

文章编号:1671-1513(2012)05-0019-04

# 农产品重金属风险评估体系的研究进展

刘潇威, 陈春, 宇妍, 林繁

(农业部环境保护科研监测所 农业部农产品质量安全环境因子风险评估实验室/农业部产地环境与农产品安全重点开放实验室/天津市农业环境与农产品安全重点开放实验室, 天津 300191)

**摘要:**农产品重金属风险评估是保障农业产业持续发展和人体健康的重要关键点. 综述了农产品重金属风险评估体系的框架内容与研究进展, 同时介绍了近期农产品重金属风险评估的研究热点, 并对农产品产地环境重金属风险评估内容作了简要的概括. 最后展望了我国农产品重金属风险评估今后的研究方向.

**关键词:**农产品; 食品安全; 重金属; 风险评估

**中图分类号:** TS201.6

**文献标志码:** A

重金属通过各种途径进入农业土壤环境后, 由于其自身化学、物理与生物等因素的作用和受土壤环境的影响, 短时间内很难消除. 它们在土壤中不断积累, 通过呼吸、饮水、直接摄入、皮肤接触以及食入农产品等暴露途径引起风险, 其中食物链传递风险构成了农产品质量安全风险评估的重点内容. 众所周知, 农产品的质量与安全一直是人们所关注的焦点问题. 随着近年来全国各地多起重金属污染事件的接连爆发, 重金属污染引发的农产品安全及产地环境问题受到了国内外的广泛重视. 2011年2月, 《重金属污染综合防治“十二五”规划》经国务院批准, 内容主要涉及到重金属污染的全面预防控制, 目标在于建立比较完善的重金属污染防治体系、事故应急体系和环境与健康风险评估体系. 其中, 农产品质量安全风险评估体系的建立与应用对于保障我国农业生态系统和人类健康将发挥至关重要的作用.

风险评估是《农产品质量安全法》和《食品安全法》对农产品质量安全、食品安全确立的一项最基本法律制度, 也是国际社会对农产品质量安全和食品安全管理的最通行做法. 对农产品质量安全实施风险评估, 既是政府依法履行监管职责、及时发现和预防农产品质量安全风险隐患的客观需要, 也是农产品质量安全科学管理和构建统一、规范的农产品

质量安全标准体系的现实需要. 当前, 农产品质量安全风险评估研究尚处于探索阶段. 如何综合评价农产品与农产品产地的质量安全, 正确引导生产者在提高农产品产量的同时并提高质量安全水平已成为农业产业发展的重要关键点.

## 1 农产品重金属风险评估的研究体系与发展

农产品中重金属危害风险评估是判定农产品中重金属累积是否会对人体产生危害的首要方法, 也是目前国际上通行的主要判定方法之一. FAO/WHO 食品添加剂联合专家委员会(The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA)自1970年起就开始对重金属进行风险评估, 此外一些发达国家也相继建立各自专门机构负责农产品重金属风险评估. 农产品重金属风险评估是以重金属在迁移过程中引起的暴露和效应为研究核心内容, 其评价的主要步骤一般分为: 重金属污染源分析与危害判定、剂量-效应分析评价、农产品中重金属膳食暴露评估以及风险表征描述等4个步骤<sup>[1]</sup>. 风险评估体系需要重金属化学与生物学等背景相关性资料, 农产品中重金属残留累积的数据以及农产品消费量的基本数据. 数据的充分性直接决定着风险评

估结果的精确性和准确性。

### 1.1 重金属污染源分析

农产品重金属污染源分析是鉴于理论上土壤重金属污染的可能性,在明确潜在污染暴露点的基础上,确定污染源暴露方式、污染物在环境中迁移转化的内在性质和对不同物质的毒性以及对空气、地下水等环境介质存在的潜在威胁。

危害判定是根据污染物的生物学和化学背景等信息资料,初步判断某种污染物是否会对人体健康或生态环境构成危害,并评估危害的影响后果。常规的评估研究方法主要有:明确污染物理化性质和暴露途径与暴露方式、化学物的不同结构活性与毒理间关系、代谢与药代动力学实验、模拟动物的短期急性毒性暴露实验与亚急性或慢性长期毒性暴露实验以及人类流行病学研究等。目前重金属的危害判定的研究方法与研究手段发展主要依赖于环境毒理学、生态毒理学、卫生毒理学、药物动力学以及环境检测监测技术的发展。农产品重金属危害判定遵循的原则是基于上述各种评估研究方法,筛选识别出对人体健康或生态系统影响权重最大的信息,尽可能有效利用所获得的信息判定农产品重金属的危害程度。

### 1.2 剂量—效应分析评价

剂量—效应分析是对重金属等有害因子暴露水平与暴露人群或生态系统中的种群、群落等出现不良效应发生率间的关系进行定量估算的过程。重金属剂量—效应评价主要研究重金属胁迫引起的毒效应与暴露剂量之间的定量关系,是进行农产品重金属风险评价的定量依据。

重金属风险的暴露剂量需要定期估计人体膳食重金属的摄入量。20世纪50年代中期,美国食品药品监督管理局(Food and Drug Administration, FDA)建立了可接受的每日摄入量(acceptable daily intake, ADI)的评价指标,来表征重金属的每日摄入水平,若不超过这个水平,仅只会产生不显著的致癌健康风险;另外,参考剂量(reference dose,  $R_fD$ )是用来评价非致癌性健康效应的毒性阈值。尽管 ADI 和  $R_fD$  建立依据基本类似,但相比较而言  $R_fD$  是美国 EPA 确定的更严格的评价指标。考虑到重金属在人体内半衰期长的特点, JECFA 关于剂量—效应分析较多采用每周耐受量(provisional tolerable weekly intake, PTWI),有时也采用每日耐受量(tolerable daily intake, TDI)。

### 1.3 重金属膳食暴露评估

重金属膳食暴露评估重点研究人体暴露于重金属污染胁迫下,对暴露量的大小、暴露频度、暴露持续时间与暴露途径等进行测量、估算或预测的过程,是进行重金属风险评价的定量依据。暴露评估中应对接触人群的数量、分布、活动状况,重金属暴露的接触方式以及不确定影响因素进行描述。

重金属膳食暴露量评估方法主要采用日常农产品总膳食研究手段(total diet study, TDS),取样分析筛查重金属主要膳食来源的农产品种类数量,获取农产品中重金属含量的一般暴露水平,即以某种特定农产品中重金属浓度乘以该种农产品的消费量得出单项农产品所导致的重金属摄入量,最后对所有单项农产品导致的重金属摄入量进行加和。该方法评估人群摄入某种重金属量的精确度主要取决于被分析的农产品能否作为该重金属的重要膳食来源<sup>[1]</sup>。

### 1.4 风险表征描述

风险表征描述是基于以上评估步骤进行总结,并进行风险水平的定性与定量表达,从而确定有害结果发生的概率、可接受的风险水平以及评价结果的不确定性等参数。

农产品重金属风险表征描述主要是确定重金属 PTWI 或  $R_fD$  的过程,首先应先获取重金属的化学和生物学的基础数据,并得到重金属的吸收率、去除率(生物半衰期)以及在人体内的累积分布等有效信息。通过动物毒性暴露实验与人类流行病学等毒理学研究结果,进行危害程度判定,找出最敏感的暴露终点;然后通过剂量—效应关系动力学曲线制定尚未产生有害毒性效应的最高暴露剂量(no observed adverse effect level, NOAEL)或基准暴露剂量(benchmark dose, BMD),考虑其影响的不确定因子,最后以 NOAEL 或 BMD 除以不确定系数计算出最大 PTWI 或  $R_fD$ 。表 1 为目前国际上推荐的重金属风险表征可接受的 PTWI,  $R_fD$  或是 TDI 等各指标阈值水平。

目前,我国还没有形成一套成熟的适合本国国情的农产品重金属风险评估方法,致使我国在重金属风险评估中多采用国外方法。但是,由于污染状况、饮食结构以及人们的生活行为等特征不同,并且暴露途径与剂量—效应分析方面皆存在差异。因此,在我国借鉴国外风险评估方法的同时还需要结合我国基本情况加以修正应用。

表1 国际上推荐的重金属暴露 PTWI, R<sub>i</sub>D 或是 TDITab. 1 PTWI, R<sub>i</sub>D or TDI of heavy metals

重金属	PTWI, R <sub>i</sub> D 或 TDI	来源
镉	PTWI: 7 μg/kg bw	JECFA, 2004
甲基汞	PTWI: 1.6 μg/kg bw	JECFA, 2004
	R <sub>i</sub> D: 0.7 μg/kg bw/week	U. S. - NRC, 2000
铅	PTWI: 25 μg/kg bw	JECFA
铬(VI 价格)	R <sub>i</sub> D: 5 μg/kg bw/day	WHO
镍	TDI 为 5 μg/kg bw	WHO
锡(无机锡)	PTWI: 14 mg/kg bw	JECFA, 2001

### 1.5 近期农产品重金属风险评估的研究热点

2004年JECFA组织对镉、甲基汞等重金属风险进行了再次评估<sup>[2]</sup>。此次评估在最新研究数据基础上,保留了镉的PTWI为7 μg/kg bw,但将原甲基汞的PTWI由3.3 μg/kg bw修订为1.6 μg/kg bw。这2项评估均使用2000年推荐的食品中污染物和毒素暴露评估方法,计算出对PTWI贡献很大的农产品。对于镉的摄入量而言,大米、小麦、淀粉类根茎或块茎类植物,以及牡蛎对PTWI的贡献超过了10%。蔬菜(非叶菜类)在2个地区对PTWI的贡献超过5%;而日常生活人类对于甲基汞的摄入量,鱼是农产品中唯一的甲基汞来源,一般甲基汞浓度<0.4 mg/kg。但是在食物链最高营养级的鱼可能含有浓度大于5 mg/kg的甲基汞,在年龄较长和体积大的肉食性鱼和一些海洋哺乳类动物中甲基汞的含量水平最高。本次评估出各国镉摄入量的均值从0.7~6.3 μg/kg bw/week。由全球食品污染物监测规划(Global Environment Monitoring System-Food Contamination Monitoring and Assessment Programme, GEMS/FOOD)推导出的膳食镉摄入量均值为2.8~4.2 μg/kg bw/week。这些估计值占镉PTWI(7 μg/kg bw)约40%~60%。高消费量的人群总镉摄入量大约是平均值的2倍,因此这些人群对于镉的摄入量可能超过了PTWI;甲基汞摄入量估计值是:在5个GEMS/Food地区中大约为0.3~1.5 μg/kg bw per week,对于各个国家而言则为0.1~2.0 μg/kg bw per week。

2004年欧洲食品局(European Food Safety Authority, EFSA)收到2个请求,分别对饲料中镉和鱼产品、海产品中的甲基汞进行了风险评估。评估结果认为当前法定的全价配合饲料中镉浓度最大值0.5 mg/kg干物质,成年反刍类动物的全价配合饲料镉浓度最大限值为1 mg/kg干物质时,可确保

牲畜与家禽的安全和人体健康<sup>[3]</sup>。鱼和海产品中甲基汞暴露评估结论为,针对一部分经常食用大型捕食类鱼的人群和儿童,甲基汞摄入量容易超过PTWI(1.6 μg/kg bw)<sup>[4]</sup>。由于EFSA的食物链污染物科学专家组(panel on contaminants in the food chain, CONTAM panel)报告中关于欧盟各个国家对于鱼和海产品中甲基汞的摄入量各不同,消费量和种类也存在差异。于是,尽管大部分国家摄入量均值低于JECFA的PTWI 1.6 μg/kg bw,但是尚有一些国家仍超过了美国国家研究委员会(National Research Council, NRC)确定的可耐受暴露水平0.7 μg/kg bw,因此计划2005年后再次开展甲基汞的评估工作。

## 2 农产品产地环境重金属风险评估

农产品产地安全是指农产品产地的土壤、水体和大气环境质量等符合生产质量安全农产品要求。农产品产地是农产品生产的源头,它直接影响到农产品质量安全。近年来,农产品产地环境重金属风险评估被越来越多地应用于重金属污染控制与风险管理体系中。国外农产品产地重金属风险评估体系研究中常用方法有:模糊数学法、灰色聚类法、基准分析法、密切值法、单因子污染指数法和内梅罗综合污染指数法等<sup>[5]</sup>。我国的风险评估体系研究起步于20世纪90年代,且主要以介绍和应用国外的研究成果为主,研究手段单一且多集中于概念性的描述或者简单模型的套用,缺乏方法性研究。目前,国内农产品产地土壤重金属污染风险评估理论和方法的研究尚处于起步阶段,特别是产地环境因子引起的潜在生态环境风险、人群健康风险以及评估与风险管理方面的研究还相对薄弱。至今还尚未形成一套适合中国的有关风险评价程序和方法的技术体系文件。

## 3 结 语

开展农产品质量安全风险评估,旨在发现农产品质量安全方面存在的未知风险隐患、评估已知危害程度及相应农产品的营养功能。在近两年开展的农产品质量安全风险隐患排查和专项评估工作基础上,我国已经陆续将“米袋子”和“菜篮子”等主要农产品全部纳入风险评估的总体部署体系中,2013年将继续扩大农产品质量安全风险监测和评估的危害因素范围、产品种类,持续跟踪并着力解决公众关注

度高且风险隐患突出的主要风险因子和主要特色产品,依托已初步建立的农产品质量安全风险评估技术体系和工作基础,进行现场摸底排查、生产过程跟踪验证和上市前产品的抽样定量评定及相关数据和风险信息的统计分析与综合研判,有计划、有步骤地层层推进工作,有效摸清农产品质量安全存在的重大隐患和潜在风险、科学应对质量安全突发事件<sup>[6]</sup>。

同时,进一步建设国家农产品质量安全风险评估平台,发挥农业部农产品质量安全风险评估专家委员会和农产品质量安全工作组的重要作用,开展农产品质量安全风险舆情发布、科普知识宣传普及和公共培训,进行国内外农产品质量安全风险交流与合作;制定趋于完善的农产品质量安全风险评估办法规范,积极构建以国家农产品质量安全风险评估中心为龙头、区域性风险评估实验室为主体、主产区风险评估定位监测站点为基础的风险评估体系;制定和实施重金属风险评估监测计划,大力推进农产品重金属污染事件的应急处置科学化。

#### 参考文献:

- [1] 刘潇威,何英,赵玉杰,等.农产品中重金属风险评估的研究与进展[J].农业环境科学学报,2007,26(1):15-18.
- [2] JECFA. Evaluation of certain food additives and the contaminants. Sixth-first report of the joint FAO/WHO expert committee on food additives[R]. 2004.
- [3] European Food Safety Authority. Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the commission related to mercury and methylmercury in food [R]. EFSA, 2004.
- [4] European Food Safety Authority. Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the Commission related to cadmium as undesirable substance in animal feed[R]. EFSA, 2004.
- [5] Environmental Protection Agency. Framework for metals risk assessment[R]. 2007.
- [6] 农业部.2013年农产品质量安全风险评估项目指南[R].2013年农业财政项目申报指南,2012.

## Research Progress of Risk Assessment of Heavy Metals in Agricultural Products Quality and Safety

LIU Xiao-wei, CHEN Chun, YU Yan, LIN Fan

*(Ministry of Agriculture Laboratory of Quality and Safety Risk Assessment for Agro-product on Environmental Factors, Ministry of Agriculture/Key Laboratory of Production Environment and Agro-product Safety, Ministry of Agriculture/Tianjin Key Laboratory of Agro-environment and Agro-product Safety, Agro-Environmental Protection Institute, Tianjin 300191, China)*

**Abstract:** Agricultural products safety is key to ensure the sustainable development of agriculture and human health. In this paper, we summarize the framework and present progress of the research of safety risk assessment of heavy metals in agricultural products. Meanwhile, some current research topics related to risk assessment of heavy metals in agricultural products were presented, and risk assessment of heavy metals in agricultural fields was also generalized. Finally, it was pointed that the further research trends for risk assessment of heavy metals in agricultural products and environment.

**Key words:** agricultural products; food safety; heavy metals; risk assessment

(责任编辑:李 宁)