

芹菜农药残留风险评估

郝玉敏*

(长治市综合检验检测中心, 长治 046000)

摘要: 目的 评估芹菜样品的农药残留风险, 为生产上安全合理使用农药及制订农药最大残留限量标准提供参考依据。**方法** 随机抽取基地30份芹菜样品, 检测68种农药残留, 分别运用风险系数法、慢性膳食摄入风险(acceptable daily intake, ADI)评估法、急性膳食摄入风险(acute reference dose, ARfD)评估法、风险矩阵排序法进行芹菜农药残留风险评估。**结果** 芹菜农药残留合格率为70.00%, 超标农药为甲拌磷、二甲戊灵、阿维菌素、对硫磷。甲拌磷、对硫磷、阿维菌素和二甲戊灵的风险系数 $R > 2.5$, 为高风险农药, 其余农药为低风险。慢性膳食摄入风险及急性膳食摄入风险均在可接受范围内。风险矩阵排序位于前五位的分别是甲拌磷、对硫磷、阿维菌素、异丙威、联苯菊酯。**结论** 芹菜种植中农药残留超标率较高, 其中甲拌磷风险最大, 其次为对硫磷和阿维菌素等, 应重点监控芹菜种植中这些农药的使用。

关键词: 芹菜; 农药残留; 风险系数; 膳食摄入; 风险评估

Risk assessment of pesticide residues in celery

HAO Yu-Min*

(Changzhi Comprehensive Inspection and Testing Center, Changzhi 046000, China)

ABSTRACT: Objective To assess the risk of pesticide residues in celery, and to provide reference for the safe and rational use of pesticides in production and the establishment of maximum residue limits (MRLs) of pesticides. **Methods** Thirty kinds of celery samples were randomly selected from the vegetable production base, and 68 kinds of pesticide residues were detected. Risk coefficient method, chronic dietary intake risk assessment method, acute dietary intake risk assessment method and risk matrix ranking method were used to assess the pesticide residue risk of celery. **Results** The qualified rate of pesticide residues in celery was 70.00%, and the over standard pesticides were phorate, pendimethalin, abamectin and parathion. The risk coefficients of phorate, parathion, abamectin and pendimethalin were more than 2.5. Four kinds of pesticides were high-risk pesticides, and the others were low risk. The chronic dietary intake risk and acute dietary intake risk were within the acceptable level. The top five in the risk matrix were phorate, parathion, abamectin, isoprocarb and bifenthrin. **Conclusion** The qualified rate of pesticide residues in celery is rarely low. Phorate has the highest risk, followed by parathion and abamectin. It is necessary to monitor the use of these pesticides in celery planting.

KEY WORDS: celery; pesticide residues; risk coefficient; dietary intake; risk assessment

*通信作者: 郝玉敏, 硕士, 农艺师, 主要研究方向为农产品质量安全。E-mail: yuminhao09@126.com

*Corresponding author: HAO Yu-Min, Master, Agronomist, Changzhi Comprehensive Inspection and Testing Center, No.76, Jingang Road, Changzhi 046000, China. E-mail: yuminhao09@126.com

0 引言

大多数农作物生长都离不开农药的使用,但不适当或过量使用农药会导致产生环境污染并增加人体健康风险,因此监测蔬菜水果中的农药残留及评估其对人体健康的潜在风险非常重要,对于蔬菜水果安全生产消费及质量安全监管有重要意义。食品安全指数法、风险系数法和膳食暴露评估法等方法被用来进行农药残留风险评估。膳食暴露风险评估是农产品质量安全评估的重要方法^[1]。柴勇等^[2]采用食品安全指数法评估蔬菜中农药残留风险。卢素格等^[3]采用食品安全指数和风险系数法对蔬果中 13 种杀菌剂类农药残留进行风险评估。仇婷婷等^[4]采用食品安全指数和危害物风险系数对草莓农药残留风险评估。左晓磊等^[5]对石家庄市 8 类蔬菜样品中农药残留进行慢性膳食摄入风险评估。何洁等^[6-7]开展番茄和黄瓜农药残留膳食摄入风险评估。郭蓉等^[8]开展叶菜中有机磷农药残留的膳食暴露风险评估。ELGUETA^[9]采集智利北部中心地区的叶菜样品评估农药残留情况及潜在人类健康风险。马新耀等^[10]根据健康风险指数法(health risk index, HRI)和英国食品标准局(Food Standards Agency, FSA)风险排序体系对黄瓜中农药残留进行风险分析。ALBEDAIR 等^[11]通过健康风险指数、累积危害指数和危害率指数评估灌溉水、土壤及蔬菜中农药残留风险。张文等^[12]对湖南省猕猴桃进行慢性膳食摄入和急性膳食摄入风险评估,并借鉴英国兽药残留风险排序矩阵进行排序。李纯等^[13]进行陈皮农药残留的急性和慢性膳食摄入风险评估,及风险排序矩阵,并采用危害指数计算有机磷农药的慢性累积风险。EI HAWARI 等^[14]对苹果中农药残留进行风险评估。GALANI 等^[15]对 11 个干农产品进行农药残留监测并进行膳食摄入风险评估。

目前针对芹菜的农药残留风险评估研究报道较少,王建忠等^[16]采用综合安全评估法对 18 份芹菜进行农药残留安全评估。阎会平^[17]研究表明叶菜类蔬菜农残检测合格率低于其他种类蔬菜,而芹菜合格率在叶菜中较低。本研究调查分析芹菜样品 68 种农药残留状况,并通过风险系数法、慢性膳食摄入和急性膳食摄入风险法及风险矩阵排序法对芹菜农药残留进行全面的风险评估,以期对芹菜科学监管及农药最大残留限量制订提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 样品来源

市内蔬菜生产基地随机抽取 30 个芹菜样品。

1.2 主要仪器设备及检测参数

Xevo TQD 液相色谱串联三重四极杆质谱仪(美国沃

特世公司); TSQ 8000 Evo 气相色谱串联三重四极杆质谱仪(美国赛默飞公司)。

检测参数为吡虫啉、氯氟氰菊酯、氯氰菊酯、啶虫脒、虫螨腈、异丙威、甲拌磷、百菌清、苯醚甲环唑、灭蝇胺、多菌灵、二甲戊灵、氯虫苯甲酰胺、噻虫嗪、联苯菊酯、啉菌酯、咪鲜胺、丙溴磷、腐霉利、氰戊菊酯、阿维菌素、甲基硫菌灵、对硫磷、甲霜灵、三唑酮、啉菌胺等 68 种。

1.3 主要试剂

乙腈、甲醇、正己烷(色谱纯,美国 Fisher Chemical 公司); 农药标准品(纯度 $\geq 95\%$,浓度 100 $\mu\text{g/mL}$,中国农业农村部环境保护科研监测所)。

1.4 方 法

1.4.1 农药残留检测

检测方法参照 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》及 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》,测定结果按照 GB 2763—2019《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》进行判定。

1.4.2 风险系数法

用风险系数 R 来评估农药残留的风险程度。公式(1)计算 R :

$$R=aP+b/F+S \quad (1)$$

式中, P : 某农药残留的超标率; F : 某农药的施检频率; S : 某农药的敏感因子,本研究采用长期风险系数进行分析; a 和 b 分别为相应的权重系数,分别取 100, 0.1; P 和 F 均为在指定时间段内的计算值^[18]。当 $R < 1.5$, 农药为低风险; 当 $1.5 < R < 2.5$, 农药为中风险; 当 $R > 2.5$, 农药为高风险。

1.4.3 慢性膳食和急性膳食摄入风险评估

各农药的慢性膳食摄入风险(%ADI)按照公式(2)计算。式中, STMR (supervised trials median residue): 表示该农药的规范试验残留中值,取农药残留平均值(mg/kg)^[19]; ADI: 人体每日允许摄入量(mg/kg); bw: 人均体重(kg),按 60.0 kg 计。当%ADI $\leq 100.00\%$ 时,慢性膳食摄入风险可接受,当%ADI $> 100.00\%$ 时,风险不可接受。

$$\%ADI = \frac{STMR \times \text{居民人均日消费量}}{bw \times ADI} \times 100 \quad (2)$$

进行短期(急性)暴露量评估的点估计法分为 3 类^[20],因芹菜个体质量 $>$ 大份餐^[21-22], %ARfD 通过公式(3)和(4)计算。

$$IESTI = \frac{LP \times HR \times v}{bw} \quad (3)$$

$$\%ARfD = IESTI / ARfD \times 100 \quad (4)$$

式中, IESTI: 农药的估计短期摄入量(kg); HR: 最高残留量(mg/kg)取 97.5 百分位点值; LP: 居民消费大份餐;

bw: 人均体重(kg); v : 变异因子, 一般取 3。芹菜平均每日消费量为 $0.047 \text{ kg/d}^{[22]}$ 。ARfD: 急性参考剂量(mg/kg)。当 $\%ARfD \leq 100.00\%$ 时, 表示风险可以接受; 当 $\%ARfD > 100.00\%$ 时, 表示有不可接受的风险。

1.4.4 残留农药风险矩阵排序

检测结果有 60% 以上实测值低于定量限(limits of quantification, LOQ)时, 对所有低于 LOQ 的实测值赋 LOQ 值再进行风险排序分析^[16]。

借鉴兽药残留风险矩阵排序方法^[23], 农药毒性 A 、农药毒效 B 、膳食比例 C 、使用频率 D 、高暴露人群 E 和残留水平 F 6 项指标赋值标准参照文献^[24]。各残留农药的使用频率(frequency of use, FOD)按照公式(5)计算。

T 为果实发育过程中使用该农药的次数; P 为果实发育天数。样品中各残留农药的残留风险得分 S 按照公式(6)计算, 分值越高, 残留风险越大。

$$FOD = T/P \times 100 \quad (5)$$

$$S = (A+B) \times (C+D+E+F) \quad (6)$$

1.5 质量控制

样品检测时做试剂空白, 每测定 10 个样品进 1 次标准溶液, 同时做添加回收率实验进行结果质量控制, 回收率应在 70%~120%, 超过范围则该批样品重新检测。

2 结果与分析

2.1 农药残留状况分析

芹菜中农药残留检测状况如表 1 所示, 共检测出 26 种农药残留。芹菜农残检出率为 93.33%, 超标率为 30.00%, 说明在芹菜种植中农药使用较普遍。吡虫啉、氯氟氰菊酯、氯氟菊酯检出率最高, 均为 30.00%。超标农药仅甲拌磷和二甲戊灵、对硫磷、阿维菌素 4 种, 其中甲拌磷检出均超标, 超标率为 23.33%, 二甲戊灵检出率为 13.33%, 对硫磷和阿维菌素超标率为 3.33%。未检出农药的样品占比 6.67%, 检出 1~3 种和 4~8 种多残留的样品占比均为 46.67%。

表 1 芹菜中农药残留检测结果
Table 1 Detection results of pesticide residues in celery

农药	最大残留限量 /(mg/kg)	残留量最大值 /(mg/kg)	检出次数	检出率/%	超标次数	超标率/%
吡虫啉	5	1.77	9	30.00	0	0.00
氯氟氰菊酯	0.5	0.037	9	30.00	0	0.00
氯氟菊酯	1	0.43	9	30.00	0	0.00
啶虫脒	3	0.76	6	20.00	0	0.00
虫螨腈	--	2.6	7	23.33	0	0.00
异丙威	--	2.49	7	23.33	0	0.00
甲拌磷	0.01	0.46	7	23.33	7	23.33
百菌清	5	0.12	7	23.33	0	0.00
苯醚甲环唑	3	0.6	7	23.33	0	0.00
灭蝇胺	4	0.3	4	13.33	0	0.00
多菌灵	--	0.21	4	13.33	0	0.00
二甲戊灵	0.2	0.21	4	13.33	1	3.33
氯虫苯甲酰胺	7	0.35	3	10.00	0	0.00
噻虫嗪	1	0.28	3	10.00	0	0.00
联苯菊酯	--	0.73	3	10.00	0	0.00
啉菌酯	5	0.046	2	6.67	0	0.00
咪鲜胺	--	1.23	2	6.67	0	0.00
丙溴磷	--	0.016	2	6.67	0	0.00
腐霉利	--	0.077	2	6.67	0	0.00
氰戊菊酯	--	0.11	2	6.67	0	0.00
阿维菌素	0.05	0.34	1	3.33	1	3.33
甲基硫菌灵	--	0.044	1	3.33	0	0.00
对硫磷	0.01	0.17	1	3.33	1	3.33
甲霜灵	--	0.11	1	3.33	0	0.00
三唑酮	--	0.17	1	3.33	0	0.00
啉霉胺	--	0.17	1	3.33	0	0.00

注: --表示在芹菜中无最大残留限量值(maximum residue limit, MRL)。

2.2 风险系数法

正常施检 S 为 1, 样品中所有农药均检测, 施检频率 $F=1$ 。检出农药中 12 种在芹菜中无限量值标准, 其余农药风险系数结果如下: 甲拌磷风险系数 R 为 24.43, 二甲戊灵、阿维菌素、对硫磷风险系数 R 均为 4.43, 均为高风险农药; 其余 10 种农药风险系数均为 1.1, 为低风险农药。

2.3 慢性膳食及急性膳食摄入风险评估

由表 2 可见: 慢性膳食摄入风险评估所有检出农

药%ADI 在 0.01%~26.63%, 阿维菌素为 26.63%, 其次为甲拌磷 23.50%, 异丙威 18.41%, 其余农药%ADI 在 5% 以下, 所有农药慢性膳食摄入风险均可接受。异丙威、啉菌酯、腐霉利等农药无急性参考剂量, 其余农药 ARfD 参考文献^[25-26]。急性膳食摄入风险评估%ARfD 在 0.00%~24.11%, 有急性参考剂量的检出农药%ARfD \leq 100.00%, 甲拌磷 24.11%, 虫螨腈 10.71%, 联苯菊酯 5.08%, 阿维菌素 4.74%, 其余农药%ARfD 均在 3% 以下, 所有农药急性膳食摄入风险均可以接受。

表 2 慢性膳食摄入和急性膳食摄入风险分析表
Table 2 Risk analysis table of chronic diet intake and acute diet intake

农药	慢性风险评估			急性风险评估		
	每日允许摄入量 ADI/[mg/(kg bw)]	残留量平均值 /(mg/kg)	ADI/%	97.5 百分位点 /(mg/kg)	ARfD/[mg/(kg bw)]	ARfD/%
吡虫啉	0.06	0.24	0.31	0.55	0.4	0.33
氯氟氰菊酯	0.02	0.019	0.07	0.033	0.02	0.38
氯氰菊酯	0.02	0.16	0.63	0.36	0.04	2.14
啉虫脒	0.07	0.24	0.27	0.46	0.1	1.07
虫螨腈	0.03	0.68	1.78	1.37	0.03	10.71
异丙威	0.002	0.47	18.41	1.08	--	--
甲拌磷	0.0007	0.21	23.50	0.31	0.003	24.11
百菌清	0.02	0.064	0.25	0.10	0.6	0.04
苯醚甲环唑	0.01	0.26	2.04	0.56	0.3	0.44
灭蝇胺	0.06	0.18	0.24	0.27	0.1	0.64
多菌灵	0.03	0.11	0.29	0.16	0.5	0.07
二甲戊灵	0.1	0.073	0.06	0.10	0.1	0.22
氯虫苯甲酰胺	2	0.15	0.01	0.16	0.2	0.19
噻虫嗪	0.08	0.14	0.14	0.13	1	0.03
联苯菊酯	0.01	0.26	2.04	0.22	0.01	5.08
啉菌酯	0.2	0.035	0.01	0.030	--	--
咪鲜胺	0.01	0.62	4.90	0.35	0.1	0.83
丙溴磷	0.03	0.014	0.04	0.013	1	0.00
腐霉利	0.1	0.056	0.04	0.047	--	--
氰戊菊酯	0.02	0.087	0.34	0.077	0.2	0.09
阿维菌素	0.001	0.34	26.63	0.10	0.005	4.74
甲基硫菌灵	0.09	0.044	0.04	0.019	0.2	0.02
对硫磷	0.004	0.17	3.33	0.054	0.01	1.27
甲霜灵	0.08	0.11	0.11	0.037	--	--
三唑酮	0.03	0.17	0.44	0.054	0.08	0.16
啉霉胺	0.2	0.17	0.07	0.054	--	--

注: --表示没有找到 ARfD。

2.4 农药残留风险排序

毒性 *A* 赋值: 低毒 2 分、中毒 3 分、高毒 4 分、剧毒 5 分; 毒效 *B* 赋值: 0.1~10 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 1 分; 0.001~0.10 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 2 分; ≤ 0.0010 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 3 分; 芹菜膳食摄入比例 *C* 赋值: 在 2.5~20.0 范围内 1 分; 农药使用频率 *D* 赋值: 在 2.5~20.0 范围内 1 分; 高暴露人群 *E* 赋值: 无相关数据为 3 分。检测中值 *F* 赋值: $< \text{MRL}$, 2 分; $1 \sim 10 \text{MRL}$, 3 分。当没有制订

某种农药在芹菜中 MRL 值时, 使用农药残留的最低要求执行限量代替(采用 0.01 mg/kg)。芹菜农药残留风险矩阵排序见表 3。风险得分前 10 位均为高风险农药, 分别为: 甲拌磷 48 分, 对硫磷 40 分, 阿维菌素 35 分, 联苯菊酯、异丙威 32 分, 啶虫脒、虫螨腈、咪鲜胺、丙溴磷、氰戊菊酯 24 分。风险大小划分为 3 类, 当 $S \geq 20.0$ 为高风险农药; $15.0 \leq S < 20.0$ 为中风险农药; $S < 15.0$ 为低风险农药^[27]。

表 3 芹菜中 26 种农药残留风险得分
Table 3 Pesticide residues risk scores of 26 kinds of pesticides in celery

农药	A 毒性	B 毒效	C 膳食比例	D 使用频率	E 高暴露人群	F 残留水平	风险得分
吡虫啉	3	0	1	1	3	2	21
氯氟氰菊酯	3	0	1	1	3	2	21
氯氰菊酯	2	0	1	1	3	2	14
啶虫脒	3	0	1	1	3	3	24
虫螨腈	3	0	1	1	3	3	24
异丙威	3	1	1	1	3	3	32
甲拌磷	5	1	1	1	3	3	48
百菌清	2	0	1	1	3	2	14
苯醚甲环唑	2	1	1	1	3	2	21
灭蝇胺	2	0	1	1	3	2	14
多菌灵	2	0	1	1	3	3	16
二甲戊灵	2	0	1	1	3	2	14
氯虫苯甲酰胺	2	0	1	1	3	2	14
噻虫嗪	2	0	1	1	3	2	14
联苯菊酯	3	1	1	1	3	3	32
啞菌酯	2	0	1	1	3	2	14
咪鲜胺	2	1	1	1	3	3	24
丙溴磷	3	0	1	1	3	3	24
腐霉利	2	0	1	1	3	3	16
氰戊菊酯	3	0	1	1	3	3	24
阿维菌素	4	1	1	1	3	2	35
甲基硫菌灵	2	0	1	1	3	3	16
对硫磷	4	1	1	1	3	3	40
甲霜灵	2	0	1	1	3	3	16
三唑酮	2	0	1	1	3	3	16
啞霉胺	2	0	1	1	3	3	16

3 结论与讨论

所抽检芹菜农药残留检测合格率仅为 70.00%，远低于其他蔬菜农残抽检合格率。检出 26 种农药，其中有 15 种农药检出率在 10% 以上。甲拌磷超标 7 次，对硫磷、阿维菌素、二甲戊灵分别超标 1 次。芹菜 26 种检出农药中 12 种未制定最大残留限量值(MRL)，21 种农药未在芹菜上登记使用，属超范围用药。芹菜农药残留检出率和超标率高的原因：(1) 芹菜生长周期短，病虫害发生严重，种植户缺乏科学的病虫害防治技术，为追求产量，加大农药用量及使用频率，或随意混用农药、使用隐性添加农药；(2) 芹菜的叶表气孔数量比其他菜类要多，蜡质层较薄，易吸收和富集农药。

风险系数法主要通过农药残留超标率来评估农药残留风险大小，慢性膳食摄入风险法主要与该农药残留平均值及农药每日允许摄入量有关，急性膳食摄入风险法主要与农药最高残留量及急性参考剂量有关，风险矩阵排序法综合考虑毒性、毒效、膳食摄入比例、农药使用频率、高暴露人群及残留水平(检测中值)等因子，其中主要影响风险排序的是毒性、毒效及检测中值。因此，不同评估方法计算指标不一样，结果会略有差异。

从风险系数来看，农残超标率高的农药风险系数大，甲拌磷、阿维菌素、对硫磷及二甲戊灵均为高风险农药，在芹菜种植中存在较大安全风险。特别是对于甲拌磷、对硫磷这种禁限用剧毒高毒农药仍然能检出，说明在种植过程中存在违规使用农药的情况。但风险系数法也有一定局限性，不超标的农药风险系数 R 均小于 1.5，属于低风险农药，但并不代表不存在暴露风险，且农药残留超标率相同时，不同农药的风险大小无法比较。芹菜中检出农药慢性膳食摄入和急性膳食摄入风险评估均在可接受水平，其中慢性膳食摄入风险大小依次为阿维菌素、甲拌磷、异丙威、咪鲜胺、对硫磷、联苯菊酯、苯醚甲环唑、虫螨脲等，急性膳食摄入风险依次为甲拌磷、虫螨脲、联苯菊酯、阿维菌素、氯氰菊酯、对硫磷、啶虫脒等。可见，风险系数高的二甲戊灵慢性膳食摄入风险和急性膳食风险均较低。各农药的慢性膳食摄入风险和急性膳食摄入风险评估中，农药风险因子基本一致，但农药风险大小排序略有差异，其中异丙威慢性膳食摄入风险仅次于阿维菌素和甲拌磷是因为异丙威农残检出平均值大且每日允许摄入量低的原因。因无急性参考剂量，无法评估异丙威急性膳食摄入风险大小。芹菜中农药残留风险除了与农药含量高低有关，还与农药本身的毒性、农产品消费量、膳食习惯等多种风险因子有关^[28]，只有综合考虑毒性和暴露量 2 个因素才能正确评价农药的风险。农药残留风险矩阵排序依次为甲拌磷、对硫磷、阿维菌素、异丙威、联苯菊酯、啶虫脒、虫螨脲等。二甲戊灵虽超标，但是其毒性及毒效值较低，所以风

险得分较低。

安全风险比较大的农药应加强生产和流通方面的管理和监督力度，并且对于检出禁用农药的应进行惩处；其次进行科学合理用药技术培训。有的农药在芹菜中未规定 MRL，无判定依据，应加快残留限量标准的制定，为芹菜安全监管提供判定依据。在风险评估时，并未考虑特殊人群(婴儿、儿童)的膳食暴露风险，但特殊人群对农药的毒理学作用表现更敏感，因此在 MRL 制定过程中更需要考虑特殊人群的风险^[29]。农产品种植中存在混用农药情况，混用农药毒性往往具有累积作用，迄今为止大多数研究均针对单个农药进行单一因素风险评估，未考虑样品中多种农药残留的累积性暴露风险评估，今后可以借鉴有关农药残留累积风险评估模型，开展多残留累积性风险评估研究。

参考文献

- 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.
LI ZX, NIE JY, YAN Z, *et al.* Studies on pesticide residues and exposure risk assessments for apples in Bohai Bay area based on deterministic approach [J]. *Chin J Pesti Sci*, 2015, 17(6): 715-722.
- 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.
CHAI Y, YANG JY, LI Y, *et al.* Risk estimate of vegetables based on food safety indexes methods in Chongqing [J]. *Southwest Chin J Agric Sci*, 2010, 23(1): 98-102.
- 卢素格, 张榕杰, 张伟, 等. 2017 年河南省蔬菜和水果中杀菌剂类农药残留风险评估[J]. 中国预防医学杂志, 2018, 19(10): 747-751.
LU SG, ZHANG RJ, ZHANG W, *et al.* Risk assement of pesticide residues in vegetables and fruits in Henan province in 2017 [J]. *Chin Prev Med*, 2018, 19(10): 747-751.
- 仇婷婷, 石国忠, 陆萍, 等. 松江区草莓农药残留风险评估[J]. 贵州农业科学, 2018, 46(7): 152-154.
QIU TT, SHI GZ, LU P, *et al.* Risk assessment of pesticide residues in strawberries in Songjiang district [J]. *Guizhou Agric Sci*, 2018, 46(7): 152-154.
- 左晓磊, 刘培, 齐琨, 等. 2018 年石家庄市蔬菜中农药残留及慢性膳食暴露评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(18): 6562-6567.
ZUO XL, LIU P, QI K, *et al.* Assessment of pesticide residues and chronic dietary exposures and chronic dietary exposure in vegetables in Shijiazhuang city in 2018 [J]. *J Food Saf Qual*, 2020, 11(18): 6562-6567.
- 何洁, 刘文锋, 胡承成, 等. 黔东南南州番茄农药残留膳食摄入风险评估[J]. 食品科学, 2019, 40(1): 202-208.
HE J, LIU WF, HU CC, *et al.* Risk assessment of pesticide residues via dietary intake of tomatoes from Qiangdongnan, Guizhou [J]. *Food Sci*, 2019, 40(1): 202-208.
- 何洁, 刘文锋, 胡承成, 等. 黔东南州黄瓜农药残留膳食摄入风险评估[J]. 浙江农业科学, 2018, 59(7): 1246-1250.
HE J, LIU WF, HU CC, *et al.* Risk assessment of pesticide residues via dietary intake of cucumber from Qiangdongnan, Guizhou [J]. *Zhejiang Agric Sci*, 2018, 59(7): 1246-1250.
- 郭蓉, 王玮, 田丽, 等. 陕西省主要叶菜中有机磷农药残留的膳食暴露

- 风险评估[J]. 现代预防医学, 2017, 44(11): 1965–1973.
- GUO R, WANG W, TIAN L, *et al.* Risk assessment of dietary exposure to organophosphates pesticides residues in staple leaf vegetables in Shanxi province [J]. *Mod Prev Med*, 2017, 44(11): 1965–1973.
- [9] ELGUETA S, MOYANO S, SEPULVEDA P, *et al.* Pesticide residues in leafy vegetables and human health risk assessment in north central agricultural areas of Chile [J]. *Food Addit Contam B*, 2017, 10(2): 105–112.
- [10] 马新耀, 王静, 朱九生. 山西省黄瓜农药残留检测及膳食摄入风险评估[J]. 生态毒理学报, 2020, 15(5): 333–344.
- MA XY, WANG J, ZHU JS. Detecting cucumber pesticide residues and assessing its dietary intake risk in Shanxi province [J]. *Asian J Ecotoxicol*, 2020, 15(5): 333–344.
- [11] ALBEDAIR LA, ALTURIQI AS. Evaluation of pesticide residues in the irrigation water, soil and assessment of their health risks in vegetables from sub-urban areas around Riyadh district, Saudi Arabia [J]. *Environl Forensics*, 2021, 22(1-2): 16–27.
- [12] 张文, 汤佳乐, 程小梅, 等. 湖南省猕猴桃农药残留及风险评估[J]. 江西农业大学学报, 2021, 43(1): 42–51.
- ZHANG W, TANG JL, CHENG XM, *et al.* Monitoring and evaluation of the pesticide residues in kiwifruit in Hunan province [J]. *Acta Agric Univ Jiangxiensis*, 2021, 43(1): 42–51.
- [13] 李纯, 熊颖, 顾利红, 等. 陈皮中农药残留分析及风险评估研究[J]. 分析测试学报, 2021, 40(3): 370–376.
- LI C, XIONG Y, GU LH, *et al.* Analysis of pesticide residues in citri reticulatae pericarpium and their risk assessments [J]. *J Instrum Anal*, 2021, 40(3): 370–376.
- [14] EI HAWARI K, MOKH S, AI ISKANDARANI M, *et al.* Pesticide residues in Lebanese apples and health risk assessment [J]. *Food Addit Contam B*, 2019, 12(2): 81–89.
- [15] GALANI YJH, HOUBRAKEN M, WUMBEI A, *et al.* Monitoring and dietary risk assessment of 81 pesticide residues in 11 local agricultural products from the 3 largest cities of Cameroon [J]. *Food Control*, 2020, 118. DOI: 10.1016/j.foodcont.2020.107416
- [16] 王建忠, 郭春景, 吴限鑫. 综合安全评估(FSA)法在芹菜农药残留安全评估中的应用[J]. 中国蔬菜, 2020, (3): 61–66.
- WANG JZ, GUO CJ, WU XX. Application of FSA in safety assessment of celery pesticide residue [J]. *Chin Veget*, 2020, (3): 61–66.
- [17] 阎会平. 山西省蔬菜农药残留动态分析[J]. 中国蔬菜, 2015, (3): 8–9.
- YAN HP. Dynamic analysis of pesticide residues in vegetables in Shanxi province [J]. *Chin Veget*, 2015, (3): 8–9.
- [18] 金征宇. 食品安全导论[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- JIN ZY. Introduction to food safety [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005.
- [19] 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.
- [20] 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.
- BAI XM. Assessment of acute human health risk of pesticide residues in vegetables [J]. *Food Sci*, 2014, 35(5): 208–212.
- [21] 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.
- SUN L, HUANG JX, DENG YC, *et al.* Risk assessment of dietary exposure to pesticide residues in staple leaf vegetables in Guangdong province [J]. *Food Sci*, 2017, 38(17): 223–227.
- [22] 刘淑梅, 秦淑国, 武可, 等. 宿州市市售韭菜和芹菜中农药残留及暴露风险[J]. 食品安全导刊, 2020, (24): 129–131, 134.
- LIU SM, QIN SG, WU K, *et al.* Pesticide residues and exposure risk in leek and celery sold in Suzhou city [J]. *Chin Food Saf Magaz*, 2020, (24): 129–131, 134.
- [23] 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.
- NIE JY, LI ZX, LIU CD, *et al.* Risk assessment of pesticide residues in apples [J]. *Sci Agric Sin*, 2014, 47(18): 3655–3667.
- [24] 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.
- WANG DQ, PAN DX, HUA XX, *et al.* Dietary intake risk assessment of pesticide residue in honey peach [J]. *Anhui Agric Sci*, 2016, 44(21): 126–130.
- [25] 孙瑞卿, 乔雄梧, 秦曙. 中国食品中农药 MRL 标准对急性膳食暴露评估需求的研究[J]. 农药学报, 2015, 17(5): 544–554.
- SUN RQ, QIAO XW, QIN S. Study on acute dietary exposure assessment needs for Chinese pesticide MRLs in food [J]. *Chin J Pesti Sci*, 2015, 17(5): 544–554.
- [26] 宋稳成. JMPR 评估农药 ADI 和 ARfD 清单[J]. 农药科学管理, 2009, 30(8): 12–17.
- SONG WC. JMPR Evaluates list of pesticide ADI and ARfD [J]. *Pest Sci Admin*, 2009, 30(8): 12–17.
- [27] 张嘉坤, 及增发, 郑振山, 等. 河北产区桃农药残留风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(7): 2662–2670.
- ZHANG JK, JI ZF, ZHENG ZS, *et al.* Risk assessment of pesticide residues in peaches from Hebei province [J]. *J Food Saf Qual*, 2021, 12(7): 2662–2670.
- [28] International Programme on Chemical Safety. Environmental health criteria 210: Principles for the assessment of risks to human health from exposure to chemicals [M]. Geneva: World Health Organization, 1999.
- [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.
- ZHAO HY, YANG GL, YE GB, *et al.* Application of acute dietary risk assessment in formulation of pesticide residue limits [J]. *Zhejiang Agric Sci*, 2018, 59(9): 1600–1602, 1606.

(责任编辑: 于梦娇 张晓寒)

作者简介



郝玉敏, 硕士, 农艺师, 主要研究方向为农产品质量安全。

E-mail: yuminhao09@126.com