

常见杀鼠剂中毒表现及其检测方法的研究进展

蔡志斌, 张英, 徐小燕, 赖建辉

深圳市龙岗区疾病预防控制中心, 广东 深圳 518172

摘要: 由于杀鼠剂的种类多,引起的临床表现存在差异,检测方法的发展迅速,检验员了解不同杀鼠剂的中毒表现及其检测方法的研究进展,将有利初步的判断,更快的确定实验方案。本文对常见的毒鼠强、氟乙酰胺、磷化锌、敌鼠钠、溴敌隆、安妥等杀鼠剂的中毒表现及其检测方法的研究进展进行综述。

关键词: 杀鼠剂; 中毒表现; 检测方法; 研究进展; 综述

中图分类号: R595.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-3110(2017)08-1021-05 **DOI:** 10.3969/j.issn.1006-3110.2017.08.039

Poisoning symptoms of the common rodenticides and research progress on their detection methods

CAI Zhi-bin, ZHANG Ying, XU Xiao-yan, LAI Jian-hui

Longgang District Center for Disease Control and Prevention, Shenzhen, Guangdong 518172, China

Abstract: It is well known that there are differences in the clinical manifestations caused by multiple types of rodenticides. If the inspectors can be well acquainted with the poisoning manifestations of various rodenticides and the research progress on their detection methods, it will be beneficial to make the preliminary judgement and determine the experimental approach faster. In this paper, we summarize the poisoning manifestations of rodenticides, including tetramine, fluorine acetamide, zinc phosphide, sodium diphacinone, bromadiolone and clofibrate, and the research progress on their detection methods.

Key words: rodenticide; poisoning symptom; detection method; research progress; review

杀鼠剂是指防治啮齿类动物的一类农药,对人畜都有较强的毒性,由于使用或管理不当,误食、自杀、投毒案件时有发生^[1-4]。了解杀鼠剂的中毒表现及其检测方法,有利于实验分析人员初步判断毒物种类、缩小搜索范围及确定实验方案,实现对检材的快速准确定性鉴定和定量测定,从而有助于临床医生的鉴别诊断、对中毒病人的及时临床救治和后期治疗。

1 常见杀鼠剂及其中毒表现

1.1 毒鼠强(tetramine) 化学名称:四次甲基二砷四胺,分子式: $C_4H_8N_4O_4S_2$, CAS: 80-12-6, 又名没鼠命、四二四^[4]。属剧毒类农药,对大鼠的经口 LD_{50} 为 $0.1 \sim 0.3$ mg/kg, 人最低致死剂量为 $5 \sim 10$ mg, 可造成二次中毒,国内外已严禁用作杀鼠剂^[5]。中毒原因多为误食,经胃肠道吸收快,进入血液后很快在体内较均匀分布,以原形由肾脏随尿排出^[4]。

1.2 氟乙酰胺(fluoroacetamide) 为有机氟内吸性杀虫剂,又名敌蚜胺、氟素儿等,分子式: C_2H_4OFN ,

CAS: 640-19-7^[4]。属高毒类农药,对大鼠的经口 LD_{50} 为 5.7 mg/kg, 人最低致死剂量为 5 mg/kg, 可造成二次中毒,我国规定为违禁杀鼠剂^[6]。毒理作用与氟乙酸钠属于同一类型,但中毒“潜伏期”更长,毒力略低。中毒原因多为误食,经消化道吸收后在体内代谢,经脱胺生成氟乙酸,以有机氟和无机氟的形式随尿排出,尿氟排出量随中毒后时间延长而迅速下降^[4]。

1.3 磷化锌(zinc phosphide)^[4] 化学名称:二磷化三锌,分子式: Zn_3P_2 , CAS: 1314-84-7。我国规定为控制使用杀鼠剂,对人中毒量是 $0.2 \sim 0.9$ g, 成人致死量一般为 $2 \sim 3$ g ($40 \sim 60$ mg/kg)。也可作熏蒸杀虫剂,同类型的有磷化铝等。中毒原因多为误食,经口进入胃内,遇胃酸即产生磷化氢气体,对胃肠有腐蚀刺激作用。主要损害中枢神经系统、心脏、肝脏、肾脏等,经肝脏解毒,由肾脏排泄,对造血器官亦有一定影响。

1.4 敌鼠(diphacinone) 化学名称:2-二苯基乙酰基-1,3-茛满二酮,分子式: $C_{23}H_{16}O_3$, CAS: 82-66-6, 又名双苯杀鼠酮、野鼠净,因其不溶于水,故常用其可溶于水的钠盐,即敌鼠钠^[4]。敌鼠属茛满二酮类化合物,用作杀鼠剂的同系化合物有氯敌鼠、杀鼠酮等^[5]。毒性属高毒类,参考中毒量 $0.06 \sim 0.25$ g, 参考致死量

基金项目: 深圳市卫生计生系统科研项目(201303222)

作者简介: 蔡志斌(1975-),男,广东河源人,本科学历,主任技师,主要从事卫生检验工作。

0.5~5 g。中毒原因主要为误食,经消化道吸收后,主要分布于肝脏,其他器官有少量分布,在体内蓄积,排泄缓慢,主要随尿、粪排出。在肝内竞争性抑制维生素K,影响凝血酶原和第 11、V、Ⅶ、IX、X 等凝血因子的合成,使出、凝血时间延长。尚可损伤毛细血管壁,使毛细血管通透性和脆性增高,导致严重出血^[4]。

1.5 溴敌隆 (bromadiolone) 化学名称:3-(4'-羟基-3-香豆素基)-3-苯基-1-对溴联苯基丙醇,分子式:C₃₀H₂₂O₃Br,CAS:28772-56-7^[4],属香豆素类化合物,用作杀鼠剂的同系化合物有杀鼠灵、杀鼠醚、杀它仗等^[5]。中毒原因主要为误食,偶见于鼠药的生产和分装,对眼睛有中度刺激作用,中毒时可引起皮肤和脏

器出血^[4]。

1.6 安妥(antu)^[4] 化学名称:α-萘硫脲,分子式:C₁₁H₁₀N₂S,CAS:86-88-4,纯品是白色结晶,无显著气味,略带有苦味,工业品可以是灰、茶、紫色粉末。安妥的毒性因动物种类而异,对人类毒性较小,很少见致死的病例报告,对人的口服致死量估计为 1~40 g 不等,有误服 0.5 g 而致死的报告。中毒原因主要是误食,主要损害肺毛细血管,引起肺组织生理功能的破坏,使经毛细血管渗出的大量液体充积在肺泡中,形成严重的肺水肿及胸腔积水,以致呼吸困难、窒息而死亡。也可引起肝、肾脏细胞变性和坏死。常见杀鼠剂中毒表现及诊断要点见表 1。

表 1 常见杀鼠剂中毒表现及诊断要点^[4-7]

杀鼠剂	中毒表现	诊断要点
毒鼠强	潜伏期 10~30 min,亦可长达 10 余小时。急性中毒表现为突然发作的惊厥、抽搐,可因剧烈抽搐导致呼吸衰竭死亡。轻度(头痛、头晕、恶心、呕吐、乏力、胸闷、心悸等);重度(突然晕倒、癫痫样大发作,发作时全身抽搐、口吐白沫、大小便失禁、意识丧失)。部分病人可发生阿-斯综合征,肝脏肿大等。	误服含毒鼠强食物史;以突发性惊厥为主要临床表现;剩余食物、或血、尿及呕吐物中检出毒鼠强;肝功能异常、心肌酶谱改变,如 CAST(尿沉渣管型),LDH(乳酸脱氢酶)、CPK(肌酸磷酸激酶)升高,血糖降低、血钾降低、血白细胞升高等;心电图可见窦性心动过缓、ST-T 改变、Q-T 延长等。鉴别诊断(氟乙酰胺中毒及一些以惊厥为突出表现的中毒,如霉变甘蔗中毒、有机氯杀虫剂中毒等)。
氟乙酰胺	潜伏期为 10~15 h,亦有短至 30 min,长达 30 h。口服后,最早出现消化系统损伤(食欲不振、口渴、恶心、呕吐、腹痛等,严重者可有消化道出血)。神经系统损伤出现亦较早(头痛、头晕、乏力、四肢麻木、易激动、肌束震颤等,严重者出现意识障碍,反复发作的阵发性、强直性抽搐,昏迷,可因呼吸衰竭死亡)。心肌损伤(心动过速、心律失常、血压下降,甚至心室颤动等)。呼吸系统损伤(呼吸道分泌增多,呼吸困难、肺水肿等)。	误服含氟乙酰胺食物史;典型的临床表现,特别是反复发作的全身抽搐,血、尿中检出氟乙酸,呕吐物检出氟乙酰胺等改变;血柠檬酸常增高;血钙可降低,血铜增高;心电图可见 ST-T 改变、Q-T 间期延长和 U 波等。鉴别诊断(急性肠胃炎、急性毒鼠强中毒等)。
磷化锌	潜伏期一般在 24 h 内,偶有长者可达 2~3 d。口服中毒者应至少观察 48 h。①轻度(头痛、失眠、乏力、口渴、鼻咽发干、胸闷、咳嗽、恶心、呕吐、腹痛、腹泻、心动徐缓、低热等症状,肝脏轻度肿大);②中度(①+轻度意识障碍、抽搐、肌束震颤、呼吸困难或轻度心肌损害);③重度(①+②+昏迷、惊厥、肺水肿、呼吸衰竭,明显心肌损害,严重肝损害)。	误食磷化锌史;中毒表现:呕吐物中检出磷化锌;血磷、血钙、血(非蛋白氮升高,二氧化碳结合力降低)尿(有蛋白、管型及红细胞等)常规、肝功能(黄疸指数升高)测定及心电图(轻度:S-T 段降低,T 波平坦,不完全性束支传导阻滞,I、II 度房室传导阻滞等;重度:Ⅲ度房室传导阻滞,完全性束支传导阻滞)均可作为诊断的参考。
敌鼠钠	潜伏期 1~5 d。口服后出现恶心、呕吐、疲乏、食欲不振、精神不振等。一般于口服后第 3 d 出现鼻衄、齿龈出血、咯血、尿血、便血、皮下出血,妇女可有阴道出血。可伴有关节痛、腰痛、腹痛、低烧等。严重者可发生休克。	误服敌鼠钠史;以出血为主要的临床表现和出凝血有关化验(出、凝血时间延长,凝血酶原时间延长等);可疑物、呕吐物或血、尿中检出敌鼠钠;血红蛋白可降低,血尿、大便隐血试验阳性。鉴别诊断(流行性出血热、血友病、血小板减少性紫癜、DIC 等)。
溴敌隆	潜伏期 1~7 d,大量接触时可在数小时内发病。早期多表现为创伤部位出血,皮下紫斑,溃疡面针刺部位及刷牙后的牙龈面渗血。随着病情的发展,可出现自发性出血,如皮肤紫癜,受压部位青紫或血肿,鼻衄、齿龈或口咽部出血,月经延长等。也可出现咯血、呕血、黑便、血尿、子宫阴道等内出血。患者一般死于颅内出血或胃肠道出血性休克。	杀鼠剂接触史,可为职业性接触或生活性接触;既往无出血性疾病病史,突发以多部位、多脏器出血;凝血酶原时间、凝血时间延长,一般接触后每天测定一次,持续 4~5 d;在可疑污染物、患者胃内容物、患者尿等生物材料中检出相应的灭鼠剂或其代谢物;鉴别诊断(重症肝炎、血友病、血小板减少性紫癜、流行性出血热等)。
安妥	中毒的主要表现为肺水肿。误食后数小时即感觉心口部发热、发胀。随之出现恶心、呕吐、刺激性咳嗽、呼吸困难、青紫,出现水平性眼球震颤及结膜炎。病人烦躁不安,口、鼻有大量白色或粉红色分泌物,两肺有明显的湿性啰音。继之体温下降、痉挛、昏迷,最后主要因肺水肿而死亡。	误服安妥或其毒饵史;以肺毛细血管损害为主的中毒表现;血糖增高,肝糖降低,体温下降。

2 常用检测方法

目前,鼠药检测的技术手段很多,快速检测主要是显色反应,定性鉴定和定量测定主要有分光光度法与薄层色谱法、色谱法、质谱法等,不同地区、不同级别疾病预防控制机构可根据自身仪器配置选择相应的检测手段。

2.1 快速检测 主要是显色反应^[2]。如毒鼠强在强酸条件下加热可分解,其分解产物中的甲醛在酸性条件下与变色酸(二羟基萘二磺酸)发生变色反应,通过颜色变化对毒鼠强进行定性分析^[5];氟乙酰胺水溶液遇到强碱性的奈氏试剂,逐渐水解出氨,与奈氏试剂作用,产生黄棕色沉淀;氟乙酰胺与羟胺在碱性条件下,生成异羟肟酸,与三价铁离子作用发生变色反应,通过颜色变化对氟乙酰胺进行定性^[6];敌鼠钠盐与硫酸铁作用发生反应,生成砖红色物质,呈色深浅与敌鼠钠含量成正比,与标准色标比较进行定性、半定量测定^[5];磷化锌在酸性条件下产生磷化氢气体,磷化氢与溴化汞试纸作用生成鲜黄色斑点,可用于定性分析^[8];安妥与偶氮试剂(亚硝酸钠+对氨基苯磺酸+酒石酸;1+10+9)生成紫红色物质,可用于定性分析^[4]。

2.2 分光光度法与薄层色谱法 分光光度法与薄层色谱法设备成本低,操作简便,重现性好,在基层实验室应用较广^[2]。如硫酸-变色酸分光光度法定量测定食品等样品中毒鼠强^[5]。二乙基二硫代氨基甲酸银(AgDDC)法测定磷化锌^[8]。薄层色谱法快速测定鼠药、毒饵中的香豆素类抗凝血鼠药(溴敌隆、杀鼠灵、杀

鼠醚、杀它仗等)及毒饵中的茚满二酮类抗凝血鼠药(敌鼠、氯敌鼠、杀鼠酮等)^[5]。肖雪花等^[9]在 GF254 薄层板上,用氯仿+丙酮+环己烷+甲酸(10:10:80:1)作为展开剂,分离敌鼠钠、溴敌隆、溴鼠隆、杀鼠迷、杀鼠灵 5 种鼠药,无需显色,直接在紫外灯下分别观察 254 和 365 nm 处荧光斑点。

2.3 色谱法及串联质谱法 主要包括气相色谱法(GC)、高效液相色谱法(HPLC)及离子色谱法(IC)^[3]。其中 GC 具有分辨率高、分析速度快等特点,适合分析热稳定性好,沸点<350 ℃的非极性化合物,非抗凝血杀鼠剂大多属于此类,常用检测器有火焰光度(FPD)、电子捕获(ECD)、氮磷(NPD)、质谱联用(GC-MS)、串联质谱(GC-MS/MS)等,其中 GC-MS、GC-MS/MS,不仅提高了检测灵敏度,还可以利用标准质谱库检索并成为定性分析的有效手段;HPLC 则适合于分析那些用 GC 难以分析的物质,如挥发性差、极性较强、热稳定性差的化合物,抗凝血杀鼠剂大多属于此类,常用检测器有紫外(UVD)、二极管阵列(DAD)、荧光(FLD)、串联质谱(LC-MS/MS)等,其中 LC-MS/MS,一方面利用高效液相色谱对较大分子无需衍生直接分析的高效分离能力,另一方面有质谱对化合物的定性能力,是目前分析药残最有效的方法;IC 是一种分离阴、阳离子的色谱技术,适合分析极性强的有机酸,如氟乙酸钠和氟乙酸等都是水溶性强的有机酸性化合物,常用检测器为电导检测器(CD)。常见杀鼠剂色谱、质谱分析方法要点见表 2。

表 2 常见杀鼠剂色谱、质谱分析方法要点

检测目的	检测方法	样品前处理方法	色谱柱	文献
血浆中毒鼠强;食品、血和尿样品中氟乙酰胺和毒鼠强	GC-NPD	乙酸乙酯液液萃取	HP-1 交联石英毛细管柱	[5]
血液、尿液和动物组织样品中杀鼠灵、杀鼠迷、溴敌隆、氟鼠灵、溴鼠灵、鼠得克、敌鼠、氯敌鼠、杀鼠酮和噻鼠酮	HPLC-UVD LC-MS/MS	5%乙醇/乙酸乙酯提取和(或) Oasis HLB 固相萃取小柱富集和净化	C18 反相色谱柱	[5]
全血中氟乙酸根离子	IC-CD LC-MS/MS	纯水提取 乙腈沉淀蛋白质	阴离子交换柱 CSH(氟苯基柱)或 C18 反相色谱柱	[6]
全血中氟乙酰胺	GC-MS	乙酸乙酯提取	DB-1701 MS 或 DB-1 MS 毛细管柱	[6]
生物检材中磷化氢及其代谢物(亚磷酸)	GC-NPD/FPD	酸性条件下加锌粉或硼氢化钠(钾)顶空进样	玻璃柱(GDX-101/porapak Q); 不锈钢柱(25%聚乙二醇-20M/Chromosorb 102)	[8]
生物检材中氟乙酸	GC-ECD GC-MS	强酸条件下乙酸乙酯提取,五氟苯基溴衍生化	DB-1/DB-5 毛细管柱 DB-5 MS 毛细管柱	[10]

续表 2

检测目的	检测方法	样品前处理方法	色谱柱	文献
生物样品中敌鼠、杀鼠迷、溴敌隆、大隆(溴鼠灵)、杀它仗(氟鼠酮)	HPLC-DAD	15%甲醇乙腈提取,硅胶或 CN 固相小柱净化	C18 反相色谱柱	[11]
血中氟乙酸根	HPLC-UV/D/FLD	血样经乙腈沉淀蛋白后,加衍生剂 4-溴甲基-7-甲氧基香豆素、催化剂四丁基溴化铵,80 ℃水浴衍生化	C18 反相色谱柱	[12]
食物中毒样品中 2 种鼠药(毒鼠强、氟乙酰胺)与 21 种有机磷及氨基甲酸酯类农药	GC-NPD	苯超声提取	HP-5 MS 毛细管柱	[13]
果蔬食品和土壤中毒鼠强、氟乙酰胺和农药多残留(有机磷及氨基甲酸酯类)	GC-NPD	乙腈提取,Florisil 固相萃取小柱净化	DB-17 毛细管柱	[14]
中毒检样中农药、鼠药(毒鼠强)、精神类药物	GC-MS	二氯甲烷、乙酸乙酯提取,或二氯甲烷/乙腈(1:4)提取	DB-5 MS 毛细管柱	[15]
食物中毒、环境污染样品中农药(有机磷、有机氯、氨基甲酸酯、拟除虫菊酯)、鼠药(毒鼠强、杀鼠灵、杀鼠迷、氟乙酰胺、鼠甘伏等)	GC-MS	丙酮、二氯甲烷和正己烷联合提取	007-5 MS 毛细管柱	[16]
血中氟乙酸类杀鼠剂	LC-ESI-MS	乙腈沉淀蛋白后,加衍生剂 α-溴苯乙酮、催化剂四丁基溴化铵,60 ℃水浴衍生化	C18 反相色谱柱	[17]
血清中敌鼠	GC-MS	乙酸乙酯/乙醇(2:1)提取	HP-5 MS 毛细管柱	[18]
食物中的氟乙酰胺与毒鼠强	GC-MS	乙腈提取	DB-WAX 毛细管柱	[19]
饮用水、酱油和食醋中氟乙酰胺、鼠立死、毒鼠强和杀鼠酮	GC-MS/MS	饮用水固相萃取富集净化,酱油和食醋乙腈提取	INNO WAX 毛细管柱	[20]
血浆和尿液中杀鼠灵、杀鼠迷、氯杀鼠灵、鼠得克、大隆、溴敌隆、氟鼠灵、呋杀鼠灵、敌鼠、氯敌鼠、安妥	LC-MS/MS	血浆样品经乙腈沉淀,尿液样品经乙酸乙酯萃取	C18 反相色谱柱	[21]

3 现状及展望

综上,杀鼠剂主要包括致痉挛性杀鼠剂(毒鼠强)、抗凝血类杀鼠剂(溴敌隆、溴鼠灵、氟鼠灵、杀鼠灵、敌鼠、杀鼠迷等)、有机氟杀鼠剂(氟乙酰胺、氟乙酸钠)、控制使用杀鼠剂磷化锌及中毒表现以肺毛细血管损害为主的安妥等,国家卫生计生委(卫生部)分别于 2011 年与 2015 年印发了前三种的卫生应急(救援)处置技术方案^[1-8]。文献报道中,毒鼠强、氟乙酰胺和氟乙酸钠等国家严禁使用致痉挛性鼠药中毒多集中于 2004 年以前,但在国家 2003 年 7 月“关于清查收缴毒鼠强等禁用剧毒杀鼠剂的通告”颁布后文献报道逐渐减少,

溴敌隆、杀鼠灵、敌鼠等抗凝血类鼠药中毒比例升高^[22-23]。不同地区各种杀鼠剂所占比例不同,各地区应首先了解中毒事件中常见杀鼠剂的种类,并通过建立一个有效的毒理学分析,为中毒事件的检测提供依据,逐步健全毒物暴露监测系统^[24-26]。

由于引起突发急性中毒的毒物大多为未知,对实验室检测技术要求是检测速度快、定性能力强、定量准确,承担的责任大,给检验人员带来极大心理压力。国外如美国建立了许多常见未知毒物系统检测方法及质谱图数据库^[27],但我国相关的报道较少。与发达国家相比,我国毒物检测的范围和系统性较差,大多数是单

一的或针对某一类毒物的检测方法,对于未知中毒物检测的能力还有待于提高,尤其在要求短时间出具检测结果的前提下,亟须进一步完善细化检测系统,建立包含样品前处理、中毒症状、解毒方法及中毒物质谱数据等综合谱库是未来发展方向^[27]。另文献报道鼠药中毒应急检测多见于食物、中毒病人的呕吐物等样品,对于血液和尿液等生物样品偏少。

各种鼠药应急检测前处理方法不尽相同,费时费力,为了能够快速、准确、灵敏和可靠地提供分析数据,中毒样品的提取、净化技术又是其中的关键更是难点。目前常用的样品前处理方法有索氏提取、液液分配、凝胶渗透色谱技术(GPC)、固相萃取(SPE)、固相微萃取(SPME)等,但上述前处理方法需多次重复操作,不仅花费大量时间,而且有机溶剂用量大,又需多步净化,萃取效率低,且成本较高;后三者还需专用设备,价格昂贵,不适合基层单位普遍应用。近年来针对鼠药等的新型样品前处理技术如分散固相萃取(MSPD)^[28]、QuEChERS^[29]等发展迅猛,以其快速简便和较低成本的优点为大家所认同,显示出省时省力、快速高效的特点。

参考文献

- [1] 宋乃国,王永,庞金华,等. 毒物检测在临床急救医学中的地位与作用[J]. 江西医学检验,2006,24(8):352-353.
- [2] 于瑞敏,李秀芹,张晓芳. 几种杀鼠剂的化学性质及其检测[J]. 职业与健康,2008,24(21):2331-2332.
- [3] 刘波. 常见鼠药分类及其检测方法研究进展[J]. 职业与健康,2015,31(2):276-279.
- [4] 宁工红. 常见毒物急性中毒的简易检验与急救[M]. 北京:军事医学科学出版社,2000:273-299.
- [5] 国家卫生部办公厅. 卫办应急发[2011]94号 国家卫生部办公厅关于印发突发中毒事件卫生应急处置15个技术方案的通知[Z].
- [6] 国家卫生计生委办公厅. 国卫办应急发[2015]16号 国家卫生计生委办公厅关于印发急性有机氟杀鼠剂中毒事件卫生应急处置方案的通知[Z]. 国家卫生计生委,2015.
- [7] 孟昭泉,宋大庆,苑修太. 实用急性中毒急救[M]. 济南:山东科学技术出版社,2009:287-291.
- [8] 中华人民共和国公安部. GA/T 208-1999 中毒案件检材中磷化物的定性及定量分析方法[S]. 北京:中国标准出版社,1999:1-13.
- [9] 肖雪花,陈湛. 薄层色谱法快速鉴定中毒样品中的敌鼠钠、溴敌隆、溴鼠隆、杀鼠迷、杀鼠灵[J]. 中国卫生检验杂志,2010,20(12):3203-3204.
- [10] 中华人民共和国公安部. GA/T 933-2011 生物样品中氟乙酸根离子的气相色谱和气相色谱-质谱联用检验方法[S]. 北京:中国标准

出版社,2011:1-7.

- [11] 中华人民共和国公安部. GA/T 932-2011 生物样品中敌鼠等六种搞凝血杀鼠剂的高效液相色谱检验方法[S]. 北京:中国标准出版社,2011:1-10.
- [12] 陈学国,朱昱,姚伟宣,等. HPLC-UV/FLD法测定血中氟乙酸类杀鼠剂[J]. 中国法医学杂志,2012,27(3):230-232.
- [13] 胡玮,严建国,闵国平,等. 气相色谱法同时测定食物中毒样品中2种鼠药与21种农药[J]. 公共卫生与预防医学,2012,23(6):100-101.
- [14] 李家涛,李昌安,李四生,等. 果蔬食品和土壤中毒鼠强、氟乙酰胺和农药多残留的毛细管气相色谱法快速检测技术研究[J]. 中国卫生检验杂志,2009,19(4):721-723.
- [15] 史玉坤,杨自力,魏要武,等. 快速检测中毒检样中多种毒物的方法研究[J]. 现代预防医学,2009,36(11):2099-2103.
- [16] 曲宁,高岩,曹忠波,等. 中毒污染事件中常见农药、鼠药及其他化学品的现场快速样品处理及GC-MS定性/半定量检测程序[J]. 中国卫生检验杂志,2011,21(3):563-565.
- [17] 陈学国,朱昱,徐若沧,等. 衍生化-液相色谱-质谱联用测定血中氟乙酸类杀鼠剂[J]. 刑事技术,2012,37(1):21-23.
- [18] 陈坚,李勇勤,麦剑平,等. 气相色谱-质谱联用法快速检测血清中敌鼠[J]. 中国职业医学,2007,34(6):491-492.
- [19] 陈蓓,刘华良,荣维广,等. 气相色谱-质谱法同时检测食物中的氟乙酰胺与毒鼠强方法研究[J]. 中国食品卫生杂志,2012,24(6):539-542.
- [20] 荣维广,刘华良,陈蓓,等. 气相色谱-串联质谱法测定饮用水、酱油和食醋中四种杀鼠剂[J]. 分析实验室,2013,32(1):73-77.
- [21] 蔡欣欣,张秀尧. 超高效液相色谱三重四极杆质谱法同时快速测定血浆和尿液中11种杀鼠剂[J]. 分析化学研究报告,2010,38(10):1411-1416.
- [22] 王汉斌,赵德禄. 我国急性化学药品中毒特点现救治现状[J]. 中华内科杂志,2006,45(8):619-620.
- [23] 余贻汉,郭玉飞,汪毅. 常见急性中毒特点分析[J]. 临床急诊杂志,2012,13(2):146-148.
- [24] 陈兴,侯天文,李玮,等. 我国急性中毒流行病学现状分析[J]. 医学综述,2008,14(15):2374-2376.
- [25] 陆一鸣,盛慧球. 我国急性中毒的现状分析及其专业发展特点[J]. 中华急诊医学杂志,2010,19(4):341-343.
- [26] 朱姝,周亚娟,王娅芳. 2004-2013年贵州省鼠药中毒情况分析[J]. 微量元素与健康研究,2015,32(1):37-39.
- [27] 董新风,左书梅,刘中林,等. 农药/鼠药色谱-质谱数据库的构建[J]. 中国卫生检验杂志,2015,25(9):1467-1473.
- [28] 徐炜,姚志扬. 分散固相萃取法在突发性化学物中毒检测中的应用[J]. 职业与健康,2011,27(4):395-399.
- [29] 荣维广,阮华,吴建,等. QuEChERS法结合在线凝胶色谱-气相色谱/质谱法测定人体尿液中34种农药残留[J]. 中国食品卫生杂志,2015,27(3):253-257.

收稿日期:2016-12-25