

不同气调浓度在浅圆仓实仓杀虫效果研究

王向阳 卢振杰 杜勇 徐辉 杜顺扬
广东省储备粮管理集团有限公司东莞直属库
DOI:10.32629/as.v9i6.4088

[摘要] 氮气气调属于绿色无污染、安全可靠的储粮害虫防控技术,为优化华南地区储粮氮气气调杀虫工艺,本文依托大直径实仓筒仓开展杀虫试验,探究95%、96%、97%、98%四种氮气浓度对常见储粮害虫的灭杀效果。试验结果表明:95%氮气浓度无法满足短时高效的气调杀虫作业要求;氮气浓度 $\geq 96\%$ 时可呈现优良的杀虫效果,且氮气对不同储粮害虫的毒杀作用存在显著差异性,害虫敏感程度排序为:玉米象>锈赤扁谷盗>赤拟谷盗>谷蠹。综合试验灭杀效果与经济性考量,优选97%氮气浓度、28d密闭保持时间作为气调杀虫工艺参数,该工艺可彻底灭杀供试虫种,在保证杀虫效果的前提下降低氮气使用浓度,有效缩减气调杀虫作业成本。

[关键词] 不同浓度; 氮气气调; 储粮害虫; 杀虫效果

中图分类号: S433.89 **文献标识码:** A

Study on the Insecticidal Effects of Different Gas-Maintaining Concentrations in Shallow Round Storage Chambers and Full Storage Warehouses

Xiangyang Wang Zhenjie Lu Yong Du Hui Xu Shunyang Du

Dongguan Directly Affiliated Warehouse of Guangdong Provincial Grain Reserve Management Group Co., Ltd

[Abstract] Nitrogen modified atmosphere technology is an environmentally friendly and safe method for the control of stored-grain pests. To optimize the nitrogen modified atmosphere insecticidal process for grain storage in South China, field experiments were conducted in large-diameter grain silos to investigate the insecticidal efficacy of four nitrogen concentrations (95%, 96%, 97%, and 98%) against common stored-grain pests. The experimental results indicated that the nitrogen concentration of 95% failed to meet the requirement of short-term and efficient insecticidal treatment. Nitrogen concentrations of 96% and above exhibited favorable insecticidal performance. Moreover, nitrogen treatment showed significant differences in toxicity to various stored-grain pests, and the pest susceptibility was ranked as follows: *Sitophilus zeamais* > *Cryptolestes ferrugineus* > *Tribolium castaneum* > *Rhyzopertha dominica*. Considering both insecticidal efficiency and economic cost, the optimized technical parameters were determined as a nitrogen concentration of 97% and an airtight retention time of 28 days. This treatment could completely eliminate all tested insect species. The optimized concentration reduced nitrogen consumption while ensuring insecticidal effect, which effectively decreased the operational cost of nitrogen modified atmosphere disinsection.

[Key words] Different Concentrations; Nitrogen Modified Atmosphere; Stored-grain Pests; Insecticidal Effect

1 前言

粮食事关国运民生,粮食安全是国家安全的重要基础,但是粮食在储藏期间易受害虫、虫螨以及微生物的危害,给粮食的质量、数量带来巨大损失^[1]。目前我国大多数粮库仍以磷化铝等化学药剂为主的环流熏蒸技术作为杀虫的主要措施^[2],该方式存在一定的安全隐患,且长期使用害虫抗药性不断增强。氮气气调作为一种新型的储粮技术,绿色环保无污染并且比绝大多数熏蒸剂更安全,具有杀虫、防虫、抑菌等优点^[3]。我国大多数粮库已展

开氮气气调绿色储粮技术应用,并取得不错成效^[4]。气调防治储粮害虫的效果主要取决于仓房气密性、气体浓度、暴露时间与虫种等多种因素,不同储粮害虫在气调过程中对氮气的耐受性显著不同。目前粮库普遍采用的氮气气调杀虫工艺为向粮仓内充入98%以上的高浓度氮气并维持不少于28d的方法,但是大多数储粮仓房的气密性难以长时间维持高浓度氮气,在氮气杀虫期间需要经常补气,而不同储粮害虫在气调过程中的耐受性显著不同,若针对所有的储粮害虫采用相同的气调杀虫工艺会增加储粮成本^[5-6]。

本试验为研究不同储粮害虫对不同浓度氮气的耐受性,采用不同浓度的氮气对玉米象、杂拟谷盗、谷蠹等储粮害虫进行密闭处理,探索杀死不同储粮害虫所需的氮气浓度与保持时间,为提高氮气气调杀虫效果,降低气调能耗提供数据支持;为探索高温高湿地区高浓度氮气对不同储粮害虫的作用效果,总结气调杀虫规律。

2 实验材料与方法

2.1 实验仓房及设备

选择我库大直径筒仓Q46仓为实验仓房,仓房信息如下表1所示:

表1 仓房基本信息

试验仓房	粮食品种	粮食数量(t)	仓房直径(m)	空间体积(m ³)	半衰期(s)
Q43	小麦	20000	29	5962	2880

2.2 供试试虫

谷蠹、玉米象、赤拟谷盗、锈赤扁谷盗取自我库仓内。该批试虫使用碎小麦、燕麦片、酵母粉(3:3:1)混合饲料饲养,自然繁殖超10代,挑选适宜虫龄及虫态的害虫作为试虫。

2.3 实验设备

制氮机组: 大连力德产, 型号为LDPN-400/99.5, 产气量为, 350m³·h⁻¹, 氮气纯度为99.5%; 设备主要由空压机、冷干机、制氮机组组成。

氧气浓度传感器: 彭云物联产, 型号为S21A7-2500。

2.4 实验方法

虫笼制备: 选取塑料瓶作为虫笼载体, 于瓶体上半部分均匀扎设透气孔; 采用防虫网覆盖透气孔, 并通过扎带捆绑固定, 防止害虫逃逸。

每个虫笼放置30头试虫并放置添饲料(小麦+小麦粉), 每个虫种做三组平行, 并在仓外做一组对照实验。将虫笼以及氧气传感器用塑料绳悬挂在自然通风口处, 放置于下方粮面处。制氮机采用上充下排工艺对实验仓房进行充气, 平均氮气浓度达到98.5%后关机, 氮气浓度分别为98.5%、98%、97%开始放置虫笼每隔24h进行一次统计, 统计试虫死亡率以及是否出现假死情况。

实验结束后: 取出试样, 将试虫取出培养14天, 检查并计算试虫死亡率。

3 数据分析

每组实验数据取3次结果的平均值, 采用Orign8.5软件绘图, Excel2017作表。

4 结果与分析

4.1 98%氮气浓度对害虫的影响

本次试验数据表明, 在高浓度氮气密闭胁迫条件下, 谷蠹、赤拟谷盗、锈赤扁谷盗、玉米象四种常见储粮害虫的死亡率与气调处理时长呈显著正相关, 随着密闭处理时间的不断延长, 低氧高氮环境对供试害虫的毒害作用加剧, 害虫致死率持续升高。

各类供试害虫对高氮环境的耐受能力存在显著性差异, 虫体敏感程度各不相同, 其中玉米象对氮气胁迫最为敏感, 抗逆性最弱, 在试验条件下第4 d即可实现全部死亡; 其余虫种完全致死时间依次为: 锈赤扁谷盗5 d、赤拟谷盗6 d、谷蠹7 d, 谷蠹耐受能力最强, 为本次试验抗性优势虫种。因此, 高浓度氮气持续气调处理7 d后, 可对耐受性最强的谷蠹实现良好灭杀效果, 有效压制害虫种群增殖, 进一步达成储粮害虫消杀防控的治理目标。

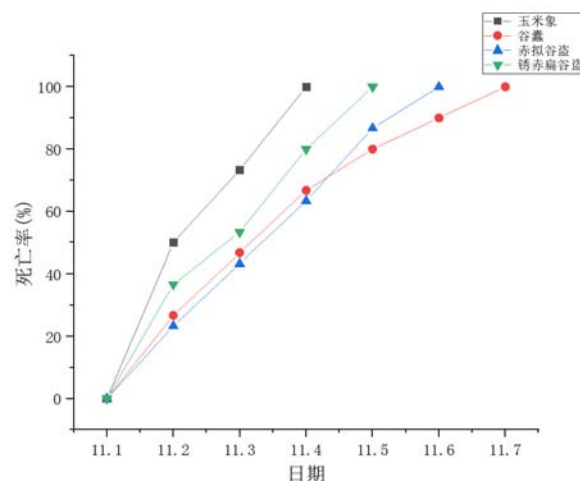


图1 98%以上氮气处理对害虫的影响

4.2 97%—98%氮气浓度对害虫的影响

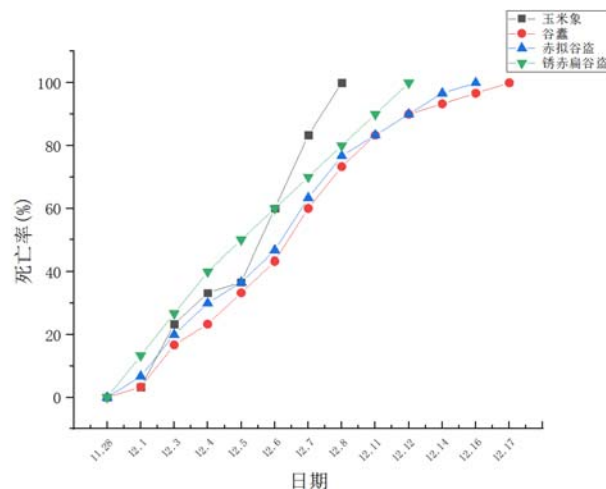


图2 97%—98%以上氮气处理对虫害的影响

本次试验数据表明, 在97%—98%氮气密闭胁迫条件下结果表明: 四种储粮害虫的死亡率与气调密闭处理时长呈正相关。随着密闭处理时间持续延长, 低氧高氮的胁迫环境对供试害虫的生理毒害作用较大, 害虫活动能力持续衰退, 致死率随处理时长递增。同时, 不同种类储粮害虫对高氮低氧环境的耐受能力存在显著物种差异, 其中玉米象对高氮胁迫最为敏感, 环境抗逆性最弱, 在同等气调处理条件下更易死亡。在试验条件下第10d即可实现全部死亡; 其余虫种完全致死时间依次为: 锈赤扁谷盗14 d、赤拟谷盗18d、谷蠹19 d, 谷蠹耐受能力最强。因此, 高浓度氮气持续气调处理19d 后, 同样对耐受性最强的谷蠹实现良

好灭杀效果,有效压制害虫种群增殖,达成储粮害虫消杀防控的治理目标。

4.3 95%—96%氮气浓度对害虫的影响

本次试验数据表明,在95%~96%中低氮气浓度密闭胁迫环境下,谷蠹、赤拟谷盗、锈赤扁谷盗以及玉米象四种常见储粮害虫的死亡规律具有一致性,害虫死亡率随氮气密闭保持时间的延长呈现缓慢上升趋势。从灭杀效果来看,该浓度梯度下不同虫种耐受差异较为明显,其中敏感程度最高的玉米象在密闭处理29 d后可实现全部死亡;而谷蠹、赤拟谷盗与锈赤扁谷盗抗性更强,经95%~96%氮气浓度持续处理30 d后,虫体死亡率仍未达到100%,无法彻底根除害虫种群。试验结果证实,95%~96%的氮气浓度杀虫速率缓慢,灭杀周期过长,无法满足粮仓短时高效的气调杀虫作业需求,若要在此浓度条件下实现完全杀虫,需进一步延长密闭处理时长。在实际粮仓氮气气调作业中,为保障气调消杀质量、杜绝残留虫体再次繁育,杀虫工艺参数需以耐受性最强的虫种作为判定标准,以此保证所有供试害虫均可被彻底灭杀。综合本次试验虫种的耐氮特性与致死规律,在实际生产应用中,可选用氮气浓度 $\geq 96\%$ 、密闭保持时间29 d的气调杀虫工艺,该参数既能够彻底灭杀四类储粮害虫,又可为华南地区同类高温高湿粮库的气调作业提供工艺参考。

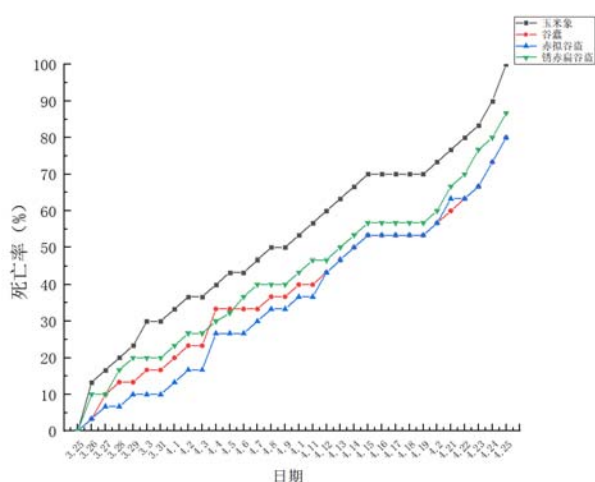


图3 95%—96%以上氮气处理对虫害的影响

5 结论

氮气气调作为典型物理防虫手段,凭借无毒无残留、环境友好等优势,已成为国内大型储备粮库绿色防控的主流技术。在气

调胁迫体系中,氮气浓度与密闭周期是决定杀虫成效的两大主控因素,适当提升气体浓度、延长密闭作用时间,能够持续加剧低氧胁迫强度,加快虫体死亡进程。由于不同储粮害虫长期适应仓储微环境,各类虫种的抗逆生理结构存在物种分化,对高氮低氧环境的耐受阈值差异显著。因此,单一固化的高浓度气调工艺难以兼顾经济性与适用性,生产过程中应结合粮仓优势虫种的抗性特征,针对性优化氮气浓度与密闭时长,实现精准防治。

本试验实仓试验数据表明,在95%~96%低氮气浓度条件下,尽管害虫死亡率随密闭时间延长缓慢上升,但谷蠹、赤拟谷盗、锈赤扁谷盗表现出极强的环境耐受性,持续密闭30 d仍有存活个体,说明该浓度梯度胁迫强度不足,消杀周期冗长,难以满足现代粮仓快速控虫的生产需求。在 $\geq 97\%$ 的高氮处理条件下,四种供试害虫的死亡时序虽存在明显差异,但均呈现出浓度越高、致死周期越短的变化特征,高浓度氮气的胁迫增效作用极为显著。结合虫种抗性差异及经济成本综合研判,确定最优工艺参数为氮气浓度97%、密闭保持29 d。该方案打破传统98%高浓度用气标准,在彻底灭杀全部供试害虫的前提下,有效降低氮气制备成本与频繁补气带来的能耗损耗。研究结果可为华南高温高湿地区大直径筒仓优化气调工艺提供数据支撑,为构建低能耗、低成本、无污染的绿色储粮体系提供理论参考。

参考文献

- [1]赵志模.农产品储运保护学[M].中国农业出版社,2001.
- [2]贾浩,姚亚亚,周晨霞,等.气调储藏小麦研究现状与展望[J].粮食与油脂,2022,35(08):23–25.
- [3]武传欣,武传森,程小丽.氮气气调储粮应用研究[J].粮食加工,2013,38(05):64–67.
- [4]张来林,金文,付鹏程,等.我国气调储粮技术的发展及应用[J].粮食与饲料工业,2011(09):20–23.
- [5]吴若旻,王殿轩,姜雪,等.多杀菌素对储粮害虫谷蠹磷化氢抗性和敏感品系的毒力比较[J].河南农业大学学报,2010,44(02):202–205.
- [6]沈波,雷梦续,唐建伟,等.氮气浓度对不同储粮害虫杀灭效果的研究[J].粮食储藏,2025,54(04):64–67.

作者简介:

王向阳(1996—),男,汉族,河南安阳人,硕士研究生,研究方向:粮食储藏。