

现代农业中的检验检测技术应用概述

赵 媛

太原市小店区市场综合发展服务中心(太原市小店区综合检验检测中心) 山西 太原 030032

摘要: 现代农业中的检验检测技术是保障农产品质量安全、提升农业生产效率的关键支撑。本文系统阐述了物理、化学、生物及新兴无损检测技术的原理与特点,分析了在种植、采收、初加工、储运等环节的具体应用,并展望了技术集成化、智能化、便携化等未来发展趋势,以期为推动农业检测体系现代化、促进农业高质量发展提供参考。

关键词: 检验检测技术; 现代农业; 质量安全; 无损检测; 智能化应用

引言: 在现代农业发展进程中,农产品质量安全与生产效率备受关注。检验检测技术作为保障农产品质量安全、提升生产效益的关键手段,发挥着不可替代的作用。从种植环节的农残、土壤、水质检测,到采收加工时的品质评估,再到流通储运中的保鲜监控,检验检测技术贯穿农业全产业链。深入探讨在现代农业中的应用与发展趋势,有助于推动农业向智能化、精准化、绿色化方向迈进,实现农业高质量发展。

1 检验检测技术分类与核心原理

1.1 物理检测技术

光学检测以光与物质相互作用为核心,含近红外光谱、荧光光谱及机器视觉方向。近红外光谱捕捉物质对近红外波段光吸收散射特征,解析农产品内部成分含量分布,无需复杂前处理可快速无损检测,用于粮食水分测定与水果糖度分级。荧光光谱利用特定物质受激发后荧光信号,检测农药残留或重金属污染,如用荧光探针识别蔬菜有机磷农药。机器视觉结合图像识别与高光谱分析,提取农产品外观缺陷及颜色均匀性信息,高光谱成像结合深度学习实现病害早期识别,如用叶片光谱诊断作物缺素症^[1]。力学检测聚焦质地参数分析,用硬度计等设备量化农产品硬度、弹性等。这些参数与成熟度等密切相关,如用硬度判断苹果采收时机。电磁特性检测利用农产品电磁参数与内部品质关联性,推断其成熟度与新鲜度,如用介电特性分析检测种子活力。

1.2 化学检测技术

色谱技术以分离分析为核心,包含气相色谱、高效液相色谱及其联用技术。气相色谱通过载气携带样品在高温气化后进入色谱柱分离,适用于挥发性农药残留及香气成分分析。高效液相色谱以液体为流动相,分离高沸点化合物如真菌毒素与食品添加剂。联用技术如气相色谱-质谱联用、液相色谱-质谱联用,结合色谱分离能力与质谱的定性定量优势,可同时检测多种痕量污染物,

例如分析粮食中多种农药残留或肉类中多种兽药成分。光谱技术通过测量物质对特定波长光的吸收或发射特征实现定量分析。原子吸收光谱定量分析重金属元素如铅、镉的含量,电感耦合等离子体质谱利用高温等离子体实现多元素同步检测,灵敏度达纳克级,适用于土壤重金属污染筛查。电化学分析基于氧化还原反应中电流或电位的变化,通过传感器技术快速检测重金属离子或硝酸盐。例如,基于葡萄糖氧化酶的电流型传感器检测果汁糖分含量,基于适配体的电化学传感器实现重金属离子高灵敏度检测。

1.3 生物检测技术

免疫学检测依托抗原抗体特异性结合反应,包含酶联免疫吸附测定与胶体金免疫层析法。酶联免疫吸附测定通过酶催化显色实现目标物定量,广泛应用于农药残留检测。胶体金免疫层析法以胶体金颗粒为标记物,通过层析作用实现快速定性筛查,适用于现场即时检测,如检测水产品中的孔雀石绿残留。分子生物学检测以核酸扩增与杂交为核心,包含聚合酶链式反应、实时荧光定量PCR及基因芯片技术。聚合酶链式反应通过温度循环扩增特定DNA片段,检测转基因成分或病原微生物。实时荧光定量PCR加入荧光探针实现扩增过程实时监测,定量精度更高,例如通过病毒核酸定量诊断作物病害。基因芯片技术将大量探针固定于固相载体,通过杂交信号分析多个目标物,适用于大规模基因筛查,同时检测多种作物抗病基因。生物传感器以酶、抗体或核酸为识别元件,将生物信号转化为电信号或光信号。例如,基于乙酰胆碱酯酶的传感器检测有机磷农药,基于核酸适配体的传感器特异性识别重金属离子,实现目标物的快速灵敏检测。

1.4 新兴无损检测技术

近红外光谱无损检测通过光纤探头直接采集样品光谱信息,无需制样即可分析内部成分,适用于在线检测

与动态监测。例如,通过传输带实时检测粮食水分或水果糖度,提升生产过程控制效率。计算机视觉与高光谱成像结合深度学习算法,从多维度图像数据中提取特征参数,同步评估农产品外观缺陷与内在品质。例如,通过纹理分析检测苹果表面疤痕,结合光谱信息预测内部可溶性固形物含量,实现品质分级自动化。电磁特性无损检测利用介电常数、磁导率等参数与农产品生理状态的关联性,通过电场或磁场传感器推断其成熟度与新鲜度。例如,通过阻抗分析检测番茄成熟度,或通过磁共振技术评估肉类新鲜度,为储运环节品质监控提供技术支持。这些新兴技术通过非破坏性方式获取样品信息,既保留了样品完整性,又提升了检测效率,推动现代农业向智能化、精准化方向发展。

2 检验检测技术在现代农业中的核心应用场景

2.1 种植环节

土壤质量监测是种植环节的基础保障。通过检验检测技术,可对土壤中的氮、磷、钾等养分含量进行精准测定,为作物生长提供科学的养分供应方案。同时,针对土壤中可能存在的重金属污染问题,如铅、镉、汞等有害元素,利用先进的检测手段能够快速识别污染程度,避免污染土壤对作物产生毒害,确保农产品从源头上的安全性^[2]。灌溉水质检测同样至关重要。灌溉水若受到工业废水、生活污水等污染,其中含有的有害物质会随水分进入作物体内,影响作物品质。借助检验检测技术对灌溉水进行全面分析,可及时发现水质问题,避免使用受污染水源进行灌溉,保障作物生长环境的健康。农药与化肥的精准施用指导依赖于检验检测技术。通过检测作物叶片、土壤中的养分及病虫害情况,结合作物生长周期和需求,能够制定出个性化的农药化肥施用方案。这种精准施用方式不仅提高了农药化肥的利用率,减少了资源浪费,还能有效降低因过量施用导致的环境污染和农产品农药残留超标风险,实现绿色可持续种植。

2.2 采收与初加工环节

农产品成熟度与新鲜度快速评估是采收环节的关键。利用光学检测、生物传感器等先进技术,可在短时间内对农产品的外观、色泽、硬度、糖分等指标进行全面检测,准确判断其成熟度和新鲜度,为精准采收提供科学依据,确保采收的农产品达到最佳品质,提升市场接受度。病虫害与霉变问题的早期筛查能够避免问题农产品进入市场。通过图像识别、分子生物学检测等前沿技术,可对农产品表面及内部进行细致检查,及时发现病虫害痕迹和霉变现象,防止问题扩大,从源头保障农产品质量安全,维护消费者健康。初加工过程中的品质分级与

标准化有助于提升农产品附加值。依据检验检测技术对农产品的大小、形状、重量、内部品质等参数进行精确测定,按照统一标准进行分级处理,使不同等级的农产品满足不同市场需求,提高市场竞争力,促进农业增效和农民增收。

2.3 流通与储运环节

冷链物流中的温度与湿度监控是保障农产品新鲜度的重要手段。借助智能传感器和物联网技术,可实时监测冷链运输过程中的温度和湿度变化,数据实时上传至管理平台,确保农产品始终处于适宜的储存环境,减少因温湿度波动导致的品质下降,降低运输损耗,保障农产品以良好状态到达消费者手中。运输过程中的微生物污染风险预警能够提前发现潜在问题。通过微生物快速检测技术,可对运输工具、包装材料及农产品表面进行定期检测,一旦发现微生物污染迹象,立即启动预警机制,采取相应措施防止污染扩散,避免大规模农产品受损,维护农产品流通安全。仓储环境的气体成分调控对农产品保鲜至关重要。例如,通过检测并调控仓储环境中的乙烯浓度,可延缓农产品成熟和衰老过程,同时结合氧气和二氧化碳浓度的调节,营造最佳保鲜氛围,延长储存期限,减少损耗,提高农产品经济效益。

3 检验检测技术的未来发展趋势

3.1 技术融合与集成化

未来检验检测技术将朝着多技术深度融合与高度集成化迈进。多技术联用是提升检测性能的关键途径。例如色谱与质谱联用,色谱技术凭借强大分离能力,可将复杂样品不同成分有效分离,质谱技术则能对分离后成分精准鉴定和定量分析,二者结合可大幅提升检测通量,显著提高结果准确性^[3]。光谱与传感器融合也潜力巨大,光谱技术获取样品丰富光谱信息,传感器实时感知环境参数,二者集成可同步获取分析样品多维度信息,为复杂样品检测提供更全面准确数据支持。样品前处理技术自动化也是集成化重要体现。固相萃取技术通过特定吸附剂选择性吸附与洗脱目标物,实现样品净化与富集,免疫亲和层析利用抗原抗体特异性结合原理高选择性分离目标物,这些技术自动化发展将大幅减少人工操作误差,提高检测效率与重复性。

3.2 智能化与自动化

人工智能技术将深度渗透检验检测全流程,构建"采样-分析-决策"的智能闭环系统。基于深度学习的图像识别技术可自动完成样品外观缺陷检测,在水果分选线中实现每秒数十个果实的实时分级。智能采样机器人将配备多参数传感器,根据环境数据动态调整采样策略,例

如在农田污染调查中,机器人可结合土壤电导率与pH值数据,优先采集高风险区域样品。物联网技术将构建覆盖全产业链的检测数据网络,田间传感器、运输监测设备与仓储终端通过5G通信实时上传数据至云端平台,结合区块链技术实现数据不可篡改与全程可追溯。例如,冷链物流中温度湿度数据与农产品品质指标的关联分析,可为供应链优化提供决策依据。

3.3 便携化与现场快速检测

微型化传感器与便携式设备的普及将检测能力延伸至生产一线。手持式光谱仪利用近红外光谱技术,无需样品预处理即可快速测定粮食水分、蛋白质含量,检测时间从数小时缩短至几秒钟。基于纳米材料的试纸条通过颜色变化直观显示农药残留超标情况,操作简便且成本低廉,适合基层检测人员使用。现场实时检测能力的提升将重构农产品流通模式。在冷链物流中,无线温湿度传感器可持续监测运输环境,异常数据即时触发预警,减少因温度波动导致的品质劣变。在批发市场,快速检测车配备多种便携设备,能在30分钟内完成一批次农产品的重金属、微生物检测,大幅提高流通效率。

3.4 精准化与高通量检测

精准化检测技术正突破传统方法的灵敏度极限。电感耦合等离子体质谱仪可实现纳克级重金属检测,满足对镉、铅等痕量污染物的严苛监管要求。表面增强拉曼光谱技术通过纳米结构增强信号,能检测低至ppm级的农药残留,为食品安全筑牢防线。高通量检测技术通过多目标物同步分析提升检测效率。核酸适配体传感器可同时识别多种病原微生物,检测通量较传统方法提升5倍以上。受体阵列技术利用不同受体分子对目标物的特异性结合,实现复杂基质中数十种成分的并行检测,为农产品质量安全评估提供全面数据支撑。

3.5 绿色与可持续发展导向

检测技术的绿色化转型将从源头减少环境负担。低能耗设计将成为设备研发核心指标,例如采用光致发光原理的传感器可替代传统电化学传感器,显著降低运行能耗^[4]。生物降解材料在传感器制造中的应用将显著减少电子废弃物,淀粉基封装材料与可降解电极的研发已取得突破,在土壤湿度传感器中实现全生命周期环境友好,使用后可在自然环境中快速分解为无害物质。检测方法的绿色化同样关键,超临界流体萃取技术将替代有机溶剂使用,在中药材农药残留检测中大幅减少化学试剂消耗,避免传统方法对土壤和水源的潜在污染,推动检验检测行业向碳中和目标迈进。

结束语

检验检测技术在现代农业中扮演着至关重要的角色,从保障农产品质量安全到提升农业生产效率,其应用贯穿始终。随着科技不断发展,检验检测技术正朝着融合集成、智能自动、便携精准、绿色可持续等方向迈进。持续推动技术创新与应用,充分发挥检验检测技术的优势,能够为现代农业的可持续发展提供坚实的技术保障,助力农业强国建设迈向新的高度。

参考文献

- [1]朱维.农药残留检测技术在食品质量检验中的应用[J].食品安全导刊,2025(1):48-50,54.
- [2]谢婷婷.现代农药残留检测技术在食品安全检测中的应用分析[J].食品安全导刊,2025(1):141-143,147.
- [3]杨帆,肖燃,谢迪佳,等.食品检测技术在农产品质量检测中的应用探讨[J].现代食品,2025(4):176-178.
- [4]李明,张伟,刘洋.精准农业技术的发展趋势与应用前景[J].中国农业科技导报,2022,24(06):123-126.