

# 农产品农药残留快速检测技术应用

古丽扎努尔·阿布迪热合曼

吐鲁番职业技术学院，新疆维吾尔自治区吐鲁番市，838000；

**摘要：**本文聚焦农产品农药残留快速检测技术的应用，深入阐述了该技术在保障农产品质量安全、满足市场快速检测需求等方面的重要意义。详细介绍了酶抑制法、免疫分析法、传感器技术等常见快速检测技术的原理、特点及应用情况，其中酶抑制法基于胆碱酯酶活性受抑制原理实现检测，免疫分析法利用抗原抗体特异性反应，传感器技术则借助物理化学信号转换实现快速测定。同时分析了这些技术在实际应用中面临的检测准确性不足、稳定性欠佳等问题，并探讨了通过优化检测条件、改进设备性能等提高技术应用效果的策略，旨在促进农产品农药残留快速检测技术更广泛、有效地应用，为农产品质量安全提供有力保障。

**关键词：**农产品；农药残留；快速检测技术；应用

**DOI：**10.64216/3080-1508.25.04.037

农产品农药残留问题一直是社会关注的焦点。随着人们生活水平的提高，对农产品质量安全的要求日益严格。农药在农业生产中广泛使用，虽能有效防治病虫害、提高农作物产量，但农药残留超标会对人体健康造成潜在危害，如引发慢性中毒、影响免疫系统功能，甚至可能增加患癌风险。传统的农药残留检测方法，如气相色谱法、液相色谱法等，存在检测周期长、需要专业实验室和操作人员、检测成本高等缺点，难以满足市场对农产品收购、流通等环节快速检测的需求，不利于及时排查安全隐患。因此，研发和应用快速、准确、便捷的农药残留检测技术具有重要的现实意义，它能在短时间内得出检测结果，为农产品的质量监管提供及时依据，也为消费者的健康保驾护航<sup>[1]</sup>。

## 1 农产品农药残留快速检测技术概述

### 1.1 快速检测技术的定义与特点

农产品农药残留快速检测技术是指能够在短时间内，以相对简便的操作方式，对农产品中的农药残留进行定性或定量检测的技术<sup>[2]</sup>。与传统检测技术相比，它具有检测速度快、操作简便、成本较低等特点。快速检测技术通常不需要复杂的仪器设备和专业的技术人员，能够在现场或基层单位快速得出检测结果，适用于大规模的农产品筛查。例如，在农产品批发市场、超市等场所，可以利用快速检测技术对农产品进行快速抽检，及时发现农药残留超标的产品，防止其流入市场。

### 1.2 快速检测技术的重要性

保障农产品质量安全是快速检测技术的首要任务。通过快速检测，可以及时发现农药残留超标的农产品，采取相应的处理措施，避免消费者食用到不安全的农产

品<sup>[3]</sup>。同时，快速检测技术有助于提高农产品的市场竞争力。在国际贸易中，许多国家对农产品的农药残留有严格的标准要求。具备快速检测能力的农产品生产企业和地区，能够更好地满足市场需求，提高农产品的出口量。此外，快速检测技术还可以为农业生产提供指导，帮助农民合理使用农药，减少农药残留的产生。

## 2 常见的农产品农药残留快速检测技术

### 2.1 酶抑制法

#### 2.1.1 原理

酶抑制法的原理核心是农药对特定酶活性的抑制作用。当农产品样品中存在农药残留时，农药分子会与酶的活性位点结合，改变酶的空间结构，从而抑制酶的催化活性。常用的酶为胆碱酯酶，其正常情况下能催化底物（如乙酰胆碱）分解，产生可检测的化学信号<sup>[4]</sup>。检测时，将样品提取液与酶溶液混合反应，若样品含农药，酶活性受抑，底物分解速率下降，通过测定反应体系中底物的剩余量或产物生成量，可间接判断农药残留是否存在及大致含量。

#### 2.1.2 特点与应用

酶抑制法的显著优势是操作简便，无需复杂仪器，检测周期短（通常30分钟内完成），非常适合现场快速筛查。该方法对有机磷和氨基甲酸酯类农药敏感性较高，在农产品收购站、农贸市场、超市等场景应用广泛，可快速对蔬菜、水果等进行批量检测。但它仅能针对特定类别农药，对拟除虫菊酯等其他类型农药检测效果差，且检测结果为定性或半定量，不能作为执法判定的最终依据，需结合其他方法进一步确认。

### 2.2 免疫分析法

### 2.2.1 原理

免疫分析的核心原理是利用抗原与抗体之间高度特异性的识别与结合反应检测农药残留。首先将目标农药分子（或其衍生物）作为抗原，通过动物免疫或基因工程技术制备特异性抗体，抗体能精准识别并结合对应农药分子。检测时，让样品中的农药残留与标记抗原竞争性结合抗体，或直接与抗体形成复合物，再通过酶、荧光物质等标记物的信号放大作用，将结合反应转化为可量化的光学或电学信号，根据信号强度推算样品中农药的残留量。

### 2.2.2 特点与应用

免疫分析法具有灵敏度极高的特点，可检测到纳克甚至皮克级别的农药残留，且对目标农药的特异性强，能在复杂样品基质中精准识别。该方法在农产品检测中应用广泛，尤其适用于谷物、果蔬中痕量农药的筛查，如检测苹果中的毒死蜱残留时，最低检出限可达0.01mg/kg。但该方法需针对每种农药制备专属抗体，研发周期长、成本较高，检测过程需酶标仪等设备及专业操作人员，在基层小型检测点的普及受到一定限制。

## 2.3 传感器技术

### 2.3.1 原理

传感器技术检测农药残留，核心在于利用传感器的信号转换功能，将农药残留的化学信息精准转化为电信号、光信号等可量化检测的信号。常见的电化学传感器，其电极表面修饰有特异性识别材料，当与农药分子接触时会发生氧化还原反应，产生与农药浓度相关的电流变化，通过电化学工作站可捕捉这一信号。光学传感器则依据农药对特定波长光的吸收、反射或荧光特性，经光电转换器将光信号转化为电信号，再经数据处理系统分析，即可反映农药残留的有无及含量。

### 2.3.2 特点与应用

传感器技术具备实时、在线检测的突出优点，响应速度快，通常几秒到几分钟内即可完成检测，且能实现自动化连续监测，非常适用于大规模农产品检测。在田间地头，可借助便携式传感器对农田灌溉水、土壤及作物中的农药残留实时监测，及时掌握变化动态。但技术研发和生产成本较高，如纳米材料修饰的传感器制备成本是传统检测试纸的5-8倍，且传感器稳定性受温湿度影响大，在高湿度环境中使用寿命会缩短30%左右，这些问题限制了其广泛应用。

## 3 农产品农药残留快速检测技术应用中存在的问题

### 3.1 检测准确性问题

部分快速检测技术的准确性仍有较大提升空间。由于快速检测为追求效率多采用简化的检测流程，极易受到样品基质复杂性、检测环境温湿度波动等因素的干扰，导致检测结果出现系统性误差。例如，酶抑制法在检测果蔬类样品时，其中含有的黄酮类、酚类等天然物质会非特异性抑制胆碱酯酶活性，与农药残留的抑制作用叠加，使检测值较实际值偏高10%-20%。此外，不同品牌和型号的检测试剂因抗体特异性、酶活性存在差异，同一批次样品用A品牌试剂盒检测为合格，用B品牌检测可能判定为超标，严重影响检测数据的公信力。

### 3.2 检测稳定性问题

快速检测技术的稳定性是制约其大规模应用的关键瓶颈。多数快速检测试剂和仪器对储存条件要求苛刻，如免疫层析试纸条需在2-8℃冷藏保存，若在运输过程中暴露于30℃以上环境超过6小时，抗体活性会下降40%，导致检测线显色模糊。实际操作中，即使严格控制环境条件，部分技术的重复性仍不理想，如胶体金免疫层析法对同一样品连续检测6次，相对标准偏差可能达到15%，远超5%的行业允许范围，难以满足批量检测的一致性要求。

### 3.3 技术标准与规范问题

农产品农药残留快速检测领域的技术标准和规范体系尚未形成闭环。不同检测方法的前处理步骤、反应时间、判定阈值缺乏统一规定，如检测同一份叶菜样品，采用酶抑制法判定为合格，用拉曼光谱法则可能判定为超标。同时，质量控制和评价体系存在明显短板，对试剂有效期标注模糊、仪器校准周期未作强制规定，部分基层检测机构为节省成本，使用过期试剂或半年未校准的仪器，导致检测结果偏差较大，无法作为监管执法的有效依据，严重影响农产品质量安全监管的统一性。

## 4 提高农产品农药残留快速检测技术应用效果的策略

### 4.1 加强技术研发与创新

加大农产品农药残留快速检测技术的研发投入，设立专项科研基金，鼓励科研机构与企业合作攻关<sup>[5]</sup>。针对酶抑制法受样品基质干扰的问题，研发特异性更强的酶制剂，添加基质净化剂消除黄酮类、酚类物质的影响，将检测偏差控制在5%以内。推动多学科交叉融合，把生物技术与纳米技术结合，开发基于纳米材料的免疫分析试剂，提升抗体稳定性；研发高灵敏度传感器，如量子

点修饰传感器,将检测限降低至0.001mg/kg,突破现有技术瓶颈,为快速检测提供更可靠的技术支撑,增强检测技术的实用性。

#### 4.2 完善技术标准与规范

加快制定统一的农产品农药残留快速检测技术标准和操作规范,明确酶抑制法、免疫分析法等各类检测方法的适用作物类型、前处理步骤、反应时间参数及试剂保存条件<sup>[6]</sup>。建立覆盖试剂生产、仪器校准、检测操作的全链条质量控制体系,要求检测机构每月对试剂进行有效性验证,每季度对仪器进行校准。构建全国统一的检测数据共享平台,实现检测结果实时上传与比对,确保不同地区检测数据的一致性,为监管部门提供统一执法依据,保障检测工作的科学性和权威性。

#### 4.3 加强人员培训与管理

构建分层分类的快速检测技术人员培训体系,针对基层检测人员,开展为期15天的实操培训,内容包括常见仪器操作、检测误差处理等;针对技术骨干,组织进阶培训,涵盖新型检测技术原理与应用。建立“理论考核+实操评估”的培训考核机制,考核合格者颁发上岗证书。制定严格的人员管理制度,明确检测人员岗位职责,规范样品接收、检测操作、结果记录等流程,每半年进行一次技能复核,减少因人为操作不当导致的检测误差,提升检测工作质量。

#### 4.4 加强与传统检测技术的结合

构建“快速筛查+传统确证”的协同检测模式,发挥两类技术的互补优势。利用快速检测技术对批发市场、超市的蔬菜、水果等农产品进行批量初筛,每日可高效完成500份以上样品检测,快速锁定农药残留疑似超标样品,大幅提升筛查效率。对于初筛呈阳性的样品,立即启动传统检测流程,采用气相色谱-质谱联用、液相色谱-质谱联用等技术进行精准定量分析,凭借其高分离度和高灵敏度,明确农药残留的具体种类、含量及超标程度,实现定性筛查与定量确证的无缝衔接,既缩短检测周期,又确保结果权威可靠,为农产品质量安全监管提供全面保障<sup>[7]</sup>。

### 5 结论与展望

#### 5.1 结论

农产品农药残留快速检测技术在保障农产品质量安全、满足市场快速检测需求中发挥着不可替代的作用。当前主流的酶抑制法、免疫分析法、传感器技术各有侧

重:酶抑制法操作简便但特异性有限,免疫分析法灵敏度高却成本较高,传感器技术可实时检测但稳定性待提升。实际应用中,这些技术普遍面临检测准确性受基质干扰、稳定性受环境影响、技术标准不统一等问题。而通过加强技术研发与创新以突破技术瓶颈、完善标准规范以统一检测依据、强化人员培训以减少操作误差、结合传统技术以互补长短等策略,能够系统提升快速检测技术的应用效果,为农产品质量安全监管提供有力支撑。

#### 5.2 展望

未来,随着科技的持续进步,农产品农药残留快速检测技术将迎来全方位升级。检测准确性和灵敏度将实现质的飞跃,可精准识别痕量残留,操作流程进一步简化,普通人员经简单培训即可上手,智能化水平显著提高,实现检测过程的自动化与智能化。基于生物芯片、量子点标记、纳米材料等的新型检测技术将不断成熟,检测设备向小型化、集成化发展,便携式设备可在田间地头、市场摊位等场景即时完成检测。同时,与大数据、物联网技术的融合将深度推进,构建覆盖生产、流通、销售全链条的检测数据云平台,实现农药残留动态监测与远程调控,为农产品质量安全筑起更坚实的防线,助力农业绿色可持续发展。

#### 参考文献

- [1] 沈兵兵. 基于高光谱技术的花椰菜表面农药残留无损检测技术研究[D]. 天津商业大学, 2022.
- [2] 吕建聪. 农产品质量检测中的农药残留快速检测技术研究[J]. 河北农机, 2024, (06): 108-110. D
- [3] 吴艳玲. 农药残留快速检测技术在农产品质量安全监管中的应用[J]. 农村科学实验, 2024, (09): 73-75.
- [4] 姚田田. 比率型荧光检测有机磷农药的新方法研究[D]. 东南大学, 2020.
- [5] 石君. 基于农药残留快速检测技术的食用农产品质量安全检测[J]. 食品安全导刊, 2024, (05): 149-151.
- [6] 付文琪. 食用农产品农药残留快速检测方法研究[J]. 食品安全导刊, 2023, (16): 180-182.
- [7] 夏晓丽, 杨晓敏, 孔丽. 食品检验检测中的残留农药快速检测方法研究[J]. 食品安全导刊, 2024, (18): 160-162.

作者简介: 古丽扎努尔·阿布迪热合曼, 1990-04-06, 性别: 女, 籍贯: 新疆吐鲁番, 学历: 本科, 研究方向: 食品质量与安全。