

◆ 综述与专论 ◆

我国农药残留快速检测技术研究进展 及其发展趋势

郭艳国^{1,2}, 刘振江^{1,2*}, 潘兴鲁¹, 董丰收¹, 郑永权¹

(1. 中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193; 2. 江苏大学环境与安全工程学院, 江苏镇江 212013)

摘要:农产品中农药残留超标问题一直备受关注,建立有效的农药残留检测技术是保障农产品安全的重要抓手。但是,目前我国农业生产经营分散、小、乱的特点突出,难以全部采用昂贵、沉重的大型色谱仪器对农产品污染实施全程监测。因此,发展简单、快速、高通量的农药残留分析方法对我国农产品质量安全监管与生产过程控制具有十分重要的意义。本文重点介绍了光谱法、酶抑制法和免疫分析法等我国主要的农药残留快速检测技术的发展现状,探讨快速检测技术今后的发展趋势,以期农药快检技术的快速发展提供参考。

关键词:农药残留;快速检测;研究进展;发展趋势

中图分类号:TQ 450 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1671-5284.2022.06.001

Research Progress and Development Trend of Rapid Detection Technology for Pesticide Residues in China

GUO Yanguo^{1,2}, LIU Zhenjiang^{1,2*}, PAN Xinglu¹, DONG Fengshou¹, ZHENG Yongquan¹

(1. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 2. School of Environment and Safety Engineering, Jiangsu University, Jiangsu Zhenjiang 212013, China)

Abstract: The issue of excessive pesticide residues in agricultural products has always attracted attention. Establishing an effective pesticide residue detection technology is a pivotal part to ensure the safety of agricultural products. However, the characteristics of agricultural production and operation are scattered, small and chaotic in China. Therefore, it is significant for the quality and safety supervision of agricultural products and production process control in China to develop simple, fast and high-throughput pesticide residue analysis methods. This paper focused on introducing the development status of rapid detection technology of pesticide residues such as spectrometry method, enzyme inhibition method, immunoassay method in China, and discussing the future development trend of rapid detection technology, in order to provide reference for its development.

Key words: pesticide residues; rapid detection; research progress; development trend

农药具有成本低、见效快的优点,在防治病虫害,提高农作物产量,确保农业增产增收方面具有不可替代的重要作用^[1]。然而,化学农药的长期大量不规范使用,对农产品安全和生态环境安全造成

了严重的威胁。第2次全国污染源普查发现,农药残留污染成为我国农业污染的重要因素^[2]。研究表明,施用到农作物的农药约90%会直接进入到环境体系中,环境中残留的农药不仅会改变土壤微生物群

收稿日期:2022-05-30

基金项目:植物病虫害生物学国家重点实验室基金(SKLOF202210)

作者简介:郭艳国(1999—),男,内蒙古赤峰人,硕士研究生,研究方向为农药残留检测。E-mail: 2841881526@qq.com

通信作者:刘振江(1984—),男,山东潍坊人,博士,副教授,主要从事农药残留快速分析及污染降解。E-mail: lzj1984@ujs.edu.cn

落的结构,破坏农业系统中微生态的平衡,并且会通过食物链等途径进入人体,给人类健康带来极大的安全隐患^[3-5]。因此,开发高效的农药残留分析检测技术对保护生态环境和人类健康具有十分重要的意义。

研发快速、灵敏的农药残留检测技术是实现农产品质量监管的重要手段。目前,常见的农药残留检测技术主要包括仪器检测技术(气相色谱法^[6]、高效液相色谱法^[7]、色谱-质谱联用技术^[8])、酶抑制法和免疫分析法等快速检测技术^[9-10]。其中,仪器检测技术往往需要昂贵的仪器,检测时间长,不适合在现场进行快速分析检测,而快速检测技术以其简单、快速、高通量的分析特点引起了人们的广泛关注和应用。2016年《食品安全法》从法律层面高度充分认可了“快速检测方法对食用农产品进行抽查检测”的合法地位^[11]。2021年农业农村部等七部门联合实施食用农产品“治违禁 控药残 促提升”三年行动方案,明确提出“鼓励农产品批发市场对‘三棵菜’中吡虫啉等易超标农药和禁限用农药残留开展针对性快速测定”^[12-13]。本文将重点介绍我国农药残留的快速检测技术应用与发展,并对各个检测技术优缺点进行比较和分析,同时展望了快速检测技术发展趋势,为农产品中农药残留的有效监管和新型快检技术的研发提供参考。

1 农药残留快速检测技术研究进展

近年来,我国农药残留快速检测技术得到快速发展。目前已有包括光谱法、酶抑制法、免疫分析法、活体检测法、生物传感器检测法等多种检测方法应用于实际检测,这些方法在一定程度上可以满足实际检测的需求,本文将重点对这几种方法进行详细介绍。

1.1 光谱法

光谱法主要用于有机磷农药残留的检测,即根据有机磷农药中某些官能团发生水解或还原的产物,与相应的显色剂发生化学反应,产生特定波长的光谱来进行定性或定量分析农药残留的含量^[14]。根据产生的不同波长可分为红外光谱法和紫外光谱法,其中红外光谱法应用最广泛。例如,刘若云等^[15]采用红外光谱法检测吡虫啉的残留,结果表明红外光谱法能够迅速测定吡虫啉的含量,在一定程度上可以满足农药残留迅速测定的需求。李敏^[16]提出了一种近红外光谱技术对小白菜叶片中的氯氟氰菊酯进行定性分辨的方法。检测结果表明,此方

法对无农药残留与含轻度农药残留2类样本的正确鉴别率为95%,对含轻度农残与含重度农残2类样本的正确鉴别率为90%。该方法为蔬菜农残定性分类鉴别提供了一种新思路。冯镇等^[17]利用近红外光谱技术有机结合化学计量法构建了小麦中毒死蜱农药残留的测定模型。结果发现,利用因子化法构建的定性分析模型的判别率高达90%以上,可以实现对小麦中毒死蜱残留的定性分析检测。同时,基于偏最小二乘法可以实现定量检测分析且获得良好的重现性。覃重阳等^[18]通过表面增强拉曼光谱法对茶叶中的百草枯和敌百虫2种农药残留进行快速检测。实际检测结果表明,其检出限和灵敏度均能满足国家要求。

光谱法用于农药残留测定虽然具有许多优势,包括测定速度快,前处理要求低等,但光谱法只能检测一种或一类具有相同基团的有机磷农药,且其检测灵敏度不够好,通常只能用于农药残留的定性分析。

1.2 酶抑制法

酶抑制法最早于1951年在美国被发现并应用于农药残留的检测,这是目前研究最成熟、应用最广泛的快速农残检测技术^[19]。在我国,广东达元绿洲食品安全科技股份有限公司在1993年研制出第1个农残速测卡并进行了实际应用,这开启了我国农药残留快速检测的新篇章。其检测原理是通过有机磷与氨基甲酸酯类农药对胆碱酯酶的抑制进而导致底物颜色发生不同的改变,从而实现农药残留的分析测定。根据所使用的检测仪器和胆碱酯酶分解底物的不同,酶抑制法可分为酶抑制率法和速测卡法,2种分析技术已经得到了广泛应用。例如,马宏等^[20]构建了一种生物荧光酶抑制法,用于粮食及其制品中有机磷类和氨基甲酸酯类农药残留的快速定性测定,最低检测限为0.1 mg/kg,单个样品平均检测时间为5 min。由此可见,酶抑制法可用于粮食及其制品中有机磷类及氨基甲酸酯类农药残留的快速筛选。Hassani等^[21]发明了一种基于金纳米棒修饰电极的敏感性乙酰胆碱酯酶生物传感器,用于有机磷农药检测中对氧磷的含量测定。结果显示,对氧磷的检测限为4.3 nmol/L。该方法完全可以满足对环境对氧磷的快速测定要求。张艳艳^[22]采用酶抑制法与气相色谱法分别对购自农贸市场的40批次蔬菜样品进行检测,通过对比快速检测方法与传统仪器方法的检测结果对酶抑制法进行验证。结果表明,蔬菜中有机磷农药残留的快速检测方法与气相

色谱检测方法的检测结果基本相符,可以满足现场快速检测的要求。

酶抑制法因具有操作简便、成本低廉、前期投入少、检测快等特点而被广泛应用于农药残留检测。目前已经出现基于酶抑制法原理的产品,根据不同的使用场合可以分为速测卡和农药残留速测仪2类。速测卡常被用于生产基地中农药残留的检测;农药残留速测仪被广泛应用在农业、卫生、工商等涉及农产品和食品的质量监督检验测试中心、质检站等监测和质检机构中。常用型号速测仪有Optizen 2120V-V农残检测仪、GDNY-110SA便携式农药残留速测仪、RAT-201A型多通道农药残留检测仪等。然而,在实际检测农药残留中还有很多亟待改进的不足之处:(1)可检测农药种类少。酶抑制法主要用于检测有机磷农药和氨基甲酸酯类农药,对其他农药测定不敏感。(2)胆碱酯酶保存条件苛刻。胆碱酯酶需放置在低温下保存,若在常温中进行保存则很容易失活。(3)检测结果不够准确,易造成假阳性。例如,在对芹菜、韭菜、洋葱等蔬菜样品检测时通常会受到较强的干扰而造成检测结果出现假阳性。

1.3 质谱快速检测法

质谱技术由于其高灵敏度、高准确度以及高通量等特点,已经被广泛应用到农药残留分析中。其中,液相色谱质谱联用和气相色谱质谱联用是该领域最主要的技术手段。由于其需要复杂的样品前处理及大量的有机溶剂,所以不适合快速实时高通量检测。原位电离技术具有可在常压敞开式环境下进行操作、无需或仅需简单的样品制备等特点,为农药残留的高通量实时检测提供了可能^[23]。原位电离技术主要包括样品解吸附、分析物离子化和将离子引入质谱检测3个过程,它与四极杆、离子阱、轨道阱和飞行时间等质谱联用即可实现化合物的快速检测,其中解吸附电喷雾电离质谱、纸喷雾电离质谱和实时直接分析质谱在农药残留检测方面被广泛应用。Gerbig等^[24]采用解吸附电喷雾电离质谱结合同位素内标,建立了32种农药在果蔬表面的快速筛查和定量检测方法,仅需将玻璃棒在果蔬表面轻轻摩擦就可实现农药快速检测,检测限均低于规定的农药最大残留限量;Pereira等^[25]采用纸喷雾质谱和其变体技术叶喷雾质谱,建立了莠去津、敌草隆和灭多威在果蔬中的快速检测方法。该方法无需样品前处理,2种原位电离质谱的检出限分别低至1.23和0.03 mg/kg;司露露等^[26]建立QuEChERS-气相色

谱-串联质谱法和高效液相色谱-串联质谱法快速检测蔬菜中267种农药残留量的方法。所有的农药定量限均小于0.01 mg/kg,各个浓度水平加标回收率为67.2%~120.7%,相对标准偏差为0.1%~17.7% ($n=6$)。该方法适用于供港蔬菜中农药多残留的高通量快速筛查及应急检测需要;刘平等^[27]建立通过式净化结合超高效液相色谱-串联质谱快速检测牛、羊奶中常见的13种有机磷农药残留,13种目标化合物的检出限为0.015~0.15 $\mu\text{g/L}$,定量限为0.05~0.50 $\mu\text{g/L}$,适用于牛、羊奶及其相关制品日常检测。

随着小型化车载质谱、手提质谱不断商业化,原位质谱技术与小型质谱仪联用能够实现农药残留现场、实时和高通量检测。然而,原位质谱技术在实际操作中仍然面临着许多挑战,比如精准定量分析往往需要同位素农药作为辅助,但同位素农药难以获得,因此增加了分析成本。另外,目前原位质谱技术更多的是实现农产品表面农药残留检测,如何实现样品内部农药准确定量仍是未来的发展方向。

1.4 免疫分析法

1970年,Centeno等^[28]第一次将放射免疫法用于DDT和马拉硫磷的分析检测,标志着免疫分析技术正式开始应用于农药残留分析中。目前,我国学者也开发了大量免疫分析技术用于我国农药残留分析研究,如农药残留超微量分析技术是以抗原抗体的特异性识别反应为基础,结合现代测试手段,最终以光、电、颜色等形式呈现。根据其检测信号的不同,免疫分析技术可以分为酶免疫分析、荧光免疫分析、放射性免疫分析、电化学免疫分析、免疫亲和柱层析净化-荧光光度法、免疫胶体金标记快速检测法。邹茹冰等^[29]探究了一种化学发光酶联免疫分析方法,用于谷物和果蔬中对硫磷、甲基对硫磷和杀螟硫磷等农药的检测,其检测灵敏度分别为5.57、2.30和2.62 $\mu\text{g/kg}$ 。结果表明,该方法能满足对硫磷、甲基对硫磷和杀螟硫磷最大残留限量的检测要求,为研制有机磷农药多残留检测试剂盒提供了技术依据。Davoodi等^[30]采用酶联免疫分析技术检测环境中的氨基甲酸酯、有机磷和拟除虫菊酯残留含量,最低检测限达到5.2 $\mu\text{g/kg}$,可以满足以上3种农药的检测要求。2022年中国农科院质标所和北京壹拾智检生物科技有限公司发布了茶叶中农药残留家用智能快速检测产品。该产品基于免疫层析试纸条和人工智能技术,成功研制出了多种农药的胶体金快速检测试纸条,用条形码给每1张试纸条标识身份,通过读取图像软件,利用智能手机拍照对农药残留

进行定量分析,如检测产品操作简单、无环境污染,消费者只需将茶水放入试纸条反应,再用手机里的微信小程序拍照,即可快速获得检测结果,真正实现“即泡即测”,随时随地掌握所饮茶叶的农残含量。

免疫分析法因其灵敏、简单、快速、成本低的优势受到了广泛的关注。截至目前,国内农残免疫快检产品主要以胶体金免疫层析技术为主。调研发现,国内不同品牌用于检测不同种类农残的试纸条价格基本相同,均价为15~20元/条,生产厂家包括北京勤邦生物技术有限公司、苏州快捷康生物技术有限公司、武汉华美公司和青岛普瑞邦公司等多家,检测对象涉及毒死蜱、对硫磷、啉虫脒、吡虫啉等30多种农药。然而,免疫分析法只适用于检测一种或一类农药,后续需进一步研发,优化该项技术,打破这种局限性。

1.5 活体检测法

活体检测法的原理是利用活的生物对环境中的农药残留进行直接测定,其主要可以分为发光菌检测法和敏感家蝇检测法。发光菌检测法的原理是农药与发光细菌作用后可使细菌的发光程度发生不同变化,通过测定细菌发光改变量,即可间接测量出农药残留含量;家蝇检测法原理是以敏感品系的家蝇作为试验材料,对敏感家蝇进行样品喂食后,样品中农药残留会导致家蝇中毒,观察家蝇在4~6 h内死亡率即可判定样品中农药残留含量。例如,杨永东等^[31]采用活体生物监测三氯氟氰菊酯、乐果、吡虫啉等农药在甘蓝中17 d的残留降解趋势,结果发现利用生物检测法可以实现农产品中农药残留的定性分析。

活体检测方法虽然具有操作步骤简单、结果分析方便的优点,但是其缺点也十分显著,即仅仅针对少数农药有反应,准确性较低且只能粗糙检测。例如,家蝇对拟除虫菊酯类敏感,而对有机磷和氨基甲酸酯等中高毒性农药则不太敏感。在未来,活体检测法应致力于提高检测准确性和灵敏度,寻求更多活体生物用于农药残留的检测分析。

1.6 生物传感器检测法

目前生物传感器技术是农药残留快速分析技术的研究热点,其原理是通过待测农药和农药分子识别元件发生相互作用后,产生一些化学或物理信号变化(如发光、发热等)。这些变化被电子设备检测、转换和处理,产生可量化的光电信号^[21]。目前,最常用的农药残留生物传感器主要有酶生物传感器、免疫生物传感器、适配体生物传感器。例如,Zhao等^[32]

建立了一种纳米金/巯基甲胺磷多残留电化学生物传感器检测环境中的有机磷农药,其线性范围在0.1~1 500 ng/mL,最低检测限可达0.019~0.077 ng/mL,该乙酰胆碱酯酶生物传感器具有良好的稳定性和重复性,实现了环境中有机磷农药总量的快速检测。Liu等^[33]创立了一种基于适配体的灵敏侧流生物传感器,用于快速测定食品中水胺硫磷。该方法对水胺硫磷的检测限低至2.48 mg/L,且具有较高的选择性。近年来,用金属、碳基以及复合纳米材料等作为电化学生物传感器的基底材料,可以很好地解决电化学生物传感器检出限、灵敏度不够高的问题。Bao等^[34]基于三维石墨烯-氧化铜纳米花复合结构开发了一种用于有机磷农药检测的高灵敏度电化学生物传感器,最低检出限可以达到0.31 ng/L。

目前,生物传感器法的研制和应用是农药残留快速检测技术中的热点问题,在缩短响应时间、促进测定方法多样化、提高检测灵敏度、提升仪器自动化程度等方面已取得了进步。在一些发达国家,已经有相当数量的生物传感器投入到大气、水检测农药残留含量,但目前国内应用数量极少,今后目标应加大力度发展生物传感器应用于我国农药残留含量的检测工作。

2 农药残留快速检测技术发展趋势

近年来,随着我国对农产品安全领域研究投入的增加,可以应用的分析检测技术愈加广泛,在一定程度上促进了农药残留快速检测技术的发展,但现有分析技术仍然无法满足实际检测的需求,为此本文将从产业化、实时化、灵敏化3个方面对农药残留快速检测技术的发展提出建议。

2.1 快检技术的产业化

农药残留快速检测技术应用到实际生产中才能更有价值,能否实现产业化是衡量一项技术价值的重要参数。在我国已经有山东方科、浙江托普云农、杭州绿博、北京勤邦、苏州快捷康等多家公司进行农药残留检测仪器和检测试纸条的生产工作,这在一定程度上可以满足蔬菜、水果、粮食、茶叶等农药残留的快速检测。随着我国农药施用品种的不断增多,现有快检产品仍然无法全部覆盖农残检测的需求。因此,加强农残快检技术的研发及成功转化成为现阶段的重要任务。

2.2 快检技术的实时化

我国农产品流通速度加快、交易量与日俱增,迫切需要现场出检测结果,实时获取检测信息。因

此,发展样品自动制备技术和各种设备在线联用技术提高样品自动化快速处理和测定能力,不断缩短检测时间,提高检测速度已成为当务之急。同时,发展智能化设备通过服务器对检测数据进行分析、汇总、上传、储存,从而全面掌握农残速测结果,为农产品质量安全状况提供重要的数据信息平台。

2.3 快检技术的灵敏化

目前,我国制定的农药残留限量标准数量不断增加,要求不断严格,这对速测方法的检测灵敏度提出了更高的要求。部分检测方法如光谱法、活体检测法仍无法满足相关要求,相关分析技术和产品试剂应朝着高灵敏度方向发展。

3 展 望

我国农残快检技术已得到了长足发展,多种多样的检测技术以及检测分析仪器设备在一定程度上满足了农药残留的检测需求,但随着经济的快速发展,人们的健康意识不断提高,原有的检测技术已经难以满足社会高速度发展、市场高通量检测以及人们高质量生活的日常需求。为了更好地保障国民食品安全,促进食品安全事业发展,未来的农药残留快检技术应在如何改进现有分析技术的缺点上发力,从法律层面鼓励科研技术的突破,促进“产学研”一体化系统的形成,形成科研技术-检测现场-云端系统完备数据链,以产业化、实时化和灵敏化为发展目标,致力于研发国产快检仪器设备,攻克关键技术,从仪器使用大国发展成为仪器创制大国。相关科研工作者应以将论文写在祖国大地上为己任,为我国国民的食品安全提供有效保障。

参考文献

- [1] 祁梦菲. 新时期化肥农药减量增效的路径研究[J]. 新农业, 2022 (3): 20.
- [2] 张龚丹, 黄聪, 马丹丹, 等. 黄冈市污染源排放调查及防治对策建议——基于第二次全国污染源普查数据[J]. 绿色科技, 2021, 23 (24): 100-102.
- [3] 陈妍. 简析农药危害及绿色植保技术推广[J]. 广东蚕业, 2021, 55 (11): 73-74.
- [4] 李宏秋. 蔬菜农药残留对健康的危害[J]. 食品安全导刊, 2021 (20): 16; 18.
- [5] 袁善奎. 《寂静的春天》读后感——化学农药的使用: 利益与危害的博弈[J]. 农药科学与管理, 2020, 41(12): 8-13.
- [6] 邹能英, 黄安香, 王忠伟, 等. 气相色谱法测定食用林产品有机磷农药残留基质效应研究[J]. 农业与技术, 2022, 42(5): 19-24.
- [7] 李婷婷, 李玲, 朱璐. 高效液相色谱法测定蔬菜中氨基甲酸酯类

农药残留分析[J]. 现代食品, 2021(15): 139-140; 143.

- [8] 李重九. 色谱-质谱联用技术的进步与农药多残留分析方法的发展(之二)——从低分辨质谱技术的选择性谈起[J]. 质谱学报, 2021, 42(5): 681-690.
- [9] 陈颖. 酶抑制法快速检测农产品农药残留的研究与应用[J]. 广东蚕业, 2021, 55(2): 68-69.
- [10] 肖石妹. 构建金纳米比色法和免疫分析法检测环境和食品中的农药残留[D]. 南昌: 南昌大学, 2017.
- [11] 邹强, 郭健, 刘芳, 等. 新《食品安全法》下抓好基层农产品质量安全监管工作探讨[J]. 现代农业科技, 2016(6): 287-288.
- [12] 佚名. 关于印发《食用农产品“治违禁 控药残 促提升”三年行动方案》的通知[J]. 中华人民共和国农业农村部公报, 2021(7): 6-9.
- [13] 周晓艳. 将实施为期3年的“治违禁 控药残 促提升”行动[N]. 2021-07-15 (B05).
- [14] 赵春燕, 张磊. 果蔬中有机磷农药残留检测方法研究[J]. 农村实用技术, 2021(12): 79-80.
- [15] 刘若云, 朱明星, 马捷. 红外光谱法测定农药中吡虫啉含量[J]. 化工设计通讯, 2017, 43(7): 143-144.
- [16] 李敏. 基于近红外光谱技术的小白菜农药残留鉴别分析[J]. 红外, 2020, 41(10): 44-47.
- [17] 冯镇, 刘馨, 张震, 等. 基于近红外光谱技术对小麦中毒死蜱农药残留测定方法的研究[J]. 食品工业科技, 2022, 43(4): 271-277.
- [18] 覃重阳, 张媛媛, 邓薪睿, 等. 表面增强拉曼光谱法快速检测茶叶中百草枯与敌百虫农药残留[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(14): 4439-4446.
- [19] XIANG L, WU H, CUI Z, et al. Indirect competitive aptamer-based enzyme-linked immunosorbent assay (apt-ELISA) for the specific and sensitive detection of isocarbophos residues[J]. Analytical Letters, 2019, 52(12): 1966-1975.
- [20] 马宏, 吴宇, 陈晋莹, 等. 生物荧光酶抑制法快速定性测定粮食中有机磷类和氨基甲酸酯类农药残留[J]. 中国粮油学报, 2022, 37 (2): 167-174.
- [21] HASSANI S, MOMTAZ S, VAKHSHITEH F, et al. Biosensors and their applications in detection of organophosphorus pesticides in the environment[J]. Archives of Toxicology, 2017, 91(1): 109-130.
- [22] 张艳艳. 蔬菜中农药残留酶抑制法快速检测与气相色谱法的比较研究[J]. 食品安全导刊, 2022(5): 105-107.
- [23] LU H, ZHANG H, CHINGIN K, et al. Ambient mass spectrometry for food science and industry[J]. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 2018, 107: 99-115.
- [24] GERBIG S, STERN G, BRUNN H E, et al. Method development towards qualitative and semi-quantitative analysis of multiple pesticides from food surfaces and extracts by desorption electrospray ionization mass spectrometry as a preselective tool for food control[J]. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 2017, 409 (8): 2107-2117.

(下转第 18 页)

查主体是否合法合规生产经营,许可条件是否有效保持或发生重大变化,是否存在无证或超范围生产经营等行为,产品质量是否符合标准,各项生产经营管理制度是否健全并有效执行。在使用环节,主要是做好安全用药指导,避免出现违反禁限用规定情况,全力保障农业生产和农产品质量安全。近2年来,省内农药安全生产形势持续稳定,未发生伤亡事故和影响较大的一般生产安全事故。

4 总结与展望

自新《农药管理条例》实施以来,农业农村部门履行对农药行业的全过程安全管理职责,但未将其作为一项部门明确的重要职能,大多是根据各级政府的要求,完成属于行业牵头部门的分工任务,具有一定的被动性、阶段性特点,因此造成了各地部门对这项工作中的职责、要求和认识上的巨大差异。在农药产品准入和使用环节的安全管理外,相关部门对农药生产经营准入所涉及的区域布局、安全条件、管理制度、人员配备等安全生产的事前、事中和事后监管,仍缺乏明确的政策指引和相应的工作标准体系。江苏目前正在开展这些农药安全生产部门的履职探索,各地在参考借鉴的同时,仍需要充分结合地方实际,不断摸索完善工作机制。

统筹发展和安全已上升为国家战略,基于对行业发展安全的现实需求,以及相关法规制度的不断完善,农药安全生产管理将成为一项各级农业农村

部门绕不开的重要职责。履行好这项职责,一方面需要加强行业管理的规划引领,在国家政策法规层面明确涉及安全的各项制度、条件和要求,相关规章和规范性文件要细化各级部门审查的安全内容和具体标准,从而明晰部门的履职边界和监管行为标准,也为行业安全管理提供明确的参照依据。另一方面,根据农业农村部门的履职能力和专长,建立一套符合行业安全实际和多部门协同高效管理的工作体制机制,这将是下一步需要更加深入探讨和研究的问题。

参考文献

- [1] 国务院.中共中央,国务院关于推进安全生产领域改革发展的意见[EB/OL]. (2016-12-18) [2022-08-20]. http://www.gov.cn/zhengce/2016-12/18/content_5149663.htm.
- [2] 中共江苏省委机构编制委员会. 江苏省省级部门及中央驻苏有关单位安全生产工作职责任务清单[N]. 新华日报. 2020-04-03.
- [3] 农业农村部. 农业农村部办公厅关于加强监督检查有效防范农药安全风险的通知[EB/OL]. (2021-07-09) [2022-08-20]. http://www.moa.gov.cn/xw/bmdt/202107/t20210709_6371508.htm.
- [4] 农业农村部. 农业农村部办公厅关于加强农药监督检查的通知[EB/OL]. (2022-05-11) [2022-08-20]. http://www.moa.gov.cn/govpublic/ZZYGLS/202205/t20220511_6398886.htm.
- [5] 钱忠海, 张怡. 关于对江苏省农药行业安全生产管理的几点思考[J]. 农药科学与管理, 2020, 41(12): 14-17.
- [6] 邱峰, 张渝, 孙奕, 等. 江苏省农药安全生产管理研究[J]. 江苏安全生产, 2021(10): 41-42.

(责任编辑:高蕾)

(上接第5页)

- [25] PEREIRA I, RODRIGUES S R, DE CARVALHO T C, et al. Rapid screening of agrochemicals by paper spray ionization and leaf spray mass spectrometry: which technique is more appropriate?[J]. Analytical Methods, 2016, 8(31): 6023-6029.
- [26] 司露露, 梁杨琳, 吕春秋, 等. QuEChERS-气相色谱-串联质谱法和高效液相色谱-串联质谱法快速检测蔬菜中267种香港规例中的农药残留量[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(1): 122-136.
- [27] 刘平, 王子怡, 赵旭东, 等. 通过式净化结合超高效液相色谱-串联质谱快速检测牛奶奶中有机磷农药残留[J]. 卫生研究, 2022, 51(3): 483-489.
- [28] 曾伟, 李文宾, 余金华. 中国农药残留快速检测技术的研究进展[J]. 世界农业, 2011(8): 84-87.
- [29] 邹茹冰, 柳颖, 王双节, 等. 化学发光酶联免疫分析法同时检测3种有机磷农药残留[J]. 农药学报, 2017, 19(1): 37-45.
- [30] DAVOODI M, DAVAR F, REZAYAT M R, et al. Cobalt metal-organic framework-based ZIF-67 for the trace determination

of herbicide molinate by ion mobility spectrometry: investigation of different morphologies[J]. RSC Advances, 2021, 11(5): 2643-2655.

- [31] 杨永东, 王军, 杨国丽. 活体生物在农药残留降解跟踪试验的研究与应用[J]. 上海化工, 2012, 37(5): 13-15.
- [32] ZHAO G, ZHOU B, WANG X, et al. Detection of organophosphorus pesticides by nano-gold/mercapto methamidophos multi-residue electro chemical biosensor [J]. Food Chemistry, 2021, 354: 129511.
- [33] LIU B, TANG Y, YANG Y, et al. Design an aptamer-based sensitive lateral flow biosensor for rapid determination of isocarbophos pesticide in foods[J]. Food Control, 2021, 129: 108208.
- [34] BAO J, HUANG T, WANG Z, et al. 3D graphene/copper oxide nano-flowers based acetylcholinesterase biosensor for sensitive detection of organophosphate pesticides[J]. Sensors and Actuators B: Chemical, 2019, 279: 95-101.

(责任编辑:高蕾)