

粮油作物农药残留污染特点及防控措施

于佳璐

绍兴市食品药品检验研究院 浙江 绍兴 312000

摘要:我国粮油作物种植规模大、病虫害多发,化学农药施用普遍,农药残留成为制约粮油质量安全、威胁人体健康的突出隐患。为厘清粮油作物农药残留污染规律,本文结合粮油种植、加工产业现状,分析农药残留外源输入、迁移转化路径,总结作物类型、种植模式、地域季节带来的残留分异特征,剖析残留隐蔽性污染问题。从源头、过程、加工、检测监管层面构建一体化防控技术体系,针对性制定作物、种植模式、加工用途差异化防控策略。研究旨在完善粮油农药残留管控体系,降低膳食污染风险,保障粮油食品安全,为粮油绿色种植、标准化管控及产业高质量发展提供科学参考。

关键词:粮油作物;农药残留;污染特点;风险评估

引言:粮油作物是保障民生的基础性农产品,涵盖稻谷、小麦、玉米、大豆、油菜等品类,在农业生产体系中占据核心地位。现阶段,为防控病虫害、保障粮油稳产增收,化学农药被广泛应用于种植环节,不规范施药、农药降解缓慢、环境污染富集等问题,导致农药残留超标现象频发。农药残留不仅破坏粮油品质、降低商品价值,还会通过膳食摄入在人体蓄积,诱发慢性疾病,同时造成土壤、水体农业面源污染。基于此,本文系统探究粮油作物农药残留污染特征,梳理残留迁移规律,搭建综合防控技术体系,推行差异化管控方案,助力实现粮油安全、绿色、可持续发展。

1 农药残留的输入途径与迁移转化

1.1 外源输入途径

粮油作物农药残留外源输入以田间人为施药为核心途径,农户在播种、生长、灌浆等生育期喷施杀虫剂、杀菌剂、除草剂,农药直接附着于作物茎叶、籽粒表面,形成初始残留。其次为土壤输入,长期施药致使农药沉积于耕作层土壤,部分难降解农药常年留存,构成持续性污染源。水体沉降也是重要输入方式,农田灌溉水受周边农业、工业污染,含微量农药成分,灌溉时渗入农田。此外,大气干湿沉降不可忽视,喷施农药后部分药剂挥发进入大气,随降雨、扬尘回落至农田。同时,农事器械交叉污染、周边农田农药漂移,也会造成非主动施药区域产生微量残留,多重外源输入叠加加大残留管控难度。

1.2 作物吸收与转运

粮油作物具备完善的吸收转运系统,可通过根系、表皮吸收环境中的农药并在体内迁移富集。根系作为主要吸收器官,能摄取土壤、灌溉水中的脂溶性与水溶性

农药,经木质部向上输送至茎秆、叶片及籽粒等器官。叶面喷施的农药可透过作物表皮角质层渗入植株内部,部分留存于表皮细胞,部分向果肉、籽粒转运。不同作物转运特性存在差异,小麦、水稻等禾本科作物输导管发达,农药更易富集于胚乳;大豆、油菜等油料作物脂肪含量高,易吸附脂溶性农药,残留留存时间更长。作物生育期转运速率不同,灌浆期新陈代谢旺盛,农药富集能力显著提升,是残留管控的关键时期^[1]。

1.3 降解与代谢过程

自然环境与作物生理代谢共同推动农药降解,降低残留污染强度。自然降解包含光解、水解、微生物分解,光照可破坏农药分子结构,雨水冲刷能剥离作物表面残留,土壤微生物可分解有机磷、氨基甲酸酯类农药。作物自身代谢会通过酶促反应分解体内农药,将有毒物质转化为低毒、无毒中间体,实现自我净化。降解速率受农药性质、环境条件影响,低毒易降解农药半衰期短,高温、高湿环境可加快降解;有机氯类高稳定性农药降解周期长达数年,极易长期留存。同时,农户违规缩短安全间隔期,会导致农药未充分降解便采收,大幅提升粮油残留超标概率,加重污染风险。

1.4 加工过程中的残留演变

粮油加工工序会改变农药残留含量与分布,不同加工方式消减效果差异显著。初级加工中,清洗、除尘可去除籽粒表面附着的外源残留,去除率可达20%~40%;脱壳、去皮工序能剥离表层高残留组织,稻谷脱壳后糙米农药残留量明显低于原粮。深加工环节的高温蒸煮、压榨、精炼可分解热敏性农药,油料精炼过程能剔除大部分脂溶性残留。但部分加工方式存在残留富集问题,小麦制粉时农药向麸皮富集,精炼油残渣残留浓度偏

高。此外,加工设备清洁不到位、加工环境污染,易造成二次残留污染。掌握加工残留演变规律,可优化加工工艺,实现加工环节残留精准消减。

2 粮油作物农药残留的分异特征

2.1 作物类型间的差异

不同品类粮油作物生理结构、种植特性不同,农药残留呈现明显分异特征。禾本科粮食作物中,水稻种植环境湿度大、病虫害多发,杀菌剂、杀虫剂施用量大,籽粒表层残留普遍;小麦表皮粗糙,农药吸附能力强,残留留存时间久;玉米抗逆性较强,农药施用频次偏低,残留超标率相对较低。油料作物中,大豆油脂含量高,极易富集脂溶性农药;油菜花期施药频繁,花瓣、籽粒易吸附药剂,残留基数偏大。从残留部位来看,果皮、麸皮、种皮残留浓度最高,胚乳内部残留偏低。依据作物残留差异分类管控,可精准匹配防控手段,降低管控成本,提升治理效率。

2.2 种植模式的影响

种植模式直接决定农药施用强度,造成残留污染程度差异化。规模化集约化种植模式下,病虫害集中爆发风险高,多采用无人机大面积施药,药剂用量大、种类繁多,虽管控规范,但连片种植易造成农药累积,土壤残留问题突出。散户分散种植管控粗放,农户缺乏科学施药知识,存在超剂量、超频次、混配施药行为,违规使用禁限用农药现象频发,残留超标率居高不下。轮作模式可改善土壤环境,减少病虫害滋生,农药施用总量偏低;连作模式病虫害逐年累积,需持续加大用药量,形成污染恶性循环^[2]。露天种植受自然环境影响,农药降解较快;大棚密闭种植降解缓慢,残留富集问题更为严重。

2.3 地域与季节分异

气候条件、种植布局、农耕水平造成农药残留地域与季节分异。南方地区雨水充沛、温度偏高,病虫害世代重叠频发,全年施药频次高,粮油农药残留种类多、复合污染突出;北方地区气候干燥、冬季寒冷,病虫害发生周期短,施药集中在夏秋季节,残留浓度偏低。平原农耕区种植密度大、连片规模化生产,农药漂移、土壤富集现象明显;山区耕地分散、生态环境优良,病虫害基数小,用药量少,残留污染程度较轻。季节层面,春夏生长期病虫害高发,农药施用频繁,残留基数大;秋冬采收期气温偏低,农药降解缓慢,采收粮油残留稳定性强,储存期间不易自然消散。

2.4 残留的隐蔽性特征

粮油作物农药残留具备极强隐蔽性,管控排查难度较大。一是感官隐蔽,残留超标粮油外观、气味无明显

变化,肉眼无法辨别,常规筛选难以剔除污染籽粒。二是富集隐蔽,多数农药渗入作物内部组织,仅表层清洗无法去除,高温蒸煮也难以完全分解。三是复合隐蔽,农户混配施用多种农药,多种残留叠加形成复合污染,单一检测手段难以全覆盖筛查。四是长效隐蔽,部分稳定性农药留存于土壤、水体,来年种植仍会被作物吸收,形成持续性隐性污染。隐蔽性残留不易被察觉,长期微量摄入会损害人体代谢系统,慢性健康风险突出,也是当前粮油质量安全管控的重难点问题。

3 粮油作物农药残留防控技术体系构建

3.1 产地源头减量技术

产地源头管控是降低农药残留的根本手段,核心实现科学减量、绿色防控。首先优化种植布局,推行轮作休耕、间作套种模式,搭配深耕翻土,破坏病虫害生存环境,从源头减少用药需求。其次推广抗性作物品种,选用抗病虫害、抗逆性强的优良粮油品种,降低病虫害侵染概率。推行绿色防控技术,采用杀虫灯、诱虫板、天敌防虫等物理、生物防控方式,替代化学农药。规范田间施药管理,严格遵循GB2763农药残留限量标准,选用低毒、低残留、易降解农药,严控施药剂量、频次,严格遵守安全采收间隔期。同时开展土壤改良,施用有机肥修复污染耕地,降低土壤农药本底残留,筑牢产地安全防线。

3.2 过程控制技术

作物生长全过程管控可阻断农药迁移富集,严控残留增量。建立田间动态监测体系,利用物联网、传感器实时监测病虫害发生态势,精准预判施药时间,实现按需施药。推广精准施药设备,采用无人机定向喷施、静电喷雾技术,提升农药附着利用率,减少药剂浪费与环境漂移污染。强化生长期田间管理,及时清理病残植株,阻断病虫害传播,减少二次用药。规范农事操作,划分施药隔离带,规避周边农田农药交叉污染;管控灌溉水质,净化农田灌溉水源,杜绝污染水体入田。搭建田间溯源台账,记录农药种类、用量、施药时间,实现生长过程全程可追溯,为残留管控、风险排查提供数据支撑^[3]。

3.3 加工环节消减技术

依托粮油加工工艺优化,实现残留末端消减,提升成品安全性。初级加工阶段,优化清洗、除尘、筛选工艺,采用流水冲洗、超声清洗技术,彻底清除籽粒表面附着残留;强化脱壳、去皮、麸皮分离工序,剔除高残留表皮组织。深加工阶段,合理调控加工温度、压力,利用高温分解热敏性农药;油料作物采用精炼脱色、脱

酸工艺,去除脂溶性农药残留。优化加工生产线管控,定期清洁加工设备,杜绝物料交叉污染;分类加工不同产地、不同品质原粮,避免超标粮油混入合格产品。同时,建立加工残留监测节点,在预处理、精炼、成品封装环节抽样检测,动态把控残留变化,保障加工成品达标。

3.4 检测与监管技术

完善检测监管体系,筑牢粮油残留安全防线。检测层面,搭配快速检测与实验室精准检测技术,田间流通环节采用酶抑制法、光谱快检技术,实现现场快速筛查;成品检测依托气相色谱、液相色谱联用技术,精准测定微量残留,覆盖多种农药品类。搭建数字化监管平台,整合种植、加工、流通数据,实行“一品一码”溯源管理,实现全链条信息可查。强化部门监管执法,严查违规生产、禁限用农药售卖、不规范施药等行为,加大产区、批发市场、商超抽检力度。开展农户技术培训,普及科学用药知识,规范施药流程,从意识层面减少人为污染,构建检测、监管、普法一体化管控格局。

4 差异化防控策略

4.1 按作物类型差异化防控

结合不同作物残留特征,制定分类精准防控方案。禾本科粮食作物中,水稻重点管控生长期杀菌剂,优化水田灌溉模式,减少水体农药富集,采收后强化脱壳清洗处理;小麦注重生长期虫害防控,严控药剂喷施剂量,加工中加大麸皮分离力度;玉米简化用药流程,优先采用生物防虫技术,降低残留基数。油料作物针对性管控脂溶性农药,大豆严控花期、结荚期用药,采收后开展油脂精炼提纯;油菜避开花期施药,减少花瓣农药吸附。针对表皮吸附性强、内部富集度高的作物,延长安全间隔期,优化加工剥离工艺;抗逆性强、用药量少的作物,简化管控流程,侧重常态化抽检,提升防控适配性。

4.2 按种植模式差异化防控

依据种植模式管控特点,优化分级防控策略。规模化种植基地推行标准化管控,制定统一施药规范,采用智能植保设备精准施药,建立田间监测台账,定期开展土壤、作物残留检测,重点防控土壤累积污染。散户分散种植强化普法培训,发放科学用药手册,严禁滥用高毒农药,基层农技人员下乡指导施药,降低人为管控疏漏。轮作农田依托种植间隔,开展土壤修复消杀,降

解留存农药;连作农田加大生物防控投入,减少化学农药依赖。露天种植侧重雨季农药冲刷管控,雨后及时监测残留;大棚种植强化通风降解,严控密闭环境农药富集,针对性消除不同种植模式的污染短板^[4]。

4.3 按加工用途差异化防控

结合粮油加工用途分类管控,适配不同产品安全标准。直接食用类粮油,如精米、白面、食用植物油,严格把控全流程残留,采收后深度加工,剥离高残留组织,执行最高检测标准,杜绝超标产品流入市场。工业加工类粮油,侧重控制高毒性农药残留,可适度放宽微量残留管控,降低加工提纯成本。饲料用粮油简化加工工序,重点筛查禁限用农药,避免残留通过畜禽养殖二次富集。储备粮油优先选用低残留原粮,严控采收期用药,延长自然降解周期,储存期间定期抽样检测,防止残留转化富集。分类差异化管控可合理分配防控资源,兼顾食品安全与产业经济效益。

结束语

综上所述,粮油作物农药残留存在多重外源输入路径,作物吸收转运、加工演变加剧残留污染复杂性,同时受作物类型、种植模式、地域季节影响,呈现明显分异特征,且隐蔽性污染风险突出。为有效管控残留污染,需搭建源头减量、过程管控、加工消减、检测监管四位一体防控技术体系,结合作物、种植模式、加工用途推行差异化防控策略。未来应持续推广绿色防控、精准施药技术,完善智能化检测监管体系,加强农户科普培训。同时优化农业种植结构,健全粮油安全管控标准,推动农药残留治理常态化、精细化,全面保障粮油产品质量安全,助力粮油产业绿色高质量发展。

参考文献

- [1]王娉婷,曲菲,盛开,等.食物和环境中的农药残留检测方法研究进展[J].食品安全导刊,2023(24):165-167.
- [2]王元清,李莎,周巧,等.粮油原料中农药使用与残留现状及快速检测技术研究进展[J].食品科学,2023,44(9):287-296.
- [3]范晓光,刘盛星,史珊珊,等.粮油原料中农药残留检测存在的问题与对策[J].食品安全导刊,2024(28):187-189.
- [4]古汶玉,何咏怡. QuEChERS在粮油产品农药残留检测中的应用现状[J].粮食加工,2022,47(2):94-97.