

# 2011—2020 年农产品重金属检测能力验证结果及 质量控制关键点分析

戴礼洪\*, 姜红新, 李军幸, 穆 莉, 徐亚平, 刘潇威

(农业农村部环境保护科研监测所, 农业农村部环境质量监督检验测试中心, 天津 300191)

**摘 要:** **目的** 总结分析 2011—2020 年农产品重金属检测能力验证结果及质量控制关键点。**方法** 对 2011—2020 年农产品重金属能力验证总体情况、存在问题以及发展趋势进行了总结分析, 并对其关键控制点和技术要点进行了探讨。**结果** 2011—2020 年参加单位逐年增加, 2011 年参加单位 51 家, 到 2020 年增加至 210 家, 年均增加 31.2%。一次性合格率总体提升, 2011 年合格率为 54.9%, 2020 年为 77.1%, 提升了 22.2 个百分点。检测数据的极端值偏离度在 2016 年最高为 120.8% (镉), 变异系数在 2015 年最大为 5.08% (镉), 之后逐渐降低。在样品消解、仪器性能确认、标准曲线质量以及数据质量控制等方面还存在一些问题, 需要进行改进。**结论** 本研究所提及的关于参加能力验证的质量控制关键点可为农产品重金属检验检测机构提供借鉴。**关键词:** 农产品; 重金属; 能力验证; 结果分析; 质量控制

## Analysis of proficiency testing results and key points of quality control for heavy metal detection of agricultural products from 2011 to 2020

DAI Li-Hong\*, JIANG Hong-Xin, LI Jun-Xin, MU Li, XU Ya-Ping, LIU Xiao-Wei

(Institute of Agro-environmental Protection, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Agro-environmental Quality Supervision and Testing Center, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Tianjin 300191, China)

**ABSTRACT: Objective** To summarize and analyze the proficiency testing results of heavy metal detection ability and key points of quality control of agricultural products from 2011 to 2020. **Methods** The overall situation, existing problems and development trend of heavy metal proficiency testing of agricultural products from 2011 to 2020 were summarized and analyzed, and the key control points and technical points were discussed. **Results** From 2011 to 2020, the number of participating units increased year by year, from 51 in 2011 to 210 in 2020, with an average annual increase of 31.2%. Overall, the one-time pass rate increased, from 54.9% in 2011 to 77.1% in 2020, with an increase of 22.2 percentage points. The maximum deviation of extreme value of test data was 120.80% (Cd) in 2016, and the maximum coefficient of variation was 5.08% in 2015 (Cd), and then gradually decreased. There were still some problems in sample digestion, instrument performance confirmation, standard curve quality and data quality control, which needed to be improved. **Conclusion** The key points of quality control for participating in proficiency testing mentioned in this study can provide references for for heavy metal inspection and detection institutions of agricultural products.

基金项目: 2019 年国家农产品质量安全风险评估计划项目(GJFP2019033)

Fund: Supported by the National Agricultural Product Quality and Safety Risk Assessment Project Plan (GJFP2019033)

\*通信作者: 戴礼洪, 硕士, 高级实验师, 主要研究方向为农业环境保护与农产品检测分析。E-mail: dailihong81@126.com

\*Corresponding author: DAI Li-Hong, Master, Senior Engineer, Institute of Agro-environmental Protection, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, No.31, Fukang Road, Nankai District, Tianjin 300191, China. E-mail: dailihong81@126.com

**KEY WORDS:** agricultural products; heavy metals; proficiency testing; result analysis; quality control

## 0 引言

能力验证是通过实验室间的比对来判定实验室检测能力的活动,是确保实验室维持较高的检测水平而对其能力进行考核、监督和确认的一种验证活动,是实验室通过外部措施对其内部质量控制的一种重要补充方式,也是评价实验室技术能力的有效手段<sup>[1-4]</sup>。农产品中重金属能力验证由农业农村部农产品质量安全监管司组织,农业农村部农产品质量安全中心牵头实施。农业农村部环境质量监督检验测试中心(天津)承办了“2011—2020 年农产品中重金属检测能力验证”工作。10 年间农产品重金属检测经历了快速发展,也暴露出一些问题,鉴于此本研究对 2011—2020 年农产品重金属检测能力验证的实施情况、发展趋势、存在要问题以及质量控制关键点进行总结分析,以期持续改进实验室质量管理体系,促进实验室检测能力不断提高。

## 1 材料与方法

### 1.1 组织依据

依照《农产品质量安全法》《农产品质量安全检测机构管理办法》、RB/T 214—2017《实验室资质认定能力评价检验检测机构通用要求》等规定农业农村部环境质量监督检验测试中心(天津)连续承办了全国农产品重金属能力验证活动。

### 1.2 能力验证考核结果评价方法

按照 CNAS-GL02—2014《能力验证结果的统计处理和评价指南》,采用稳健统计法: $|Z| < 2$ ,属于满意结果; $2 \leq |Z| < 3$ ,属于可疑结果; $|Z| \geq 3$ ,为离群值,属于不满意结果<sup>[5-7]</sup>。

### 1.3 考核参数

农产品中重金属检测能力验证考核项目为 GB 2762—2017《食品安全国家标准 食品中污染物限量》中涉及的元素,以及农业农村部 58 类无公害农产品检测目录中的有关项目,同时考虑农业环境与农产品中重金属风险比较大的元素。

### 1.4 水平设置

从国内典型地区采集农产品样品或液体添加 2 种方式,确保浓度水平适合于能力验证考核。样品基质一般选择大宗农产品,如大米、小麦。含量水平梯度交叉设计,Pb、Cr、Hg 会比实际样品高 2~5 倍;As、Cd 等元素一般选择自然样品,含量水平多介于方法检出限与限量值之间,也

会考虑重金属液体添加或者不同含量样品混合制备。对于样品重金属添加,设置合理水平梯度,仅对考核项目进行添加,其他非考核参数含量保持一致,防止数据串供。

### 1.5 样品制备

能力验证考核样品由我单位按照国家标准物质研制程序进行制备。基质样品经过初磨处理后,粒径达到 40 目,再使用专业设备进行细磨处理,以使样品粒径达到 80 目以上,同时实现样品混匀效果。

### 1.6 均一性和稳定性实验

参照 CNAS-GL03—2006《能力验证样品均匀性和稳定性评价指南》进行样品检验,均匀性检验采用“4.2 单因子方差分析方法”;稳定性检验采用“5.2  $t$  检验法”,同时考察检验结果是否存在明显的变化趋势。使用 X 射线与电感耦合等离子体质谱法(inductively coupled plasma mass spectrometry, ICP-MS)检验样品均匀性和稳定性;如样品检验不符合要求,则重新混匀、制备,直至符合要求。

## 2 结果与分析

### 2.1 参加单位情况

2011—2020 年农产品重金属能力验证总体情况如表 1 所示。2011—2020 年参加农产品重金属考核的单位呈逐年增加趋势,2011 年参加单位仅 51 家,2020 年增加至 210 家,增加了 412%,年均增加 31.2%。2011 年参加单位主要是农业系统检测机构共 48 家,占总数的 94.1%,其他系统检测机构 3 家,仅占 5.9%。截至 2020 年,农业系统机构参加单位为 103 家,增加了 214%,其他系统机构参加单位为 107 家,增加了 3567%,如表 1 所示。农业系统机构主要是国家级、省级、市级农产品检测机构明显增多,并延伸至部分县一级检测机构。非农业系统机构增加明显,主要第三方检测机构、质检测试机构、出入境检测机构、大学科研机构等,2011 年为 3 家,2020 年已增至 107 家,增加了 3567%,年均增长 347%。2020 年第三方检测机构占总数的 41.4%。表明农产品重金属检测不仅受到农业行业重视,非农业行业中有农产品重金属检测能力的机构同样关注重金属的检测,期望得到能力验证的考核和认证。

### 2.2 合格率变化趋势

除 2013 年考核样品基质为果汁外,其余年份考核样品基质均为大米和小麦,考核参数范围为 Pb、Cd、Hg、As、Cr 5 项,2011—2014 年主要以 Cd、As 为主,2015 年开始增加 Pb、Cr 元素,2018 年开始增加 Hg 元素。2011—2020 年农产品重金属能力验证合格率情况如图 1 所示。

2011—2020年,10年来参加农产品重金属考核的单位一次合格率总体逐年提升。2011年合格率为54.9%,2020年为77.1%,2019年合格率最高为82.3%。农业系统总体合格率高于非农业系统,在2018、2019年非农业系统率高于农业系统,这与农业系统普遍选择全项参数考核,非农业系统机构普遍选择部分参数考核有关。

表1 2011—2020年农产品重金属能力验证总体情况  
Table 1 Overall situation of agricultural heavy metal proficiency testing from 2011 to 2020

年代	考核参数	样品类型	参加单位数/家
2011	Cd、As、Cu	大米	51
2012	Cd、As	大米	105
2013	Cd、As	果汁	84
2014	Cd、As、Cu	大米	118
2015	Pb、Cd、As、Cr	小麦	124
2016	Pb、Cd、As	小麦	147
2017	Cd、As	大米	164
2018	Pb、Cd、Hg	大米	198
2019	Pb、Cd、Hg、As	大米	226
2020	Pb、Cd、Hg、As	小麦	210

### 2.3 考核数据的偏离度

Z值统计法受样本数量和数据分布影响,仅看统计结果Z值难以体现出检测数据与中位值(真实值)之间的差异,因此,本研究引入偏离度指标进行量化,通过对每年度数据统计分析,以镉(Cd)为例,2011—2020年农产品重金属能力验证结果偏离度(Cd)情况如图2所示,大致可分为3个阶段:

2011—2013年,偏离度相对较小,在29.8~58.3%之间,这期间主要是农业系统检验检测机构,具有较丰富的测试

经验,总体水平较高。

2014—2018年参加单位快速增长、问题突出阶段,该时期省、市一级检验检测机构和第三方机构开始增多,2014年非农业系统机构占比18.6%,2020年占比达到50.0%,检测能力还存在一定问题。偏离度相对最大,在84.4%~120.8%之间。

2019—2020年极端值偏离度开始下降,检测能力稳步提升,偏离度呈明显下降趋势,2019年为98.2%,2020年进一步下降为59.1%,表明整体数据总体分散度减小,检测机构数据质量提高。

### 2.4 考核数据的变异系数

按照权重折算各年度Cd考核结果的平均变异系数,2011—2020年农产品重金属能力验证结果变异系数(Cd)情况如图3所示。总体上2013—2016年变异系数最高,2015年数据变异系数稳定最大达到5.08%,2016年以后逐步降低,稳定在2%~3%附近。比数据偏离度更早进入稳定阶段。在2016—2018年,尽管数据的极端偏离度在扩大,但是检测机构数据更接近中位值,表明检测机构的数据质量总体明显提高。

### 2.5 存在的主要问题

#### 2.5.1 信息不完善无法溯源

原始记录中部分关键信息缺失,如取样量、样品消解信息、定容体积、校准曲线、上机浓度、结果计算过程,不能还原检测过程;三级审核不全;检测报告未使用质控措施或未提供质控信息;检测标准溶液购置药品配制,没有药品纯度审核和配制相关信息;数据修约未按照GB/T 8170—2008《数值修约规则与极限数值的表示和判定》要求执行,如四舍六入五留双原则,直接用Excel修约报数;使用作废标准号或错误的原始记录表格;不按时上报结果;检验原始报告与检测元素不符等,历年能力验证中的常见问题见表2。

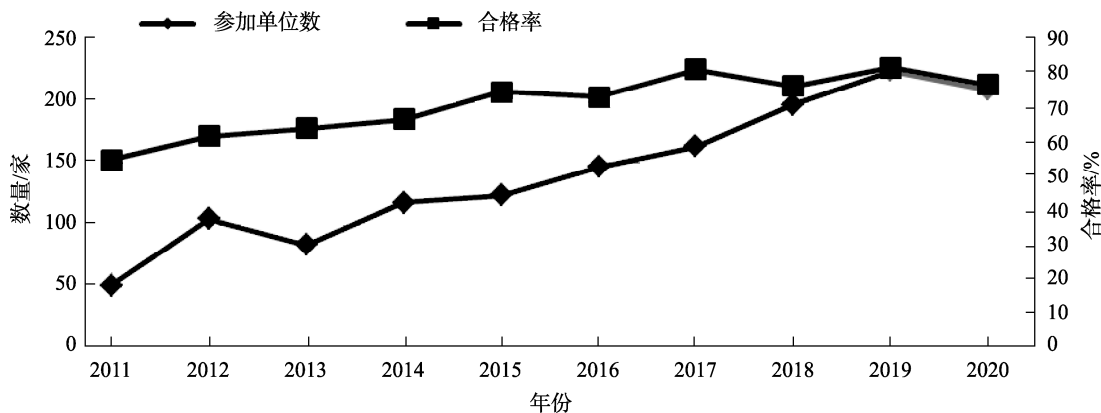


图1 2011—2020年农产品重金属能力验证合格率

Fig.1 Qualification rates of agricultural heavy metal proficiency testing from 2011 to 2020

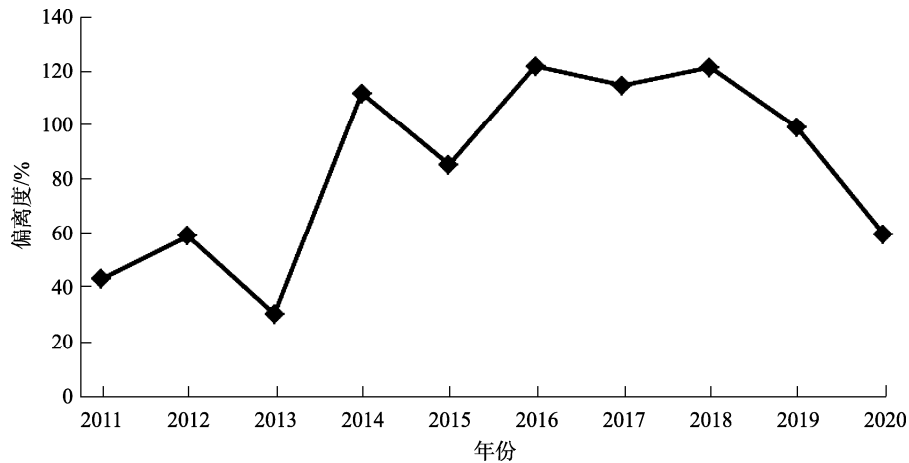


图2 2011—2020年农产品重金属能力验证结果偏离度(Cd)

Fig.2 Deviation degree of verification results of heavy metal capacity of agricultural products from 2011 to 2020 (Cd)

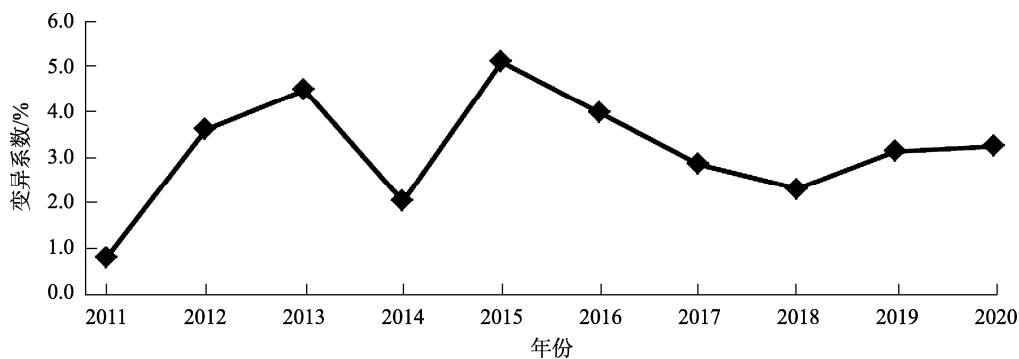


图3 2011—2020年农产品重金属能力验证结果变异系数(Cd)

Fig.3 Coefficients of variation of agricultural heavy metal proficiency test results from 2011 to 2020 (Cd)

表2 农产品重金属能力验证中存在的主要问题

Table 2 Main problems in agricultural heavy metal proficiency testing results from 2011 to 2020

主要问题	占参加单位总数的比例/%
实验空白和试剂背景过高	20.1
信息不完善无法溯源	17.8
校准曲线范围不合理或质量不合格	12.6
质量控制措施不合理	8.4
数据整理和输入错误	1.5

### 2.5.2 实验空白和试剂背景过高

典型如实验空白值偏大, 实验空白值与样品检测结果处于同一水平, 标准物质检测结果扣除空白后偏低, 不扣除偏高, 常见如 Pb、Cr、Hg 等, 甚至出现空白浓度值比样品上机浓度值更高, 样品无法检出的现象。

### 2.5.3 校准曲线范围不合理或质量不合格

标准曲线质量不合格, 如校准曲线相关系数只能达到 0.99; 曲线未达到 5 个校准点以上, 不符合曲线配制要求, 曲线校准点反算结果差异过大, 导致检测结果出现系

统性偏差; 曲线范围配制不合理, 样品上机浓度无法落在曲线有效范围内等。

### 2.5.4 质量控制措施不合理

质控样品或质控方式选择不合理, 选用的国家标准物质与考核样品含量水平或者基质差异过大, 导致质控失效; 采用校准曲线溶液回收试验来判定准确度, 不能体现前处理过程样品提取的完整性, 存在风险; 采用平行样精密考察实验过程的准确性等。

### 2.5.5 数据整理和输入错误

检测单位上报结果错误, 数据小数点填写错误, 实验室人员誊写结果串数, 样品编号颠倒, 不同测试参数结果相互填写错误, 原始记录与上报数据不一致。

## 2.6 改进方法

### 2.6.1 管理层面

#### (1) 机构质量管理

机构质量管理体系是一个检验检测机构体系持续有效运行的前提和依据。检验检测机构可以根据 RB/T 214—2017《实验室资质认定能力评价 检验检测机构通用要求》, 结合《农业部产品质量监督检验测试中心基本条

件》《农产品质量安全检测机构管理办法》的相关规定编写有关质量管理体系文件,如样品接收、流转程序、检测工作流程、检测质量控制程序、异常数据处理、数据审核、纠正措施程序等,确保检测工作程序可控,避免操作人员由于主观意识、主观操作等原因造成偏离或检测结果存在问题<sup>[8-10]</sup>。

#### (2) 质控计划

每年应该有质量控制计划,包括内部和外部质控措施,通过参加外部能力验证,检测比对;对内下达盲样考核、留样复检等措施,即使发现检测工作中存在的不足,确保机构检测能力持续、稳定、可靠。

#### (3) 仪器设备

仪器设备及检测使用的各种计量器具对检测数据准确性和有效性有直接影响,如称量天平、前处理设备、消解定容器皿、检测仪器,国家明确规定计量器具应报送计量单位进行检定/校准,确保仪器设备处于正常工作状态<sup>[11-14]</sup>。检验检测机构还应制定期间核查计划,对仪器设备的性能指标进行确认,确保在检定周期内性能稳定,满足分析方法和检测参数的需要。

#### (4) 实验材料

检测用的标准物质、标准溶液、实验耗材试剂等,检测机构应建立供应商评审机制,在评选出的合格供应商中购买试剂等物资,定期对供应商服务水平和产品质量作出评估。对检验结果有影响的实验材料要验收合格后再使用,比如测定重金属使用硝酸、盐酸、双氧水、实验用水等<sup>[15-17]</sup>。

#### (5) 检测人员

检测人员技能水平的提升始终贯穿检验检测活动的整个过程,人员要熟悉体系文件、设备操作流程、检测原理、检测标准方法、检测质量要求等,经上岗考核合格,授权后方可上岗。检验检测机构可以通过制定质量监督计划,评估检测人员技能水平,发现并改进工作中的不足与短板;开展内外部培训、交流,不断提高检测人员专业技能。

#### (6) 检测方法

检测机构应对认证的检测方法有效性进行确认和管理,并及时跟踪国内外检测标准方法的变更情况,特别是检测机构评审认证的方法和参数,确保检测方法有效、可控;当检测方法有变更时,按照国家认证认可监督管理委员会有关规定申报变更或扩增新的方法,防止使用过期或作废的方法。

### 2.6.2 检测技术层面

#### (1) 检测前准备

检查样品状态,各单位收到样品第一时间检查样品性状有无异常,如有无破损撒漏、发霉受潮、样品标识不清等,并及时反馈给组织考核单位。

#### (2) 掌握考核要求

仔细阅读考核要求以及作业指导书,按照要求的检

测方法、检测参数、重复次数、上报数据的表达方式(有效位数、数据修约、结果单位等)、上报时间节点、原始记录及谱图材料和考核纪律等开展检测。避免因为未按照要求上报考核结果而导致考核结果不合格。

#### (3) 制定检测方案

检测方案由经验丰富、技术水平过硬的人员承担,熟悉考核参数和检测标准,重点在于关键环节质量把控、数据审核、结果上报等,涉及样品前处理人员、检测仪器操作人员等。制定考核方案:根据考核参数的含量水平和特性,明确取样量、前处理方式、定容体积、质控措施,确定最优化的检测方法以及分析条件等<sup>[18-21]</sup>。

#### (4) 仪器设备

按照检测参数和方法要求准备,有必要对涉及的仪器、设备进行性能检查,如称量天平、前处理设备、检测仪器,精密度、准确度、稳定性,检测仪器调试最佳状态,线性范围、检出限、稳定性等满足农产品中重金属检测的需要。

#### (5) 实验器皿

重金属含量普遍较低,元素间含量差异大,多组分同时分析容易污染,检测各个环节必须严格要求,实验涉及的所有器具(消解试管、容量瓶等)必须洁净。实验消解试管最好每次消解样品后,先清洗,再加入 5~8 mL 硝酸 150~200 °C 消煮试管 1~2 h,清洗备用。容量瓶等玻璃器皿可用 50% (V:V) 硝酸浸泡 24 h 以上,洗净备用。不建议使用酸缸等集中清洗试管的措施,容易交叉污染。典型的参数如 Hg、Pb、Cr<sup>[22-23]</sup>。

#### (6) 实验试剂

化学试剂重金属背景含量是影响农产品重金属检测的主要因素之一,要求所用各类试剂、药品必须严格控制背景元素含量。要有试剂空白验收材料(涵盖需要分析的参数)。每种试剂的单独验收;避免单一试剂空白过高,或更换处理;按照实验流程,全程空白的试剂验收,累加效应验收,确保实验空白不影响目标物的检测。典型参数如 Pb、Cr 的试剂背景含量。

#### (7) 标准物质

农产品重金属考核建议选择基质接近、含量相近的国家标准物质,国家一级标准物质中大米、小麦基质样品大部分元素含量接近,可以考虑菠菜、圆白菜、芹菜等基质标物,结合二级标准物质作为补充,从含量水平上有梯度,质控范围全覆盖。农产品标准物质存放于干燥器中或阴凉干燥处,使用前必须检查标准物质有无受潮、霉变等现象,可通过对比测试等进行鉴别。标准溶液选择有证标准溶液或购买基准物质配制,参考 GB/T 27404—2008《实验室质量控制规范 食品理化检测》,标准溶液要注意保存条件,保存时间。元素类一般 100 mg/L 保存期为 6 个月,1 mg/L 保存期为 1 个月。100 μg/L 标准溶液在 4 °C 条件下一般不

超过一周。

#### (8)环境条件

实验室的温度、湿度等环境条件会直接影响检验的结果,包括样品的称样室环境、前处理环境、检测室环境等各环节<sup>[24-25]</sup>。常见的称取样品的天平、称量纸或工具是否洁净,有无交叉污染;环境温湿度是否符合规定要求;前处理设备以及排风条件确保样品前处理过程无污染,比如排风量不足导致酸雾回滴污染样品;样品检测环境应该有防护措施,比如样品防护罩,防止空气粉尘、空调出风口可能带入的污染。

### 2.7 质控关键点

#### 2.7.1 实验空白

农产品重金属实验空白一般与检出限相当,如果空白过高,通常有以下原因:试剂杂质过高,需要更换纯度更高的试剂、或者进行纯化降低背景杂质;实验过程污染,包括消解器皿和环境影响。

#### 2.7.2 校准曲线

我国评价曲线线性质量,通常只有相关系数一项指标,GB/T 27417—2017《合格评定 化学分析方法确认和验证指南》对于定量分析要求相关系数在0.99以上,实际检测工作中往往要求达到0.999,这种单一评价因子在实际检测工作中存在潜在风险,应该综合考察仪器校准曲线相关系数、曲线截距、曲线点回算浓度结果等。特别是对于农产品样品,重金属含量水平相对较低,上机检测时曲线低浓度区间由于拟合权重往往偏差较大,曲线反算误差过大,斜率仰角过大/过小、截距过大,导致样品检测结果偏差。曲线自动稀释也可能导致系统偏差,特别是稀释介质与样品介质不一致的,如原子荧光As、Se等元素。

#### 2.7.3 过程控制

检测过程除了对准确度和精密度进行监控外,还应分析过程的稳定性进行控制,减少系统误差,“中间查、两头控”的方式,检测分析开始和结束均对标准物质(质控样品)进行分析,前后对比偏差控制方法精密度以内。保证数据质量的一致性;分析过程加入固定监控点(标准曲线中间点)进行质量监控,偏差控制在实验室重复性精密度以内,保证仪器检测系统的稳定性。当出现结果不满意或者可疑时,可以采用多次重复测定、检测方法比对、人员比对、有证标准样品测定、监督员全程监督等,要尽快查找原因,解决问题,积极采取相应的整改措施,积累经验,防止日后出现同类问题<sup>[26-29]</sup>。

#### 2.7.4 结果上报

上报结果前,对检测过程进行一次全面梳理,对检测环节如样品取样量、定容体积、稀释倍数、计算过程、结果单位等进行核实无误,结合数据质量结果对数据进行评估,如质控样品结果、不同仪器检测结果、不同方法的结果。结合考核作业指导书对检测的具体要求准备上报的材

料,并由相关人员校核、批准后,按时上报结果<sup>[30-31]</sup>。

### 3 结论

本研究对2011—2020年农产品重金属检测能力验证结果及质量控制关键点进行了总结分析。对农产品重金属能力验证过程中常见的问题进行了分析、归纳,难点在于样品含量水平较低,检测全过程需要防止样品污染、降低实验背景,提高检测的准确性。在检测工作前期实验准备、实验试剂背景控制、校准曲线质量评估,检测过程质量控制等影响检测结果的环节提出了针对性的解决方案,并从机构质量管理和检测技术2个层面提出了改进建议,研究结果可为农产品重金属检验检测机构提供借鉴。

#### 参考文献

- [1] 王艳,朱玉龙,邓强.能力验证在农产品质量安全检测机构中的应用及对策[J].中国渔业质量与标准,2017,7(2):1-5.  
WANG Y, ZHU YL, DENG Q. Application and countermeasure of proficiency testing on agencies for determining the quality and safety of agricultural products [J]. Chin Fish Qual Stand, 2017, 7(2): 1-5.
- [2] 陈少泓,张良珍.浅谈检验检测机构参加能力验证的经验[J].广东化工,2020,47(13):156-169.  
CHEN SH, ZHANG GZ. Discussion on the experience of participating in capacity verification of inspection and testing institutions [J]. Guangdong Chem Ind, 2020, 47(13): 156-169.
- [3] 王跃华,刘潇威,王农,等.大米中重金属镉、总砷和铜含量能力验证设计与质量控制—以2015年实验室间比对验证为例[J].现代农业科技,2016,19:271-272.  
WANG YH, LIU XW, WANG N, et al. Capacity verification and quality control of heavy metal measurement (cadmium, total arsenic and copper) in rice: Taking interlaboratory analytical result comparison in 2015 for example [J]. Mod Agric Sci Technol, 2016, 19: 271-272.
- [4] 赵迪,代天飞,钟攀,等.大米中总砷、镉含量检测的能力验证研究[J].农产品质量与安全,2020,(1):68-71.  
ZHAO D, DAI TF, ZHONG P, et al. Proficiency testing on detection of total arsenic and cadmium content in rice [J]. Qual Saf J Agro-prod, 2020, (1): 68-71.
- [5] 刘梅,尹相余.浅谈能力验证的选择及结果应用[J].中国检验检测,2021,29(2):98-100.  
LIU M, YIN XY. Discussion on the selection and application of the proficiency testing [J]. China Inspect Body Lab, 2021, 29(2): 98-100.
- [6] 伍恒,陈祝康,顾颂青.国内外化学检测领域能力验证结果统计方法的探讨[J].食品安全质量检测学报,2016,7(7):2622-2629.  
WU H, CHEN ZK, GU SQ. Discussion on statistical methods used in analytical chemistry proficiency testing both in China and abroad [J]. J Food Saf Qual, 2016, 7(7): 2622-2629.
- [7] 袁磊,乔荣霞,杨洪,等.2017年食品检验实验室能力验证结果分析[J].食品安全质量检测学报,2018,9(20):5504-5510.  
YUAN L, QIAO RX, YANG H, et al. Analysis of proficiency test results of food inspection laboratories in 2017 [J]. J Food Saf Qual, 2018, 9(20): 5504-5510.
- [8] 张红英.浅议化学检测实验室人员管理的质量控制[J].理化检验(化学

- 分册), 2021, 57(7): 608–611.
- ZHANG HY. Quality control of the personnel management in chemical testing laboratories [J]. *Phys Test Chem Anal Part B*, 2021, 57(7): 608–611.
- [9] 李建慧, 路文静, 王秀锦, 等. 食品检验实验室的质量管理研究[J]. *食品安全质量检测学报*, 2020, 11(2): 623–627.
- LI JH, LU WJ, WANG XJ, *et al.* Research on quality management in food inspection laboratory [J]. *J Food Saf Qual*, 2020, 11(2): 623–627.
- [10] 郭京君, 刘培海, 李大伟, 等. 浅谈食品检测实验室的质量监督[J]. *食品安全质量检测学报*, 2017, 8(11): 4115–4119.
- GUO JJ, LIU PH, LI DW, *et al.* Review on quality supervision of food testing laboratory [J]. *J Food Saf Qual*, 2017, 8(11): 4115–4119.
- [11] 包秘, 唐昭领, 赵大庆. 实验室的质量控制管理体系分析[J]. *食品安全质量检测学报*, 2020, 11(3): 981–987.
- BAO M, TANG ZL, ZHAO DQ. Review on quality control management system of laboratory [J]. *J Food Saf Qual*, 2020, 11(3): 981–987.
- [12] 吴淑红. 食品检测实验室质量控制技术方法[J]. *食品安全导刊*, 2019, (30): 47–48.
- WU SH. Quality control technology methods for food testing laboratories [J]. *China Food Saf Magaz*, 2019, (30): 47–48.
- [13] 李玉品. 食品检验检测实验室质量控制技术研究[J]. *食品安全导刊*, 2021, (9): 68–69.
- LI YP. Research on quality control technology of food inspection and testing laboratories [J]. *China Food Saf Magaz*, 2021, (9): 68–69.
- [14] 杨清清, 李睿. 浅谈实验室内部质量控制[J]. *中国检验检疫*, 2020, 28(2): 63–65.
- YANG QQ, LI R. Discussion on the internal quality control of the laboratory [J]. *China Inspect Test*, 2020, 28(2): 63–65.
- [15] 骆乾波. 食品检测实验室质量控制管理措施探究[J]. *现代食品*, 2019, (20): 66–68.
- LUO QB. Research on quality control and management measures of food testing laboratories [J]. *Mod Food*, 2019, (20): 66–68.
- [16] 郝明明, 王一婷, 周延. 食品检测实验室质量控制技术研究[J]. *食品安全导刊*, 2020, (15): 55.
- HAO MM, WANG YT, ZHOU Y. Research on quality control technology of food testing laboratories [J]. *China Food Saf Magaz*, 2020, (15): 55.
- [17] 刘珊珊. 食品检测实验室质量控制与管理[J]. *现代食品*, 2019, (1): 79–80.
- LIU SS. Quality control and management of food testing laboratories [J]. *Mod Food*, 2019, (1): 79–80.
- [18] 郝秉慧. 浅谈实验室内部比对检验质量控制的作用[J]. *计量与测试技术*, 2016, 43(12): 29–30, 33.
- HAO BH. Discussion on the effects of internal comparison tests in laboratory on inspection quality control [J]. *Metrol Test Technol*, 2016, 43(12): 29–30, 33.
- [19] 邵伟, 李雪, 戴晴, 等. 食品实验室质量控制[J]. *食品安全质量检测学报*, 2020, 11(20): 7628–7632.
- SHAO W, LI X, DAI Q, *et al.* Quality control of food laboratories [J]. *J Food Saf Qual*, 2020, 11(20): 7628–7632.
- [20] 戴福文, 何韵. 化学检测实验室质量控制方法探讨[J]. *中国检验检疫*, 2019, 27(2): 50–55.
- DAI FW, HE Y. Discussion on quality control method of chemical testing laboratory [J]. *China Inspect Test*, 2019, 27(2): 50–55.
- [21] 孟欣, 温福田, 赵海鑫. 食品检测实验室内部质量控制技术[J]. *食品安全质量检测学报*, 2019, 10(22): 7819–7821.
- MENG X, WEN FT, ZHAO HX. Internal quality control technology of food testing laboratory [J]. *J Food Saf Qual*, 2019, 10(22): 7819–7821.
- [22] 张玉清. 确保实验室质量控制有效性的措施分析[J]. *大众标准化*, 2016, (9): 80–81.
- ZHANG YQ. Analysis of measures to ensure the effectiveness of laboratory quality control [J]. *Popul Stand*, 2016, (9): 80–81.
- [23] 孙茂艳. 实验室检测质量控制的方法[J]. *食品安全导刊*, 2018, 226(35): 79–80.
- SUN MY. Laboratory testing of quality control methods [J]. *China Food Saf Magaz*, 2018, 226(35): 79–80.
- [24] 陈茵茵, 陈科. 浅谈食品药品检验检测机构开展能力验证的质量控制[J]. *食品与发酵科技*, 2018, 54(3): 97–100.
- CHEN YY, CHEN K. Discussion on the quality control of the ability verification of the food and drug inspection and testing organization [J]. *Food Ferment Sci Technol*, 2018, 54(3): 97–100.
- [25] 陈默. 食品检测实验室质量控制及管理探讨[J]. *食品安全导刊*, 2020, (21): 51.
- CHEN M. Discussion on quality control and management of food testing laboratories [J]. *China Food Saf Magaz*, 2020, (21): 51.
- [26] 朱颖平. 分析食品检测实验室内部质量控制技术[J]. *食品安全导刊*, 2020, (30): 68.
- ZHU YP. Analyze the internal quality control technology of food testing laboratories [J]. *China Food Saf Magaz*, 2020, (30): 68.
- [27] 舒桂英. 实验室关键控制点之检测数据控制及检测结果的质量保证[J]. *食品安全导刊*, 2018, (7): 60–61.
- SHU GY. Control of test data and quality assurance of test results at critical control points [J]. *Chin Food Saf Magaz*, 2018, (7): 60–61.
- [28] 赵艳. 食品检测实验室质量控制及管理探究[J]. *现代食品*, 2019, (5): 152–155.
- ZHAO Y. Research on the quality control and management of food testing laboratories [J]. *Mod Food*, 2019, (5): 152–155.
- [29] 徐玉梅, 于辉. 食品检测实验室的质量控制与管理[J]. *食品安全导刊*, 2020, (18): 59.
- XU YM, YU H. Quality control and management of food testing laboratories [J]. *Chin Food Saf Magaz*, 2020, (18): 59.
- [30] 蔡仕能. 食品检测实验室质量控制及管理研究[J]. *食品安全导刊*, 2019, (30): 164.
- CAI SN. Research on quality control and management of food testing laboratories [J]. *Chin Food Saf Magaz*, 2019, (30): 164.
- [31] 涂常云. 检测实验室管理的质量控制工作研究[J]. *中国标准化*, 2019, (16): 147–148.
- TU CY. Research on quality control of test laboratory management [J]. *Stand China*, 2019, (16): 147–148.

(责任编辑: 韩晓红 张晓寒)

## 作者简介



戴礼洪, 硕士, 高级实验师, 主要研究方向为农业环境保护与农产品检测分析。  
E-mail: dailihong81@126.com