

[16] Food Standards Australia New Zealand (FSANZ). The 20th Australian total diet survey a total diet survey of pesticide residues and contaminants[R]. Canberra:FSANZ,2003.

[17] Leblanc J C, Guérin T, Noël L, et al. Dietary estimates of 18 elements from the 1st French total diet study[J]. Food Additives and Contaminants,2005,22(7):624-641.

## 风险评估

# 济南市市售蔬菜中农药残留及慢性膳食暴露风险评估

刘守钦,杨柳,孙延斌,刘素华,胡光春,刘岚铮  
(济南市疾病预防控制中心,山东 济南 250021)

**摘要:**目的 了解济南市市售蔬菜中农药残留情况,评估蔬菜中农药残留的慢性膳食暴露风险。方法 对2010—2012年济南市市售蔬菜的农药残留情况进行分析,以2002年山东省居民营养与健康状况调查和中国居民膳食指南中推荐的蔬菜摄入量及JMPR制定的ADI为参数,应用国际每日膳食摄入评估法对济南市居民蔬菜中农药残留的慢性膳食暴露风险进行评估。结果 共监测样品675份,有机磷类农药(乐果和乙酰甲胺磷)的检出率为3.93%(13/331),超标率为2.11%(7/331);拟除虫菊酯类农药(甲氰菊酯和氯菊酯)的检出率为9.91%(21/212),超标率为6.60%(14/212);氨基甲酸酯类农药(抗蚜威和异丙威)的检出率为7.58%(10/132),超标率为5.30%(7/132)。经评估各类农药的摄入量均小于ADI。结论 济南市市售蔬菜农药残留量在安全限制之内,居民蔬菜中农药残留的慢性膳食暴露风险小,但农药残留超标现象普遍,应规范和加强农药的使用和管理。

**关键词:**农药;监测;膳食暴露;点评估;食品安全;风险评估

中图分类号:R155 文献标志码:A 文章编号:1004-8456(2016)04-0532-04

DOI:10.13590/j.cjfh.2016.04.026

## Surveillance on pesticide residues in vegetables in Jinan and the risk assessment of dietary exposure

LIU Shou-qin, YANG Liu, SUN Yan-bin, LIU Su-hua, HU Guang-chun, LIU Lan-zheng  
(Jinan Center for Disease Control and Prevention, Shandong Jinan 250021, China)

**Abstract:** **Objective** To assess the risk of dietary exposure to pesticides. **Methods** Surveillance on pesticides in vegetables was conducted in Jinan from 2010 to 2012. According to the average vegetable intake and the ADI of pesticides in vegetables established by JMPR, the point assessment method was applied to assess the risk of exposure. **Results** 675 vegetable samples and 6 pesticides (dimethoate, acephate, fenprothrin, permethrin, pirimicarb, and isoprocarb) were tested. The detection rates of organophosphorus pesticide, pyrethroids pesticide and carbamate pesticide were 3.93%, 9.91%, and 7.58%. The violation rates were 2.11%, 6.60%, and 5.30%. The pesticides intakes were lower than ADI. **Conclusion** The pesticides in commercial vegetables in Jinan were within the safety limit, but the violation rates should be taken seriously, and the application of pesticides should be strengthened.

**Key words:** Pesticides; surveillance; dietary exposure; point estimation; food safety; risk assessment

农药的使用在人类农业快速发展的过程中起到了重要作用,但农药的过度及不合理使用对人群的健康造成威胁。目前,农药残留成为世界各国关注且敏感的食品安全问题。据有关机构测算,作为化学物质,农药用量和接触范围要远比医药大的多,农药对环境和人体健康的影响也比医

药来的深远<sup>[1]</sup>。

本研究利用2010—2012年济南市市售蔬菜中6种农药残留的监测数据,分别应用2002年山东省居民营养与健康状况调查<sup>[2]</sup>中居民蔬菜摄入量及中国居民膳食指南<sup>[3]</sup>中居民膳食每日蔬菜推荐摄入量对居民经蔬菜摄入农药残留的慢性暴露进行点评估,以了解济南市市售蔬菜农药残留情况及居民膳食暴露风险,为开展蔬菜农药残留的防治工作和食品安全风险管理工作提供科学依据。

收稿日期:2016-03-29

基金项目:济南市科技技术发展计划项目(201121055)

作者简介:刘守钦 男 主任医师 研究方向为营养与食品安全

E-mail:liushouqin@sina.com

## 1 材料与方法

### 1.1 样品采集

按照 NY/T 762—2004《蔬菜农药残留检测抽样规范》<sup>[4]</sup>及 NY/T 789—2004《农药残留分析样品的采样方法》<sup>[5]</sup>对济南市市售蔬菜进行样品采集。样品主要来自济南市的商场超市、农贸市场、批发市场等,包括根菜类、茎菜类、叶菜类、花菜类及果菜类等各类常用蔬菜。样品采集后冷藏保存 8 h 内送至实验室检测。

表 1 WHO 关于食品污染物未检出数据处理指南

Table 1 Guideline for the treatment of food contaminants without data, WHO

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

### 1.2.2 评估参数

居民蔬菜标准人日平均消费量来自 2002 年山东省居民营养与健康状况调查数据<sup>[2]</sup>及中国居民膳食指南<sup>[3]</sup>中蔬菜推荐摄入量。采用联合国粮农组织(FAO)/世界卫生组织(WHO)农药残留联席会议(JMPR)制定的每日允许摄入量(ADI, mg/kg BW)作为慢性暴露评估标准<sup>[6]</sup>(表 2)。

表 2 不同种农药 ADI 参考值

Table 2 ADI reference values of different pesticides

农药类别	农药名称	ADI/(mg/kg BW)
有机磷类	乐果	0.002
	乙酰甲胺磷	0.03
拟除虫菊酯类	甲氰菊酯	0.03
	氯菊酯	0.05
氨基甲酸酯类	抗蚜威	0.02
	异丙威	0.002

### 1.2.3 暴露评估

采用国际上通用的国际每日膳食摄入估计法(IEDI)计算蔬菜中农药残留的慢性暴露水平<sup>[8]</sup>。计算公式如下:

$$IEDI = \frac{\sum_{k=1}^n x_{k,mean} \times c_{k,mean}}{BW_{mean}}$$

表 3 2010—2012 年济南市市售蔬菜中农药残留监测结果( $\bar{x} \pm s$ )

Table 3 Surveillance on pesticide residues in vegetables in Jinan from 2010 to 2012

农药类别	农药名称	样品数 /份	检出率 /%	超标率 /%	农药残留量/(mg/kg)			
					均值 ± 标准差 <sup>1</sup>	均值 ± 标准差 <sup>2</sup>	最小值	最大值
有机磷类	乐果	125	6.40(8/125)	4.00(5/125)	0.060 5 ± 0.442 5	0.079 2 ± 0.439 9	ND	4.490
	乙酰甲胺磷	206	2.43(5/206)	0.97(2/206)	0.021 5 ± 0.192 1	0.041 0 ± 0.189 9	ND	2.500
拟除虫菊酯类	甲氰菊酯	146	4.11(6/146)	2.74(4/146)	0.009 7 ± 0.054 5	0.012 6 ± 0.054 0	ND	0.384
	氯菊酯	66	22.73(15/66)	15.15(10/66)	0.224 9 ± 0.578 6	0.228 8 ± 0.577 0	ND	2.560
氨基甲酸酯类	抗蚜威	66	10.61(7/66)	6.06(4/66)	0.025 3 ± 0.128 4	0.034 2 ± 0.126 6	ND	0.850
	异丙威	66	4.55(3/66)	4.55(3/66)	0.026 6 ± 0.124 1	0.029 5 ± 0.123 5	ND	0.690

注:ND 为未检出;1 为对所有 < LOD 的结果按照 0 计算;2 为对所有 < LOD 的结果按 LOD 计算

### 1.2 方法

#### 1.2.1 检验和评价

按照 GB 2763—2014《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》<sup>[6]</sup>规定的检验方法对乐果、乙酰甲胺磷、甲氰菊酯、氯菊酯、抗蚜威及异丙威等 6 种农药残留情况进行检测,并根据标准的限量值进行判定。农药残留量低于检出限(LOD)的样品,按照 WHO 关于食品污染物未检出数据处理指南<sup>[7]</sup>进行计算(表 1)。

式中,IEDI 为某种农药的平均暴露水平(μg/kg BW), $x_{k,mean}$ 是全人群第  $k$  种食品的平均消费量(g/d), $c_{k,mean}$ 是第  $k$  种食品中农药残留的均值(mg/kg), $n$ 为食品种类数目, $BW_{mean}$ 为标准人体重,此处为 60 kg。在获得农药残留膳食暴露水平的基础上,根据 JMPR 制定的 ADI,计算农药的安全限制(MOS)。公式如下: $MOS = ADI/IEDI$ 。MOS ≥ 1 表示健康风险可以接受,MOS < 1 表示健康风险较高。标准人体重按 60 kg 计算。

### 1.3 统计学分析

运用 SPSS 20.0 进行数据分析。

## 2 结果

### 2.1 市售蔬菜中农药残留监测结果

共监测 675 份蔬菜样品中 6 种农药的残留情况。有机磷类农药(乐果和乙酰甲胺磷)的检出率为 3.93%(13/331),超标率为 2.11%(7/331);拟除虫菊酯类农药(甲氰菊酯和氯菊酯)的检出率为 9.91%(21/212),超标率为 6.60%(14/212);氨基甲酸酯类农药(抗蚜威和异丙威)的检出率为 7.58%(10/132),超标率为 5.30%(7/132),见表 3。

## 2.2 蔬菜中农药残留的慢性膳食暴露水平

以2002年山东省居民营养与健康状况调查中蔬菜摄入量 $202.2\text{ g/标准人}\cdot\text{d}^{[2]}$ 为参考值,评估蔬菜中农药残留的慢性膳食暴露水平,6种农药的

MOS均 $>1$ ,表明经蔬菜暴露于这6种农药的健康风险较低。其中乐果的MOS最小(9.809和7.493),甲氰菊酯的MOS最大(917.740和706.514),见表4。

表4 蔬菜中农药慢性膳食暴露评估

Table 4 Chronic dietary exposure assessment of pesticides in vegetables

农药类别	农药名称	日平均暴露量 <sup>1</sup> /(mg/kg BW)	MOS <sup>1</sup>	日平均暴露量 <sup>2</sup> /(mg/kg BW)	MOS <sup>2</sup>
有机磷类	乐果	0.000 20	9.809	0.000 27	7.493
	乙酰甲胺磷	0.000 07	414.050	0.000 14	217.124
拟除虫菊酯类	甲氰菊酯	0.000 03	917.740	0.000 04	706.514
	氯菊酯	0.000 76	65.971	0.000 77	64.846
氨基甲酸酯类	抗蚜威	0.000 09	234.574	0.000 12	173.530
	异丙威	0.000 09	22.311	0.000 10	20.118

注:蔬菜平均日消费量为 $202.2\text{ g/标准人}\cdot\text{天}$ ;MOS<sup>1</sup>:按照均值 $\pm$ 标准差<sup>1</sup>计算;MOS<sup>2</sup>:按照均值 $\pm$ 标准差<sup>2</sup>计算

以中国居民膳食指南中蔬菜摄入量推荐值 $500\text{ g}^{[3]}$ 作为蔬菜的消费量,评估蔬菜中农药残留的慢性膳食暴露,6种农药的MOS均 $>1$ ,表明经蔬菜

暴露于这6种农药的健康风险较低。其中乐果的MOS最小(3.967和3.030),甲氰菊酯的MOS最大(371.134和285.714),见表5。

表5 蔬菜中农药慢性膳食暴露评估

Table 5 Assessment of chronic dietary pesticide exposure in vegetables

农药类别	农药名称	日平均暴露量 <sup>1</sup> /(mg/kg BW)	MOS <sup>1</sup>	日平均暴露量 <sup>2</sup> /(mg/kg BW)	MOS <sup>2</sup>
有机磷类	乐果	0.000 50	3.967	0.000 66	3.030
	乙酰甲胺磷	0.000 18	167.442	0.000 34	87.805
拟除虫菊酯类	甲氰菊酯	0.000 08	371.134	0.000 11	285.714
	氯菊酯	0.001 87	26.679	0.001 91	26.224
氨基甲酸酯类	抗蚜威	0.000 21	94.862	0.000 29	70.175
	异丙威	0.000 22	9.023	0.000 25	8.136

注:蔬菜平均日消费量为 $500\text{ g/标准人}\cdot\text{天}$ ;MOS<sup>1</sup>:按照均值 $\pm$ 标准差<sup>1</sup>计算;MOS<sup>2</sup>:按照均值 $\pm$ 标准差<sup>2</sup>计算

## 3 讨论

食品中农药、添加剂、重金属及其他因素、工业污染物等残留与消费者健康有着密切的关系,是政府和组织为保护消费者健康所关注的主要对象<sup>[1]</sup>。本研究对2010—2012年济南市市售蔬菜6种农药残留情况进行监测,并且应用点评估方法评估蔬菜中农药残留的慢性膳食暴露风险。点评估<sup>[9]</sup>是目前常用的暴露评估方法,适用于化学物的筛检性研究。研究中仅运用新鲜蔬菜中农药残留量对膳食暴露风险进行评估,没有考虑食品加工对农药残留的影响,对于食品中农药的残留来讲,通常会因加工过程的不同而产生不同程度的降解或由于浓缩加工过程而提高<sup>[7]</sup>。另外,本研究仅考虑蔬菜中农药残留,未考虑其他食品来源的农药残留,低估了膳食暴露水平。此外,本研究采用标准人或营养协会推荐的蔬菜摄入量,并非个体的实际消费量,也无法计算高消费量人群的暴露水平,具有一定的不确定性。

研究中引用2002年山东省居民营养与健康状况调查<sup>[2]</sup>中居民蔬菜摄入量作为参考,评估蔬菜中农药

残留的慢性膳食暴露风险。但由于该调查距今已有十多年,居民的膳食结构在这十多年中发生变化,因此,又利用中国居民膳食指南中对蔬菜的推荐摄入量作为参考,评估蔬菜中农药残留的慢性膳食暴露风险。结果显示,济南市市售蔬菜6种检测的农药残留量均在安全限制之内,居民经蔬菜摄入农药残留的慢性膳食暴露风险小,但6种农药残留均有超标,因此,应规范和加强农药的使用和管理。

## 参考文献

- [1] 李聪,张艺兵,李朝伟,等.暴露评估在食品安全状态评价中的应用[J].检验检疫科学,2002,12(1):11-12.
- [2] 周景洋,张俊黎.山东省居民膳食营养与健康状况[M].济南:山东电子音像出版社,2008:28-31.
- [3] 中国营养学会.中国居民膳食指南(2011版)[M].拉萨:西藏人民出版社,2010.
- [4] 中华人民共和国农业部.NY/T 762—2004 蔬菜农药残留检测抽样规范[S].北京:农业出版社,2004.
- [5] 中华人民共和国农业部.NY/T 789—2004 农药残留分析样本的采样方法[S].北京:农业出版社,2004.
- [6] 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.

- [ 7 ] 罗炜. 食品安全风险分析化学危害评估[M]. 北京:中国质检出版社,中国标准出版社,2012. 1073-1082.
- [ 8 ] Renwick A G. Pesticide residue analysis and its relationship to hazard characterization ( ADI/ARFD ) and intake estimations ( NEDI/NESTI ) [ J ]. Pest Manag Sci, 2004, 58 ( 10 ): 1073-1082.
- [ 9 ] Menamara C, Naddy B, Rohan D, et al. Design, development and validation of software for modelling dietary exposure to food chemicals and nutrients [ J ]. Food Additives and Contaminants, 2003, 20(11):18-26.

## 风险评估

# 绍兴地区不同人群铅镉汞膳食暴露评估

樊伟,王晶,陈理

(绍兴市疾病预防控制中心,浙江绍兴 312071)

**摘要:**目的 了解绍兴地区不同人群膳食中铅、镉和总汞的摄入量,评估绍兴地区膳食中铅、镉和总汞的安全性。方法 对绍兴地区食品中铅、镉和总汞含量进行监测,结合2008年绍兴市居民膳食消费量调查结果,对绍兴地区不同人群膳食中铅、镉和总汞的暴露水平进行评估。结果 不同年龄和性别人群膳食中铅的每周平均暴露量为5.26~13.1  $\mu\text{g}/\text{kg BW}$ ,占原PTWI的21.0%~52.4%,全人群膳食中铅的平均暴露限值(MOE)为1.02;镉的每月平均暴露量为16.0~39.4  $\mu\text{g}/\text{kg BW}$ ,占PTMI的64.0%~157.6%,2~6岁和7~17岁年龄组男性、2~6岁年龄组女性膳食中镉暴露水平均超过了PTMI限值(25  $\mu\text{g}/\text{kg BW}$ );总汞的每周平均暴露量为0.67~2.02  $\mu\text{g}/\text{kg BW}$ ,占PTWI的16.8%~50.5%。膳食中铅、镉和总汞的主要来源均为米及其制品和鱼虾类食品。结论 绍兴地区居民膳食中总汞暴露水平是安全的,但膳食中铅和镉暴露水平较高,尤其是18岁以下人群,需加强相关食品中铅和镉的监测及膳食指导。

**关键词:**铅;镉;总汞;膳食暴露;绍兴;风险评估

中图分类号:R155 文献标志码:A 文章编号:1004-8456(2016)04-0535-06

DOI:10.13590/j.cjfh.2016.04.027

## Assessment on the dietary exposure of lead, cadmium and total mercury in different populations in Shaoxing

FAN Wei, WANG Jing, CHEN Li

(Shaoxing Center for Disease Control and Prevention, Zhejiang Shaoxing 312071, China)

**Abstract: Objective** To obtain the intakes of lead, cadmium and total mercury from food in different populations in Shaoxing, and to evaluate the risk of lead, cadmium and total mercury from food. **Methods** The food samples were collected and the contents of lead, cadmium and total mercury were detected, the exposure levels of lead, cadmium and total mercury from food in Shaoxing were assessed by combination with the survey results of dietary consumption of residents in Shaoxing in 2008. **Results** The weekly exposure level of lead ranged from 5.26 to 13.1  $\mu\text{g}/\text{kg BW}$ , which accounted for 21.0%-52.4% of the PTWI in different gender and age groups, and the MOE value of lead was 1.02; the monthly exposure level of cadmium ranged from 16.0 to 39.4  $\mu\text{g}/\text{kg BW}$ , which accounted for 64.0%-157.6% of the PTMI in different gender and age groups, the dietary cadmium exposure of men aged 2-6 and 7-17 and women aged 2-6 exceeded the PTMI (25  $\mu\text{g}/\text{kg BW}$ ); the weekly exposure level of total mercury ranged from 0.67 to 2.02  $\mu\text{g}/\text{kg BW}$ , which accounted for 16.8%-50.5% of the PTWI in different gender and age groups. **Conclusion** The dietary exposure levels of total mercury were safe, but the dietary exposure levels of lead and cadmium were relatively high, especially for the population under 18 years of age. It was necessary to strengthen the lead and cadmium surveillance in related food and provide dietary guidance for residents.

**Key words:** Lead; cadmium; total mercury; dietary exposure; Shaoxing; risk assessment

收稿日期:2015-11-30

作者简介:樊伟 男 医师 研究方向为食品化学物检测和风险评估 E-mail:zzufanwei@163.com

通信作者:陈理 男 主任技师 研究方向为卫生理化检测 E-mail:chen5224169@126.com