

粮油储藏过程中虫害防治的绿色方法研究

樊赫 孙继红

四平市产品质量检验院, 中国·吉林 四平 136001

摘要: 随着全球对食品安全与生态保护的关注度提升, 粮油储藏虫害防治正从化学依赖型向绿色可持续模式转型。尽管面临抗药性、技术成本、标准缺失等挑战, 但智能监测、纳米材料、基因编辑等技术的突破为可持续发展提供了新路径。论文主要介绍了粮油储藏过程中虫害问题, 分析了目前虫害防治绿色方法使用现状, 阐述了虫害防治绿色方法主要类型与运用, 对粮油储藏中虫害防治绿色方法发展进行展望, 希望能够降低传统化学防治的使用, 采用绿色方法, 提升粮油储藏虫害防治水平。

关键词: 粮油; 储藏; 虫害防治; 绿色

Research on Green Methods of Pest Control in the Process of Grain and Oil Storage

He Fan Jihong Sun

Siping Institute of Product Quality Inspection, Siping, Jilin, 136001, China

Abstract: With the increasing global attention to food safety and ecological protection, pest control in grain and oil storage is transforming from chemical dependence to green and sustainable mode. Despite challenges such as drug resistance, technology costs, and lack of standards, breakthroughs in technologies such as smart monitoring, nanomaterials, and gene editing have provided a new path for sustainable development. This paper mainly introduces the problem of insect pests in the process of grain and oil storage, analyzes the current status of the use of green methods for pest control, expounds the main types and applications of green methods for pest control, and looks forward to the development of green methods for pest control in grain and oil storage, hoping to reduce the use of traditional chemical control and adopt green methods to improve the level of pest control in grain and oil storage.

Keywords: grain and oil; storage; pest control; green

0 前言

中国作为人口大国, 受到自然条件的限制, 粮食供应受到自然气候影响显著, 因此加强粮油储藏, 具有重要战略意义。长期以来, 粮油储藏过程中面临各种虫害的威胁, 为了保证粮油储藏质量, 采用化学防治的方法成为各个粮油储藏单位的主要方式。但是随着绿色发展理念的兴起, 采用物理防治等其他虫害防治方法, 正在替代化学药剂, 成为虫害防治的主要方式。只有从粮油储藏中虫害的种类与特点出发, 发挥物理防治与生物防治的优势, 才能提高粮油储藏管理水平。

1 粮油储藏过程中虫害问题简析

1.1 常见的虫害种类

中国粮油储藏主要以大米、小麦、大豆为主, 因此常见的虫害种类也主要以这几类农作物害虫为主。常见的虫害主要有麦蠹、玉米象、豆蠹、赤拟谷盗等。麦蠹主要寄生在麦子中, 玉米象则是以玉米为食物, 豆蠹则主要寄生在豆类食物上。此外, 在粮油储藏中, 还包括一些成品与杂粮种类, 如赤拟谷盗喜欢侵害米、面、杂粮等谷物。这些虫害具有繁殖速度快、常温环境下活跃性好等特点, 在繁殖过程中还会

分泌出生物毒素, 影响粮油的质量。在虫害防治过程中, 需要根据虫害的生物特点, 在保证粮油储藏品质的情况下实现虫害防治。

1.2 常见虫害繁殖途径及条件

影响虫害繁殖的主要因素有温度、湿度、环境等因素, 因此对于虫害的防治要先从虫害的繁殖条件入手, 通过环境的改变来降低虫害的繁殖速度。多数虫害的繁殖温度范围较窄, 集中在 0°C ~30°C。当温度低于或高于这个范围时, 虫害的繁殖速度会明显减缓或停止。在湿度影响因素中, 虫害更加喜欢潮湿的环境, 当环境干燥时, 虫害的繁殖明显降低。根据对虫害的研究, 相对湿度达到 50% 以上时, 虫害繁殖的速度明显增加。此外, 湿度还会影响粮油的储存质量, 容易引起粮食的霉变, 特别是湿度较高时, 会增加粮食的呼吸效率, 降低粮食的品质。需要定期通风, 降低粮食的湿度。从粮油储存发生的虫害环境看, 还会受到光照等外界因素的干扰。例如光照、震动等都会对虫害的繁殖产生影响。因此, 在粮食储存过程中, 需要注意控制环境因素, 以减少虫害繁殖的机会。

1.3 对粮油的危害程度

粮油储存过程中, 虫害对粮油的危害程度也不尽相同。

一些虫害在粮油中繁殖,会降低粮油的品质,导致粮油变质,出现异味,一些虫害还会分泌有毒物质,导致粮油无法食用。从现有的防治措施看,粮油储藏过程中要想完全杜绝虫害是很难做到的,但是通过多种方法,降低虫害的繁殖速度,当虫害数量较少时,对粮食的危害就相对较小。此外,降低虫害的繁殖速度,使整个虫害规模处于合理范围内,也会起到良好的防治效果,因此在粮油储存过程中,需要及时发现,采用正确的虫害防治措施进行防治。

2 粮油储藏过程中虫害的防治现状

目前,在粮油储藏过程中,对于虫害的防治主要有化学防治(占比约 65%)、物理防治(占比约 20%)、生物防治(占比约 10%)、综合防治(占比约 5%),随着绿色环保理念的盛行,传统化学防治中存在农药残留、污染环境等问题被越来越多人认识到。物理防治、生物防治、综合防治方法代表粮油储藏虫害防治新趋势,但是受到技术与成本的限制,现有的虫害防治仍然以化学防治为主,因此出现以下突出问题。

2.1 虫害出现抗药性

化学防治过程中使用大量农药,然而随着时间的延长,在虫害防治中,一些害虫的抗药性显著提升,这给虫害防治带来新的挑战。例如,以赤拟谷盗为例,其抗药性上升 12 倍,谷蠹抗药性上升 8 倍,玉米象抗药性上升 5 倍。从全球范围看,粮油储藏中,化学防治虽然方法简单,成本较低,但是长期使用后,主要虫害抗药性上升明显,需要不断加大化学药品用量,这就带来成本的显著上升。虫害出现抗药性,还对虫害防治带来一系列潜在影响,容易导致环境生态失衡,不利于农业的长远发展。

2.2 农药使用出现环境污染与有毒物质残留

随着化学防治方法的普遍使用,在粮油储藏中,出现农药残留,不仅会对环境产生污染,也会影响人体的健康。在虫害防治过程中,化学药剂的使用,在经过分解后,需要较长的时间才能完全消失。以磷化氢为例,该物质在虫害防治中,年排放量超 8 万吨,大气半衰期达 3~5 年,长年累月的使用,会对周围大气环境产生污染,进入自然循环后会进入人体的食物链,造成生态灾害。在粮油储藏中使用化学药剂,还会出现残留,影响粮油的食用安全。例如,粮食中溴甲烷残留检出率,发展中国家仓储粮 3.2%,长期使用,会影响人体的身体健康。

2.3 绿色技术发展缓慢,发展不平衡

随着粮油储存技术与理论的发展,在虫害防治过程中,采用物理方法、生物治理、综合治理等途径逐渐成为虫害防治的有力措施。相比化学防治方法,物理防治方法与生物治理对环境的影响较小,更加适合现代绿色发展理念。当前,粮油储藏过程中,绿色技术虫害防治主要在欧美等发达国家,一方面,由于绿色虫害防治方法对于资金的投入较高,

在初期需要投入大量设备,对现有粮油储藏环境进行改造,以便适应新技术的要求;另一方面,目前发展中国家对于绿色防治虫害的认识不足,更加偏好传统化学防治手段。受到技术与资金的限制,目前绿色虫害防治在一些高等级粮库中取得显著应用,在一些农户粮油储藏环节,则以化学防治为主,绿色虫害防治技术发展不平衡。

3 粮油储藏过程中绿色虫害防治方法

3.1 低温冷藏技术

在粮油储藏过程中,多数虫害喜欢温度范围在 20℃~30℃,在这个范围内,虫害活跃,繁殖能力强,因此降低储藏温度,采用低温冷藏技术,不仅可以降低虫害的繁殖,还能将绝大多数害虫冻死,使其失去繁殖能力。根据对小麦、玉米、大豆、水稻等主要粮油虫害的统计,当在 15℃以下时,低温冷藏会抑制害虫代谢,10℃时赤拟谷盗 21 天死亡率 98%。低温冷藏技术还能有效降低粮食的呼吸消耗,提高粮食的储藏时间。传统低温冷藏技术需要耗费大量电力,投入成本高,而近年来,采用新能源为主要供能方式,在低温冷藏中采用光伏制冷系统,使仓储能耗降低 40%,从而确保低温冷藏技术应用范围得到拓展。例如,日本的一些大型粮库,在粮油储藏过程中采用阶梯降温(20℃→15℃→10℃),虫害发生率下降 92%。

3.2 辐照处理治理虫害

在粮油储藏过程中,采用辐照处理的方法治理虫害,也是一种绿色环保的方法。通过辐射,能够破坏病虫害的生物组织,使其失去生命与繁殖能力。根据统计,采用电子束发射剂量在 0.5~1.0kGy 时,害虫死亡率可以达到 100%,而粮油的营养损失小于 0.3%,采用 γ 射线照射时,辐射剂量在 0.3~0.7kGy,害虫死亡率高达 99.9%,营养损失率在 0.8%。需要注意的是,辐照处理虫害,还需要考虑人们的观念接受。部分人群认为经过辐照处理后的粮油会产生有毒物质,从而有顾虑心理。世界卫生组织经过试验,确认 1kGy 以下辐照无毒性物质生成,因此辐照处理虫害安全性可以得到保证。此外,部分粮油还需要考虑到种植问题,辐照处理后会存在无法发芽繁殖的问题,因此在使用范围上具有局限性。

3.3 生物防治技术

在粮油储藏虫害防治中,生物防治技术主要采用利用释放虫害天敌与微生物制剂相结合的方式,这样可以最大程度达到虫害防治绿色无污染的目标。在释放虫害中,需要根据粮油中的昆虫种类,选择相对应的天敌。例如,麦蛾茧蜂在玉米象的幼虫寄生率可以达到 83%,一只黄色花螬每天可以捕食 15 头谷蠹,对于虫害防治效果明显。在实践中,采用释放虫害天敌,一般采用 1 : 50 (天敌 : 害虫) 比例释放,每隔 21 天补放 1 次,这样可以达到虫害防治目标。在微生物制剂防治中,制作苏云金杆菌 (Bt),当孢子浓度在 1×10^8 CFU/g 时,玉米象 7 天死亡率 91%,与硅藻土复配可

延长持效期至 120 天。培育白僵菌分生孢子 1×10^7 个/mL 处理小麦, 谷蠹感染率 89%。目前微生物防治虫害已经实现商业化, 具有效果好、成本低等优势, 适合大型粮油储藏机构。

3.4 采用植物源防治技术

在虫害防治过程中, 部分植物中的活性成分对虫害防治也有效果, 这些植物成分安全环保, 采用生物提取技术, 提取其中的活性成分, 也可以实现虫害的绿色防治。例如, 我们常见的除虫菊中的除虫菊酯、薄荷中的薄荷醇, 对于虫害防治效果良好, 被广泛应用在杀虫剂、蚊香中。采用植物源防治技术, 还可以运用纳米载体技术, 将植物提取成分用纳米载体处理后, 可以提高虫害的防治效果。例如, 负载印楝素后缓释时间延长至 30 天, 包埋率 $\geq 85\%$, 控释效率提高 3 倍, 纳米处理小麦的杀虫持效期达传统方法的 2.5 倍。

3.5 气调防治技术

在粮油储藏虫害防治中, 根据虫害的生物特点, 采用气调防治技术, 能够使虫害无法呼吸, 破坏其生理循环, 从而实现虫害治理的目的。在气调防治中, 主要采用氮气气调、二氧化碳气调的方式, 这两种气体制备简单, 灭虫效果好, 同时对人体没有危害。氮气气调中, 需要对粮油仓储空间的氧气浓度进行调节, 使其降低到 2% 维持 21 天, 各虫态死亡率 100%。目前, 在氮气气调中, 采用智能化控制系统使氮气消耗降低 35%。通过对现有的粮油仓储进行改造, 能够提高氮气的制备效率, 降低制备成本。二氧化碳气调则需要提高二氧化碳的浓度达到 60% 持续 10 天, 成虫死亡率 99%。在气调防治技术运用过程中, 还可以配以湿度调节, 以便缩短灭虫时间, 降低气调的成本。

4 粮油储藏中虫害防治绿色方法展望

4.1 技术革新方向

随着生物技术的发展, 在虫害防治过程中, 通过基因编辑的方法, 培育抗虫新品种, 可以在一定程度上杜绝虫害。例如, 2023 年, 中国农科院成功培育出表达 Bt 蛋白的转基因小麦, 田间试验显示虫害率降低 89%, 且无营养损失。此外, 对于虫害的防治, 可以运用 RNA 干扰技术, 将靶向沉默害虫关键基因 (如几丁质合成酶), 实现对虫害的致死。对于一些天然抗虫基因进行标记, 并将其运用生物基因技术, 将其引入到农作物中, 培育具有抗虫基因的新品种。在虫害防治中, 还可以运用纳米技术, 将其作为载体, 提高虫害的防治效果。新型物理防治技术如太赫兹辐照、等离子体活化水处理等技术的运用, 在虫害防治上也从实验室开始进入实际

应用中。

4.2 加强政策推进, 建立绿色虫害防治标准

随着绿色发展理念的宣传, 世界各国也开始认识到虫害防治绿色方法的生态意义。《粮食绿色储藏公约》草案拟规定 2035 年化学药剂使用量减少 70%, 欧盟已承诺提前至 2030 年, 通过碳交易机制, 鼓励企业在虫害防治过程中获得碳积分, 催生高达 50 亿美元级绿色防治市场。具体到中国虫害绿色防治方案, 中国提出到 2030 年, 绿色储粮技术覆盖率达到 80%, 化学药剂使用量减少 60%, 智能粮库建设 2000 座。通过国际政策与国家政策的推动, 提升虫害防治绿色方法的使用占比。在虫害绿色防治方法推广上, 建立全球协作网络, 135 国参与共建 10 万+ 传感器网络, 实时共享 32 种主要仓储害虫数据。考虑到发展中国家技术与资金薄弱, 受到虫害的影响更大, 因此需要发达国家对非洲等不发达地区进行技术与资金支持, 提升不发达国家与地区的粮油虫害防治水平。

到 2035 年, 预计绿色防治技术将覆盖全球 60% 以上粮库, 化学药剂依赖度降至 20% 以下, 真正实现“虫口夺粮”向“生态护粮”的历史性跨越。这一转型不仅关乎粮食安全, 更是人类与自然和解的关键实践, 标志着农业文明向生态文明的深刻演进。

5 结语

绿色防治技术通过多学科交叉与智能系统集成, 正在重塑粮油储藏虫害防控范式。尽管面临成本与技术要求等挑战, 但其在食品安全、生态保护方面的核心价值不可替代。未来需构建“技术—政策—市场”协同机制, 推动绿色防治从实验室走向大规模应用, 为全球粮食安全提供可持续解决方案。

参考文献:

- [1] 彭雨晴, 樊琦, 唐思, 等. 农户粮食产后前端储藏环节减损对策研究[J]. 粮油食品科技, 2023, 31(6): 179-184.
- [2] 赵敏, 吴晓光, 张学峰, 等. 大豆储藏技术研究进展[J]. 粮油仓储科技通讯, 2024, 40(3): 14-19.
- [3] 符云辉, 王南, 王建闯. 低温储藏高水分稻谷与常规储藏安全水分稻谷效果对比研究[J]. 粮食储藏, 2021, 50(6): 16-21.
- [4] 李冰. 浅析玉米储存品质控制指标[J]. 市场调查信息, 2021(2): 1.

作者简介: 樊赫 (1991-), 女, 满族, 中国吉林舒兰人, 工程师、检验员, 从事食品检验研究。