美国Merk Millipore公司。

1.3 方法

1.3.1 评估因子

克百威、涕灭威、阿维菌素、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、吡虫啉、啉虫脒、多菌灵、氯虫苯甲酰胺、烯酰吗啉、辛硫磷、咪鲜胺、灭蝇胺、噻嗪酮、鱼藤酮、二甲戊灵、莠去津、甲基异柳磷、氧乐果、对硫磷、水胺硫磷、氟虫腈、甲拌磷、联苯菊酯、苯醚甲环唑、三唑磷、氰戊菊酯、氟啶脲菊酯、二嗪磷、毒死蜱、氟啶脲、甲霜灵、甲氧菊酯、氟氯氰菊酯33种农药残留。

1.3.2 农药检测

甲基异柳磷、氧乐果、对硫磷、水胺硫磷、甲拌磷、联苯菊酯、三唑磷、氰戊菊酯、氟啶脲菊酯、二嗪磷、毒死蜱、甲氧菊酯、氟氯氰菊酯按照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》^[15]分析。

其他农药按以下方法分析:称取25 g样品匀浆于150 mL烧杯中,加入50 mL乙腈,用15 000 r/min转速均质1 min;将均质后的样品溶液过滤至100 mL装有5~7 g氯化钠具塞量筒或抽滤至100 mL装有5~7 g氯化钠具塞比色管中,收集滤液40~50 mL;盖上塞子,剧烈振荡1 min,在室温下静置30 min,使乙腈相和水相分层;取上层乙腈提取液0.5 mL,加入0.5 mL体积比为1:1的甲醇和水混合溶液,混匀,过0.22 μm有机微孔滤膜,用于液相色谱-三重四极杆串联质谱仪检测。

色谱条件:色谱柱:Shim-pack XR-ODSIII(2.0 mm×150 mm, 2.2 μm);流动相A:0.1%的甲酸溶液;流动相B:甲醇;梯度洗脱程序:0~1 min, 10% 流动相B;1~4 min, 10%~50%流动相B;4~8 min, 50%~95%流动相B;8~11 min, 95%流动相B;11.1 min, 10%流动相B;流速:0.4 mL/min;柱温:40 ℃;进样量:1 μL;离子源:采用正离子模式(positive electrospray ionization, ESI);质谱扫描方式:多反应监测(multiple reactions monitoring, MRM);雾化气流速:3 L/min;加热气流速:10 L/min;干燥气流速:10 L/min;离子源接口温度:300 ℃;脱溶剂温度:250 ℃;加热块温度:400 ℃。

1.3.3 农药残留拟合分布

应用@Risk v5.7风险分析软件对农药残留数据进行分布拟合、卡方检验,得出叶菜农药残留拟合分布函数。根据国家食品安全风险评估专家委员会《食品安全风险评估数据需求及采集要求》^[16]以及基于风险最大原则,本研究以检出限(limit of detection, LOD)(表1)代替未检出值,进行分布拟合。

1.3.4 评估模型建立

急性暴露风险评估采用点评估方法,按照公式(1)计算急性风险熵(risk quotient, RQ)^[17-18];慢性暴露风险评估采用概率评估方法,按照公式(2)计算慢性RQ^[19]。RQ<100%时,表示风险在可接受范围;RQ≥100%时,表示存在危害风险。

$$\text{急性RQ/ARfD} = (\text{HR} \times \text{LP} + \text{MRL}_{\text{农药}} \times \text{AI}_{\text{农药}} + \text{MRL}_{\text{水果}} \times \text{AI}_{\text{水果}}) \times \frac{100}{m_0 \times \text{ARfD}} \quad (1)$$

$$\text{慢性RQ/ADI} = (\text{R} \times \text{AI}_{\text{蔬菜}} + \text{MRL}_{\text{农药}} \times \text{AI}_{\text{农药}} + \text{MRL}_{\text{水果}} \times \text{AI}_{\text{水果}}) \times \frac{100}{m_0 \times \text{ADI}} \quad (2)$$

式中:HR(highest residue from a supervised trial)是农药残留99百分位点监测值/(mg/kg)(表1);

LP (large portion) 参考WHO统计^[20], 是大部分中国膳食者(涵盖97.5%消费者)芥菜、生菜、芥蓝、普通白菜、茼蒿消耗量的平均值0.480 4 kg/d或被单独评估的叶菜消耗量/(kg/d) (表2); $MRL_{\text{谷物}}$ 、 $MRL_{\text{水果}}$ (maximum residue limit, MRL) 分别是谷物类和水果类中最大残留限量/(mg/kg) (表1); $AI_{\text{谷物}}$ (average intake, AI) 为谷物平均摄入量, 华南地区成年人米、面、其他谷类的平均摄入量为0.382 8 kg/d^[21]; $AI_{\text{水果}}$ 为水果平均摄入量, 华南地区成年人平均摄入量为0.033 8 kg/d^[21]; $AI_{\text{蔬菜}}$ 为蔬菜平均摄入量, 华南地区成年人平均摄入量为0.320 1 kg/d^[21]; R 为叶菜农药残留拟合值, 拟合分布中随机取值/(mg/kg), 迭代50 000次; $ARfD$ /(mg/(kg·d m_b))) (表1); ADI /(mg/(kg·d m_b))) (表1); m_b 为人群平均体质量, 63 kg^[22]。

表1 主要评估参数^[23-25]

Table 1 Parameters for risk assessment^[23-25]

农药	$MRL_{\text{谷物}}/(\text{mg/kg})^a$	$MRL_{\text{水果}}/(\text{mg/kg})^a$	$ADI/(\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{d } m_b))^b$	$ARfD/(\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{d } m_b))^c$	$LOD/(\text{mg/kg})$	$HR/(\text{mg/kg})$
吡虫啉	0.05	1	0.06	0.4	0.001	0.90
啉虫脒	0.5	2	0.07	0.1	0.001	3.16
多菌灵	2	5	0.03	0.5	0.001	1.20
氯虫苯甲酰胺	0.5	2	2	不需要	0.001	8.03
烯酰吗啉	0.01	5	0.2	0.6	0.001	1.51
灭蝇胺	0.05	0.05	0.06	0.1	0.005	0.52
联苯菊酯	0.5	1	0.01	0.03	0.003	0.37
苯醚甲环唑	0.5	1	0.01	0.3	0.001	1.18
毒死蜱	0.5	2	0.01	0.1	0.003	1.73
甲霜灵	0.1	5	0.08	0.5	0.001	0.43

注: a. 烯酰吗啉 $MRL_{\text{谷物}}$ 采用欧盟限量标准^[23], 灭蝇胺 $MRL_{\text{谷物}}$ 和 $MRL_{\text{水果}}$ 采用欧盟限量标准^[23], 其余的MRL采用GB 2763—2014《食品中农药最大残留限量》^[24]; b. ADI数据来源GB 2763—2014^[24]; c. 啉虫脒、联苯菊酯、甲霜灵 $ARfD$ 值采用欧盟标准^[23], 其余采用农药残留联席会议 (Joint Meeting on Pesticide Residues, JMPR) 标准^[25]。

表2 中国大部分膳食者蔬菜消耗量^[20]

Table 2 Consumption of vegetables for most consumers in China^[20]

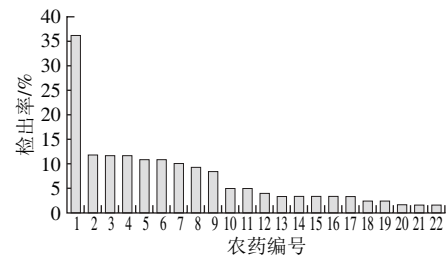
kg/d						
芥菜	芥蓝	菜心	油菜菜 (参照生菜)	茼蒿	普通白菜 (参照小白菜)	平均
0.554 5	0.385 1	0.556 6	0.451 9	0.332 7	0.601 6	0.480 4

2 结果与分析

2.1 农药残留水平

33种农药中有22种检出, 检出率在1.7%~36.1%之间 (图1), 最高为啉虫脒, 最低为水胺硫磷、氟氯氰菊酯和甲氧菊酯。

检出率超过5%的农药有10种, 分别为啉虫脒、毒死蜱、灭蝇胺、联苯菊酯、烯酰吗啉、氯虫苯甲酰胺、多菌灵、苯醚甲环唑、甲霜灵、吡虫啉, 其中出现超标的农药有啉虫脒、氯虫苯甲酰胺、毒死蜱, 分别超标2.5%、1.7%、1.7%。



1.啉虫脒; 2.毒死蜱; 3.灭蝇胺; 4.联苯菊酯; 5.烯酰吗啉; 6.氯虫苯甲酰胺; 7.多菌灵; 8.苯醚甲环唑; 9.甲霜灵; 10.吡虫啉; 11.灭多威; 12.咪鲜胺; 13.三唑磷; 14.噻嗪酮; 15.克百威; 16.氟虫腈; 17.阿维菌素; 18.甲维盐; 19.甲基异柳磷; 20.水胺硫磷; 21.甲氧菊酯; 22.氟氯氰菊酯。

图1 22种农药残留检出率

Fig. 1 Detection rates of 22 pesticides

2.2 农药残留暴露风险评估

检出率不超过5%的农药, 残留量摄入小, 本研究不做暴露风险评估。氯虫苯甲酰胺不需要急性参考计量, 本研究不做该农药急性暴露风险评估。

2.2.1 农药残留分布函数

检出率超过5%的10种农药残留量分布拟合函数见表3。残留拟合分布中位数在0.005~0.030 mg/kg之间, 由低至高为甲霜灵、吡虫啉、多菌灵、苯醚甲环唑、烯酰吗啉、氯虫苯甲酰胺、毒死蜱、联苯菊酯、啉虫脒、灭蝇胺; 99百分位点值在0.097~2.924 mg/kg之间, 由低至高为联苯菊酯、灭蝇胺、吡虫啉、甲霜灵、多菌灵、毒死蜱、烯酰吗啉、苯醚甲环唑、氯虫苯甲酰胺、啉虫脒。

表3 农药残留拟合分布函数

Table 3 Fitting functions for pesticide residues

农药	残留分布函数	残留分布中位数/(mg/kg)	99百分位点值/(mg/kg)
吡虫啉	RiskGamma (0.237 730, 0.108 980)	0.006	0.259
啉虫脒	RiskGamma (0.205 920, 1.310 500)	0.030	2.924
多菌灵	RiskGamma (0.221 190, 0.205 570)	0.006	0.474
氯虫苯甲酰胺	RiskGamma (0.160 380, 1.309 100)	0.011	2.607
烯酰吗啉	RiskGamma (0.212 720, 0.263 770)	0.007	0.597
灭蝇胺	RiskExpon (0.042 697)	0.030	0.197
联苯菊酯	RiskExpon (0.021 067)	0.015	0.097
苯醚甲环唑	RiskGamma (0.208 660, 0.269 710)	0.006	0.605
毒死蜱	RiskGamma (0.276 790, 0.223 020)	0.013	0.568
甲霜灵	RiskGamma (0.234 680, 0.134 960)	0.005	0.319

2.2.2 农药残留急性暴露风险评估

对除氯虫苯甲酰胺外的9种农药进行急性暴露风险评估, 急性RQ在1.31%~28.22%ARfD之间 (表4), 最高为啉虫脒, 最低为甲霜灵。评估结果显示, 9种农药的急性暴露量为1.31%~28.22%, 均在可接受的风险范围内。

表4 农药残留急性RQ

Table 4 Risk quotient for acute exposure to pesticide residues

农药	吡虫啉	啉虫脒	多菌灵	烯酰吗啉	灭蝇胺	联苯菊酯	苯醚甲环唑	毒死蜱	甲霜灵
急性RQ/%ARfD	1.93	28.22	4.80	2.38	4.30	21.32	4.19	17.30	1.31

2.2.3 农药残留慢性暴露风险

10 种农药残留慢性RQ分布99百分位点值在0.87%~70.00% ADI之间,提示对于99%人群,10种农药残留慢性膳食暴露量只达到ADI的0.87%~70.00%(表5),均在可接受范围。值得注意的是,慢性RQ分布99百分位点值最高的毒死蜱膳食暴露量达到每日允许摄入量的70%,存在着一定潜在风险;苯醚甲环唑的慢性RQ分布99百分位点值也处于较高水平,而且其分布99.9百分位点值达到了100,提示有0.1%人群存在苯醚甲环唑慢性膳食暴露风险(图2)。这两种农药的安全使用应引起相关管理部门和生产者的关注。

表5 农药残留慢性RQ分布99百分位点值
Table 5 Values of 99 percentile for risk quotient for chronic exposure to pesticide residues

农药	吡虫啉	啉虫脒	多菌灵	烯酰吗啉	灭蝇胺	联苯菊酯	苯醚甲环唑	毒死蜱	甲霜灵	氯虫苯甲酰胺
慢性RQ分布99百分位点值/%ADI	3.60	27.10	57.47	2.89	2.22	40.68	66.50	70.00	6.14	0.87

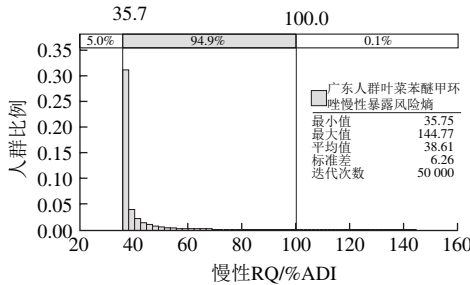


图2 广东省人群叶菜苯醚甲环唑残留慢性暴露风险

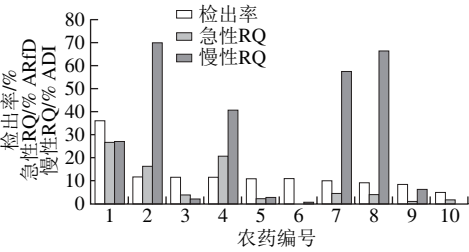
Fig. 2 Risk quotient for chronic exposure to difenoconazole in leaf vegetables for Guangdong population

2.3 关于农药残留水平与残留暴露风险

检出率超过5%的10种农药急性和慢性暴露风险评估结果虽然都在可接受范围,但各种农药RQ存在较大差异,急性和慢性RQ与检出率不存在相关性(图3)。这表明在一定的检出率范围内,检出率高的农药并不代表暴露风险高;反之,检出率低也不表示暴露风险低。农产品中农药残留从理论上讲应该彻底清除掉,从技术上讲是很难做到的。只要规范使用农药,即使有残留农药检出,也不会对健康造成危害^[26]。

本研究开展风险评估的农药种类与所涉及的叶菜大多没有一对一的残留限量标准,因此在分析残留超标时,只对在所涉及叶菜中有限量标准的农药进行统计,不代表其他农药残留在这几类叶菜中达标或不达标。检出率超过5%且出现残留超标的3种农药啉虫脒、氯虫苯甲酰胺、毒死蜱的膳食暴露风险评估结果显示,其急性和慢性RQ均在可接受范围。这表明在一定范围内,农药残留超标并不表示绝对存在暴露风险。水果类农药残留暴露风险的研究中也得出相似结果^[27]。农产品中农药

残留危害风险除了与农药超标有关,还与农药本身的毒性、农产品消费量等多项风险因子有关^[28],只有综合考虑毒性和暴露量2个因素才能对农药的风险有一个正确的评价。



1.啉虫脒; 2.毒死蜱; 3.灭蝇胺; 4.联苯菊酯; 5.烯酰吗啉; 6.氯虫苯甲酰胺; 7.多菌灵; 8.苯醚甲环唑; 9.甲霜灵; 10.吡虫啉。

图3 10种农药检出率与RQ比较

Fig. 3 Detection rates of 10 pesticides and risk quotients for their exposure

3 讨论与结论

膳食暴露风险评估模型具有变异性和不确定性^[29]。本研究急性暴露风险评估采用点评估方法,参考JMPR的国家估计短期摄入量来计算急性RQ^[17-18]。本研究未将涉及的6种叶菜分开进行评估,而是采用了混合样品农药残留摄入量计算方法。慢性暴露风险评估采用概率评估方法,参考联合国粮农组织的国家估计ADI来计算慢性RQ^[19]。农药残留值为拟合函数随机取值,能更好反映出在非极端情况下农药膳食暴露水平和概率。

评估参数的采用基于风险最大原则。例如急性暴露风险评估时,有研究采用农药残留95百分位点值、农药残留97.5百分位点值、农药残留99.9百分位点值等^[30-32],本研究采用农药残留99百分位点监测值,高于拟合农药残留99百分位点值;叶菜膳食摄入采用世界卫生组织统计的涵盖97.5%中国消费者的平均值;MRL_{谷物}、MRL_{水果}采用同类农产品的最大值;农药残留分布拟合以LOD代替未检出值;以南方地区人群平均蔬菜摄入量代替叶菜摄入量。因此,评估结果趋于保守。

考虑到农药残留主要在植物源性农产品,而消费人群摄入该类农产品主要为蔬菜、谷物、水果。因此计算RQ时,增加了谷物和水果中农药膳食暴露量,提高评估结果的可靠性。但评估模型未将其他可能含有农药残留的食物纳入,例如干果制品、果汁、食用油、肉蛋类食品等。此外,评估所用的主要膳食摄入参数采用华南地区成人摄入平均值,没有包含儿童、少年等特殊人群。评估材料限于广东地区2014年和2015年生产的部分主要叶菜。因此评估结果具有一定不确定性。

对广东省6个地市抽取的6种主要叶菜的33个农药因子中检出率超过5%的10种农药残留进行风险评估,

急性RQ在1.31%~28.22%ARfD之间, 慢性RQ分布99百分位点值在0.87%~70.00%ADI之间, 均在可接受范围。RQ较高的农药如毒死蜱、苯醚甲环唑等应列为重点监管对象。

参考文献:

- [1] 张存政, 刘贤进, 吴长付, 等. 农药残留风险评估研究进展[J]. 江苏农业学报, 2010, 26(6): 1424-1428.
- [2] 周妍, 闻胜, 刘涛, 等. 食品中化学污染物风险评估研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(6): 1868-1875.
- [3] 刘守钦, 杨柳, 孙延斌, 等. 济南市市售蔬菜中农药残留及慢性膳食暴露风险评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2016, 28(4): 532-535.
- [4] 段云, 钱程, 李建国, 等. 海南豇豆中有机磷农药残留的累积性暴露评估[J]. 热带农业科学, 2013, 33(12): 70-74.
- [5] 石阶平. 食品安全风险评估[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2010: 148.
- [6] 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. DOI:10.3864/j.issn.0578-1752.2012.10.011.
- [7] 张志恒, 袁玉伟, 郑蔚然, 等. 三唑磷残留的膳食摄入与风险评估[J]. 农药学报, 2011, 13(5): 485-495. DOI:10.3969/j.issn.1008-7303.2011.05.09.
- [8] 钱永忠, 李耘, 陈晨. 应用于农药残留对人体暴露评估的蒙特卡罗方法及其进展[J]. 农业质量标准, 2007(5): 44-47.
- [9] YUAN Y W, CHEN C, ZHANG C M, et al. Residue of chlorpyrifos and cypermethrin in vegetables and probabilistic exposure assessment for consumers in Zhejiang province, China[J]. Food Control, 2014, 36(1): 63-68. DOI:10.1016/j.foodcont.2013.08.008.
- [10] 段文佳, 周德庆, 张瑞玲. 基于蒙特卡罗的水产品中甲醛定量风险评估[J]. 中国农学通报, 2011, 27(23): 65-69.
- [11] 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. DOI:10.7506/spkx.1002-6630-201405041.
- [12] 段云, 钱程, 李建国, 等. 有机磷农药在海南菜心、苦瓜和豇豆中的残留分析及膳食风险评估[J]. 南方农业学报, 2014, 45(9): 1594-1598. DOI:10.3969/j.issn.2095-1191.2014.9.1594.
- [13] 兰珊珊, 林昕, 邹艳红, 等. 蔬菜中多效唑残留的膳食暴露与风险评估[J]. 现代食品科技, 2016, 32(2): 336-341. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2016.2.049.
- [14] 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. DOI:10.3864/j.issn.0578-1752.2016.07.007.
- [15] 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.
- [16] 国家食品安全风险评估专家委员会. 食品安全风险评估数据需求及采集要求[EB/OL]. (2010-11-01) [2016-07-22]. <http://www.cfsa.net.cn:8033/UploadFiles/news/upload/2013/2013-12/16147e14-2445-475e-8efa-946e83383897.pdf>.
- [17] 刘兆平, 李凤琴, 贾旭东. 食品中化学物风险评估原则和方法[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2012: 227-229.
- [18] World Health Organization. Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food-chapter 6: dietary exposure assessment of chemicals in food[M]. Geneva: World Health Organization, 2010: 112-115.
- [19] Food and Agriculture Organization. Submission and evaluation of pesticide residues data for the estimation of maximum residue levels in food and feed[M]. Rome: Food and Agriculture Organization, 2009: 123-133.
- [20] World Health Organisation. A template for the automatic calculation of the IESTI[EB/OL]. [2016-07-22]. http://www.who.int/foodsafety/chem/IESTI_calculation_13c.xlt.
- [21] 环境保护部. 中国人群暴露参数手册(成人卷)[M]. 北京: 中国环境出版社, 2013: 221-236.
- [22] 简秋, 单炜力, 段丽芳, 等. 我国农产品及食品中农药最大残留限量制定指导原则[J]. 农药科学与管理, 2012, 33(6): 24-27.
- [23] European Commission. EU Pesticides database[EB/OL]. (2016-07-04) [2016-07-22]. <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=homepage&language=EN>.
- [24] 国家卫生和计划生育委员会, 农业部. 食品中农药最大残留限量: GB 2763—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [25] Joint Meeting on Pesticide Residues. Inventory of evaluations performed by the Joint Meeting on Pesticide Residues[EB/OL]. [2016-07-22]. <http://apps.who.int/pesticide-residues-jmpr-database>.
- [26] 张悦. 农药残留安全性问题研究[J]. 广西质量监督导报, 2010(10): 50-52.
- [27] 王冬群, 潘丹霞, 华晓霞, 等. 水蜜桃农药残留膳食摄入风险评估[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(21): 126-130.
- [28] International Programme on Chemical Safety. Environmental health criteria 210: principles for the assessment of risks to human health from exposure to chemicals[S]. Geneva: World Health Organization, 1999.
- [29] 刘元宝, 王灿楠, 吴永宁, 等. 膳食暴露定量评估模型及其变异性和不确定性研究[J]. 中国卫生统计, 2008, 25(1): 7-9.
- [30] 兰珊珊, 林涛, 沙凌杰, 等. 蔬菜中植物生长调节剂残留的膳食暴露与风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(12): 4942-4948.
- [31] 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. DOI:10.3864/j.issn.0578-1752.2014.18.013.
- [32] LIN Y F, HU Y H, LIN H T, et al. Inhibitory effects of propyl gallate on tyrosinase and its application in controlling pericarp browning of harvested longan fruits[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2013, 61(11): 2889-2895. DOI:10.1021/jf305481h.