

土壤污染对玉米品质及食品安全的潜在风险评估

高冬梅 王超

吉林省白城市土壤肥料工作站

DOI:10.12238/as.v8i9.3251

[摘要] 土壤污染已经成为影响玉米品质和食品安全的主要因素。诸如重金属、持久性有机污染物、酸化盐渍化和农田微生物群落失衡等多种污染形式,不仅破坏了土壤的物理和化学特性,还通过生物富集机制影响了玉米种子的品质和营养组成,同时也触发了毒性和真菌毒素的风险。为解决上述问题,要通过控源阻断,污染修复,精准施肥,生物调控和全过程储运管理相结合的方式,达到风险源头削减和产后安全保障的目的,为玉米产业高质量发展和食品安全防线建设提供了技术路径和实践支撑。

[关键词] 土壤污染; 玉米品质; 食品安全; 重金属累积

中图分类号: S513 文献标识码: A

Potential risk assessment of soil pollution on maize quality and food safety

Dongmei Gao Chao Wang

Soil and Fertilizer Workstation in Baicheng City, Jilin Province

[Abstract] Soil pollution has become the main limiting factor affecting the quality of corn and food safety. Various forms of pollution, such as heavy metals, persistent organic pollutants, acidification and salinization, and imbalanced microbial communities in farmland, not only destroy the physical and chemical properties of soil, but also affect the quality and nutritional composition of corn seeds through biological enrichment mechanisms, while also triggering the risk of toxicity and fungal toxins. To solve the above problems, it is necessary to combine source control, pollution remediation, precise fertilization, biological regulation, and full process storage and transportation management to achieve the goal of reducing risk sources and ensuring postpartum safety. This provides a technical path and practical support for the high-quality development of the corn industry and the construction of food safety defense lines.

[Key words] soil pollution; Corn quality; Food Safety; Heavy metal accumulation

引言

玉米是一种重要的粮食和饲料作物,玉米的质量和安​​全直接影响着人类健康和农业可持续发展。伴随着工业排放,农业化学投入和不当耕作方式等因素的不断积累,农田土壤污染日益凸显,污染物类型呈现多元化发展趋势,给玉米的生长环境,籽粒品质和食品安全带来复合性威胁。不同种类的污染在影响作物产量的同时也会通过食物链传递给公众健康带来长期潜在危害。系统地辨识土壤污染风险机理,有针对性地提出应对策略是确保玉米产业安全稳定供应的需要。

1 土壤污染概述

土壤污染是有害物质累积到超出土壤环境自净能力而引起土壤理化性质,生物群落结构和生态功能等不良变化的过程。主要来源有矿产开采,冶炼排放,化肥和农药长期超量施用,工业废弃物和生活污水。污染物包括重金属,持久性有机污染物,农用化学残留和酸性或者盐离子。玉米等作物根系容易通过吸

收作用把污染物传递到籽粒中,进而影响作物品质及食品安全。由于土壤环境恢复周期长,污染隐蔽且累积性强等特点,一旦污染形成通常很难扭转,给农业的可持续生产,生态系统的稳定以及人类的健康带来持久的威胁,所以科学的评价和控制就显得格外关键。

2 土壤污染对玉米品质及食品安全的潜在风险评估

2.1 重金属累积导致玉米籽粒品质退化风险

若土壤受镉(Cd)、铅(Pb)、砷(As)、汞(Hg)等重金属污染,玉米可借助根系主动摄取以及被动扩散的模式,高效地把这些金属离子转运至茎叶与籽粒组织内,Cd在种子当中的富集系数可实现0.12至0.35的数值,此数值明显比正常农田背景值(<0.05)要高,若达到国家食品安全标准的上限之外,直接损害其食用意义。当重金属与玉米籽粒里蛋白质及酶活性中心相结合时,它会妨害氨基酸的合成与淀粉粒的造就,这会让籽粒千粒重出现5%–12%的降幅,而且会造成赖氨酸等关键营养成分的含量

下滑,长时间低剂量暴露同样会引发籽粒品质的潜在退化,比如籽粒外观色泽状况变差,萌发率降低,最终波及种子繁育与粮食品质水平。

2.2持久性有机污染物引发玉米食品毒理隐患

多氯联苯(PCBs)、多环芳烃(PAHs)、有机氯农药(如DDT、六六六)等持久性有机污染物(POPs)在土壤中稳定性高、降解周期可持续10~30年,容易被玉米根际吸收或者被大气沉降吸附到植株表面而进入籽粒中。该类污染物脂溶性高,能富集于籽粒胚乳和胚芽处,测试数据表明,POPs污染玉米籽粒部分PAHs总含量能达到国家限值1.5~3倍。机体长期摄取会扰乱内分泌系统,影响肝脏的解毒功能甚至有致突变性和致癌性。与重金属相比较,POPs加工时还很难被洗涤,研磨或者加热等方式除去,残留在食品链上被逐级扩增,给公众健康构成了隐性和长效毒理威胁。

2.3土壤酸化盐渍化致玉米营养成分劣变风险

化肥(尤其是铵态氮肥)的长期过度施用、酸性工业废气沉降现象及灌溉水质不好情况,易引起土壤pH值的下降或可溶性盐分的累积,若土壤pH值减低至5.5乃至更低的情形,玉米根系对钙(Ca)、镁(Mg)、锌(Zn)等微量元素的吸收本领明显减弱,铝(Al^{3+})的活性有所上扬,这对根尖细胞造成有害的后果,进而对根系生长形成抑制。若存在盐渍化条件, Na^+ 与 Cl^- 离子争夺吸收位点,造成 K^+ 、P等营养元素转运的干扰,导致籽粒蛋白质含量减少幅度为3至8个百分点、油脂含量减少约2个百分点,土壤酸化加上盐渍化,还会引起土壤缓冲容量和阳离子交换量的变动,让玉米植株的抗逆本事减弱,籽粒里面抗氧化物质(类似多酚类)水准降低,从而让储存耐性与加工品质均下降。

2.4农田微生物群落失衡引发玉米真菌毒素污染

农田土壤污染(其中包括化学污染和理化条件的改变)会显著扰动微生物群落结构,抑制有益拮抗菌(如木霉、芽孢杆菌)活性,促进黄曲霉、镰刀菌等真菌优势化。特别是在高温和高湿度的环境中,镰刀菌属容易在玉米的穗部被感染,从而产生如呕吐毒素(DON)和玉米赤霉烯酮(ZEA)这样的真菌毒素;检测资料表明,污染农田所产玉米ZEA含量可能高于食品安全标准限值2~4倍。真菌毒素有很强的致畸,致癌和免疫毒性,甚至长期低剂量摄入可引起慢性健康损害。

3 土壤污染对玉米品质及食品安全潜在风险的应对措施

3.1控源阻断与修复结合降低重金属累积水平

构筑“源—田—粒”三道闸的全程控制链条,自起始阶段起,对灌溉水、肥料、有机肥、秸秆还田物做准入检测,同时进行批次留样,灌溉水得按季度进行总硬度及重金属(Cd、Pb、As、Hg)谱筛的相关检测,唯有合格之后才可备案实施灌溉;含磷肥料携带的杂质金属检验报告与超限批次退回事项。运用1ha网格执行DTPA提取态重金属的快速甄别,凭借其生物有效性,对其进行分类,分为“安全种植”“限食”“管理优先”三个层级,另外在播种作业的规划路径上增添风险网格,做到机具端RTK位置对限制

地带的自动绕开。治理优先网格推行“钝化操作,接着调pH,再迁移拦截”流程:将质量分数处于1%~2%的生物炭或铁锰氧化物基复合钝化剂条带混拌进0~20cm范围,播前做一次性施加操作;选用0.8~1.2t/ha的石灰或碳酸钙,分阶段施用,维持耕层pH值处在6.5到7.0之间;田间沟际安置10~15cm的沸石-膨润土拦截带,以降低侧向补给情况。在作物生长季,借助以10~20kg/ha硅肥床施和0.2%锌肥叶喷的举措,分别于拔节期与灌浆期各开展一次喷洒,可切实抑制Cd的协同吸收进程;选取低积累品种,落实“拔节-吐丝-蜡成熟”三时点的籽粒或叶片便携式XRF抽查,确定种植阶段临界值与收获阶段警戒线。

3.2有机污染治理与检测溯源协同防控毒理隐患

为应对POPs/PAHs这类有机污染物不易降解且高脂溶难题,在现场实施“固定-降解-截断”一体化技术举措,在执行固定操作的阶段,把粒径处于0.2~1mm的活性炭以0~15cm比例混合进表土,缓解污染物生物可利用的情形;将 10^7 ~ 10^8 CFU/g的白腐菌和假单胞菌复合菌剂投至沟带,再覆盖一层厚度为5~7cm的成熟秸秆,作为碳进行共代谢的物质源头,保障土壤温度维持在20~30°C的水平,在田间持水量介于60%~70%的微好氧条件里维持30~45天,以此推动其分解。在休耕的时间阶段,对残留数值高的网格开展原位化学氧化(如过硫酸盐活化、过氧化氢催化等手段)点源注入,控制渗流路径方向,同步开展氧化还原电位实时监测,防范产生二次污染隐患,在作物栽培环节,借助覆盖地膜以及中期叶面喷施可食性包埋材料(像0.1%~0.2%环糊精溶液)来降低大气再沉降吸附,与此同时提升洗脱的难度。

3.3改良调控与配方施肥减缓酸化盐渍化危害

聚焦于酸化与盐渍化的根由,对土壤缓冲、离子竞争、水盐运移三方面加以协同干预,针对酸化地块,着重进行碱性调理剂、缓释氮源及有机碳的投入:参考交换性酸跟有效铝的测定结论,按需施用石灰或者白云石粉,每公顷用量在0.5~1.5t范围,把物料翻入15~20cm深的土壤中,把土壤pH调控至6.0~6.8作为目标;让氮肥结构调整成“30%控释+70%常规”的模式,且要让硝态/铵态的比例不低于4这个标准:进而减少氢离子的释放规模;把腐熟后的秸秆还田,或者运用2~4t/ha的商品有机肥,可增进阳离子的交换功效与缓冲功效。盐渍化网格以“排—压—换”组合方式实施:开展针对暗管或表沟的修复,实现春季灌溉前的排盐,播种前做轻度的盐分洗脱,实现表面电导率的减小;处于滴灌状态下施加 Ca^{2+} 来源(选用1~2t/ha石膏粉或含适量钙的冲施肥料,每次投入的量是40~60kgCaO每公顷,以钙替换钠,采用覆盖的方式抑制蒸发;中后期依据叶片中钾离子含量与土壤电导率(EC)开展钾、磷动态补钾操作,维护K/Na拮抗的有利形势,推动渗透调节与酶活进步。

3.4生物修复与储运管控协同抑制真菌毒素生成

以真菌毒素从田间到仓储的形成流程为核心,实施由“抗源、抑菌、烘干、清洗、冷链等”构成的五段式防治措施,当玉米在田间生长到6~8叶这一阶段,借助滴灌方式添入枯草芽孢杆菌/木霉复合菌剂($\geq 10^8$ CFU/mL)和生防酵母,对穗部开展喷施

作业,以达成微生物屏障的形成并争抢营养位点,进而达成拮抗生物与内生菌群的重新组建;播种前拌种添加内生固氮与解磷复合菌进而增强根际免疫,降低伤口染病几率。在养分跟水分管理范畴,拔节至灌浆阶段,田间持水量宜维持在60%-70%,以防田间湿度过大引发穗腐病害;中微量元素借助Zn,分次以B喷施叶片,提升穗轴完整性与籽粒角质层致密程度,减少真菌入侵途径,收获阶段采用“含水率阈值采收”策略:只有籽粒水分 $\leq 24\%$,方可开展机收,入仓前24至48小时期间实现热风或低温干燥处理,使水分降低到13%上下0.5个百分点;马上凭借比重风筛和光选手段剔除破碎粒,霉变颗粒及虫蛀颗粒,掐断高毒素“热点颗粒”传播渠道。在仓储阶段,运用密闭通风与环流熏蒸组合手段,且搭配在线温湿度及二氧化碳传感元件,要是温度升高超过 2°C ,又或者 CO_2 有异常状况,就启动通风或局部冷却;长期储存之际,仓内相对湿度控制成 $< 65\%$,粮温低于环境温度 $5-10^{\circ}\text{C}$ 。运输过程秉持“烘干-清洁-冷链为首”的批次准入原则,确保篷布与料仓于每次周转完成后采用高压蒸汽或70%酒精开展清洁,杜绝交叉污染问题的滋生。

4 结束语

土壤污染对玉米品质及食品安全影响具有隐蔽性,累积性

及长期性等特点,其风险防控需从源头削减,过程管理至终端管控等环节进行全过程推进。重金属,有机污染物,酸化盐渍化与微生物群落失衡应采取农业管理,生态修复,精准监测与质量追溯相结合的多维措施进行协同治理。实现科学治理和系统防控既能促进玉米营养安全水平提高,又能为农业绿色转型及粮食安全战略的实施提供扎实支持。

[参考文献]

[1]张传华,张凤太,刘力,等.地质高背景区耕地土壤污染风险综合评价及安全分区[J].中国土壤与肥料,2024,(10):52-59.

[2]陈礼瀚,吕奇蔚,张光正,等.生物有机肥对土壤镉形态及玉米镉积累的影响[J].华中农业大学学报,2024,43(5):126-131.

[3]苏艳芳,李明丽,赵培强,等.矿区周边农田土壤与玉米作物重金属污染研究[J].应用化工,2024,53(05):1234-1237.

[4]武清贵,李文琪,贺俊翔,等.四个玉米品种在镉污染土壤中的产量和农艺性状表现[J].南方农业,2023,17(22):40-42.

作者简介:

高冬梅(1968--),女,汉族,吉林人,本科,高级农艺师,研究方向为农学。