

Risk management and control of vomitoxin and zearalen in corn acquisition in Northeast

Liying Qin

Central Reserve Grain Hunchun Directly Subordinate Warehouse Co., Ltd., Tailai, Heilongjiang, 133300, China

Abstract

As the primary corn production region in China, Northeast China faces critical challenges from vomitoxin (DON) and zearalen (ZEN) contamination that threaten corn quality and safety. This study examines these toxins' hazards and current contamination levels in Northeastern corn fields, considering regional climatic characteristics, toxin pollution status, and local influencing factors. It analyzes the unique characteristics of corn procurement in the region and their impact on contamination risks. Through tailored approaches including biological control measures, field interventions, policy support, and comprehensive supply chain management, the research proposes risk mitigation strategies for DON and zearalen contamination. These measures aim to ensure corn quality safety and promote sustainable development of the corn industry in Northeast China.

Keywords

vomiting toxin; maize tricothene; northeast corn; acquisition risk; ground food; mycotoxin control

东北地区玉米收购过程中呕吐毒素与玉米赤霉烯酮风险管理与控制

秦丽莹

中央储备粮珲春直属库有限公司，中国·黑龙江 泰来 133300

摘 要

东北地区作为中国玉米主产区，呕吐毒素（DON）和玉米赤霉烯酮（ZEN）污染已成为威胁玉米质量安全的核心问题。本文聚焦东北地区，结合东北气候特点、毒素污染现状、地域性影响因素，阐述了这两种毒素的危害及在东北地区玉米中的污染现状，分析了东北地区玉米收购的特点及其对毒素污染的影响，结合东北地区特点，从生物防治与田间干预、政策支持、全链条管理方面，深入探讨呕吐毒素与玉米赤霉烯酮的风险管理与控制，旨在保障东北地区玉米质量安全，促进玉米产业健康发展。

关键词

呕吐毒素；玉米赤霉烯酮；东北玉米；收购风险；地趴粮；真菌毒素控制

1 引言

玉米是我国重要粮食作物，东北地区是其主产区，在保障国家粮食安全等方面作用重大。但受气候、生产模式和储存方式等影响，东北玉米在生长、收获、储存中易受霉菌污染，呕吐毒素（DON）和玉米赤霉烯酮（ZEN）污染问题突出，会降低玉米品质，威胁人畜健康，造成经济损失。近年来，玉米深加工产业发展，市场对原粮质量要求提高，真菌毒素污染制约东北玉米产业发展，收购环节毒素超标问题影响农民收益和企业经营。本文分析毒素危害、污染现状，结合东北地域等因素，提出系统性方案，为提升东北玉米质量安全水平提供依据

【作者简介】秦丽莹（1984-），女，中国黑龙江泰来人，本科，工程师，从事粮食检验研究。

2 呕吐毒素与玉米赤霉烯酮的危害及污染现状

2.1 呕吐毒素与玉米赤霉烯酮的危害

呕吐毒素又称脱氧雪腐镰刀菌烯醇，由于它们具有很高的细胞毒素及免疫抑制性质，对人类及动物的健康构成了威胁，特别是对免疫功能具有明显的影响。根据 DON 的剂量和暴露时间不同可引起免疫抑制或免疫刺激。当人摄入了被 DON 污染的食物后，会导致厌食、呕吐、腹泻、发烧、站立不稳、反应迟钝等急性中毒症状，严重时损害造血系统造成死亡。由于中国传统饮食习惯中粮谷比例大大高于西方，使得呕吐毒素的危害更为突出。玉米赤霉烯酮具有雌激素的作用，可造成家禽和家畜的雌激素水平提高。如母猪假发情、不孕、流产等，对畜牧业的发展造成巨大损失。同时，人类长期摄入含有这两种毒素的玉米及其制品，也会对健康产生潜在威胁。^[5]

2.2 东北地区玉米中呕吐毒素与玉米赤霉烯酮的污染现状

东北地区气候独特,夏季高温多雨、秋季气温骤降、冬季寒冷潮湿,为霉菌生长繁殖提供了适宜环境,水分、温度、湿度是影响真菌毒素生长的关键因素。相关调查显示,东北部分年份玉米中呕吐毒素和玉米赤霉烯酮污染严重,低洼易涝及储存不佳地区毒素超标率高。吉林省白城市检测数据具代表性,2023年新收获玉米中,DON检出率达81.0%,超标率3.5%;ZEN检出率73.5%。2021-2024年调查显示,东北地区ZEN超标率高于全国其他地区。且不同区域污染程度有差异,吉林中西部等地是重点污染区。此外,东北玉米真菌毒素污染还表现出共存特性,多种毒素共存或增健康风险与经济损失。^[2]

3 地域性影响因素

3.1 种植环节的影响

品种选择与耕作习惯也是影响区域污染水平的重要因素。东北部分地区长期种植同一类型玉米品种,缺乏抗病性轮替,导致镰刀菌等病原菌在土壤中持续积累。加之部分地区农户为追求高产而过度密植,造成田间通风透光不良,增加了穗腐病的发生风险,为毒素形成提供了前期基础。研究显示,感染穗腐病的玉米果穗中DON含量可达健康果穗的数十倍甚至上百倍。^[3]

3.2 传统储存方式的影响

水分控制是储存环节的核心问题。东北地区新收获的玉米水分普遍偏高,黑龙江省新季玉米收获时水分含量通常在28%-35%之间。若不能及时降至安全水分(14%以下),真菌繁殖风险急剧上升。在烘干能力方面,东北地区的大型粮食收购企业和贸易商基本在产区设立自有粮库,并配备烘干设施,实现烘干和储存一体化。然而,分散农户往往缺乏专业烘干设备,依赖自然晾干,延长了高水分玉米的暴露时间。^[4]

传统储存方式“地趴粮”是导致东北玉米毒素污染的另一个关键因素。所谓“地趴粮”,是指玉米收获后直接堆放在地面储存的方式,在东北农村地区广泛存在。调查数据显示,采用地趴式存放的玉米因通风不良、湿度难以控制,其真菌毒素含量显著高于科学储存的玉米,平均高出15%以上。这种储存方式使玉米持续暴露在高湿环境中,为真菌生长和产毒创造了条件。特别是秋冬季节气温波动导致的结露现象,进一步加剧了毒素积累过程。据估算,东北地区每年因“地趴粮”霉变造成的经济损失平均达产量的2%,相当于每公顷损失约200公斤玉米。

4 东北地区玉米收购特点及其对毒素污染的影响

4.1 收购规模大

东北地区是我国重要的商品粮基地,玉米种植面积广,

产量高,每年的玉米收购量巨大。大规模的收购意味着涉及的玉米来源广泛,不同产地、不同种植条件下的玉米质量差异较大,增加了呕吐毒素和玉米赤霉烯酮污染的不确定性。

4.2 收购时间集中与售粮高峰特征

东北玉米收购体现出时间集中性和双高峰现象。一般情况下,黑龙江省玉米收购时间为每年的12月中旬至第二年的3月末,吉林省为每年的11月末至第二年的5月末,辽宁省收购时间是每年11月至翌年3月底,内蒙古则为每年的12月至第二年的4月。这一收购时间与东北地区无霜期短、冬季寒冷漫长的气候特点有关。由于近几年来暖冬现象的频繁出现,玉米中呕吐毒素和玉米赤霉烯酮的污染情况呈现上升趋势。

在售粮模式上,东北农民表现出两个明显的售粮高峰期:一是春节前(因近50%的东北农民依赖玉米收入置办年货,吉林更是高达80%);二是3月备耕前(农民需将玉米变现购买种子、化肥等农资)。这种集中售粮模式在短期内形成巨大的市场供应压力,导致部分玉米未能及时干燥处理,尤其是遇到暖冬,及在传统的家庭储存模式下,为真菌毒素滋生创造了有力的条件。

5 收购环节风险管理措施与实践

5.1 现场检测技术应用与技术瓶颈

玉米收购环节,快速准确检测毒素是防控污染首道防线。东北地区粮食收储企业和加工厂广泛采用如上海飞测生物的真菌毒素荧光定量快速检测系统,30分钟内可定量测定多种真菌毒素,操作简便、结果准确,适合现场大批量筛查,已用于中储粮收购。但中小型收购点和养殖户缺乏专业检测能力,多凭肉眼判断霉变,存在缺陷。且快速检测技术有不足,抽样代表性影响检测误差,非仲裁方法易引发分歧,准确性和精密性也有待提升,尤其是低浓度检测。^[5]

5.2 价格机制与质量控制

针对真菌毒素污染问题,东北地区大型玉米加工企业已建立起严格的质量分级和价格扣减体系。以吉林梅花氨基酸有限责任公司为例,该公司在2025年7月13日执行的玉米收购标准中明确规定:DON含量在1000-2000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 之间的,每吨扣减30元;超过2000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 的直接拒收;ZEN含量在60-100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 的,每吨扣减20元;100-200 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 的扣减40元;超过200 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 的扣减高达140元。这种基于毒素含量的差异化定价机制,不仅有效降低了企业的原料风险,也从经济角度激励农户重视质量控制。

5.3 仓储管理优化措施

为从源头降低毒素污染风险,东北地区正在积极推动科学仓储体系建设。针对传统“地趴粮”储存方式的弊端,有关部门大力推广“离地、通风、干燥”的仓储原则,具体措施包括:搭楼子(离地仓储架)、上栈子(通风储存仓)

或码趟子（窄堆通风存放）等。实践证明，采用离地储存方式的玉米，其 DON 和 ZEN 含量可比地趴式存放降低 40%-60%，霉变率降低 2-3 个百分点。

在收购环节仓储管理中，分类储存是控制毒素扩散的关键。吉林中粮生化等大型企业要求不同来源和质量的玉米实行分区存放，对毒素含量接近临界值的玉米实行单独存放、优先使用原则。同时，通过改造仓储设施，增加通风系统和温湿度监控设备，有效抑制了仓储期间真菌的生长繁殖。如中央储备粮直属粮库引入的智能粮情系统，可实时监测粮堆内部温湿度变化，及时预警可能出现的霉变风险，使储存损失率降低至 0.5% 以下。

6 东北地区特色防控策略

6.1 生物防治与田间干预

6.1.1 生物防治

针对东北地区玉米真菌毒素污染问题，生物防治技术的推广与应用展现出巨大潜力。先正达公司开发的 Afla-Guard 生物防治剂，利用无毒菌株（非产毒黄曲霉菌）的竞争性抑制作用，可有效降低田间产毒真菌数量。该产品通过独特的颗粒载体将无毒真菌孢子散布于田间，使其在玉米生长环境中形成优势种群，从而抑制产毒真菌的生长繁殖。在吉林松原地区的试验表明，使用 Afla-Guard 可使玉米收获时的 DON 含量降低 50%-70%，ZEN 降低 40%-60%，效果显著。

6.1.2 抗病品种推广

在抗性品种推广方面，东北地区依托先正达、Corteva 等种业企业的技术优势，加快抗病品种的选育与应用。Corteva Agriscience 与孟山都合作开发的 Corn Rootworm III 转基因抗虫玉米，通过减少虫害造成的伤口，有效阻断了真菌侵染途径。该品种在黑龙江双城地区的示范种植表明，穗腐病发生率降低 45%，毒素含量相应下降。此外，东北农业大学选育的“东农 254”等常规抗病品种，在不依赖转基因技术的情况下，也表现出对镰刀菌的良好抗性，适合在东北中南部地区推广。

6.2 政策支持

通过省级和县级财政资金支持，2022 年，吉林省通过推进庭院立体储粮、建设集中储粮点、完善粮食产后服务等措施开展“地趴粮”整治，有效减少粮食损失。截至 2022

年 11 月底，吉林省农户立体储粮率达 90.5%，其中，省内西部“地趴粮”问题突出的 14 个重点县、市立体储粮率达 80.8%；其他县、市立体储粮率达 98.7%。立体储粮不仅让农民在卖粮时有了更多选择，减少的粮食损失也带来实实在在的收益。仅喇嘛甸镇种植玉米的农户共有 5539 户，种植面积达 8053 公顷，产量在 10.1 万吨左右。据估算，预计减少粮食损失 2400 吨，相当于 3000 多亩地一年的收成。

6.3 全链条管理

实施全链条风险管理是解决真菌毒素污染问题的根本途径。东北地区探索建立的“田间-储存-收购”全过程监控体系，通过关键点控制实现风险最小化。在田间管理环节，重点监控抽雄至收获期的气象条件，建立毒素风险预警模型；在储存环节，推广水分快速检测和干燥技术，确保入仓玉米水分 $\leq 14\%$ ；在收购环节，实施“初检-复检-仲裁”三级检测机制，减少质量争议。

7 结语

东北地区玉米真菌毒素污染具普遍性与区域性，DON、ZEN 污染突出且多毒素共存。气候和储存方式是关键影响因素，收获季高湿及“地趴粮”增加污染风险，收购集中量大带来挑战。对此，建议推广离地仓储技术，补贴小农户；强化快速检测能力，普及技术、提高设备精度；发展绿色防治技术，扩大示范、推广轮作；构建全链条追溯体系。未来研究应聚焦真菌毒素消减技术，加强区域合作，以应对污染挑战，保障东北玉米产业可持续发展。

参考文献

- [1] 谭洪波, 牟沿华. 白城市新收获玉米真菌毒素污染状况分析[J]. 粮食科技与经济, 2023, 48(01):87-89.
- [2] 中国饲料中黄曲霉毒素 B1、脱氧雪腐镰刀菌烯醇和玉米赤霉烯酮污染状况大揭秘[J]. Journal of Animal Science and Biotechnology, 2025, 6(3).
- [3] 范楷, 祭芳, 徐剑宏, 等. 长三角地区市场常见农产品中 40 种真菌毒素的污染状况和特征分析[J]. 中国农业科学, 2021, 54(13):2870-2884
- [4] 柴海燕, 潘艺元, 白雪, 等. 蚜虫危害与玉米果穗镰孢菌组成及毒素污染关系分析[J]. 中国农业科学, 2024, 57 (16) : 3171-3181
- [5] 牛桂芬, 牛梦宇. 国内粮食市场快检仪器的使用现状及前景应用[J]. 粮食与食品工业, 2023, 30(05):59-61.