

食品级惰性粉气溶胶技术防虫效果研究

汪中明¹,李燕羽¹,张振军¹,齐艳梅²,石天玉¹,张涛¹,

季振江³,杨旭³,张宏宇⁴,曹阳¹

(1. 国家粮食局科学研究院,北京 100037;2. 河南工业大学粮油食品学院,河南 郑州 450001;
3. 清苑国家粮食储备库,河北 保定 071000;4. 山东费县鲁南国家粮食储备库,山东 临沂 237400)

摘要:惰性粉气溶胶防虫技术是通过风机驱动使气溶胶化惰性粉以气固两相流的形式均匀分布到粮堆粮粒空隙内的技术。研究了平房仓横向通风系统下惰性粉气溶胶防治害虫的效果。结果显示,气溶胶的施用方式对于粮堆中扁谷盗类害虫具有很好的杀虫效果,当实测气溶胶浓度低于0.5 mg/kg左右时,害虫死亡率接近100%。

关键词:食品级惰性粉;横向通风;气溶胶;防虫

中图分类号:S 379.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7561(2015)S-0075-04

Effect of food - grade inert dust aerosol against insects pests in grain warehouse

WANG Zhong - ming¹, LI Yan - yu¹, ZHANG Zhen - jun¹, QI Yan - mei², SHI Tian - yu¹,
ZHANG Tao¹, JI Zhen - jiang³, YANG Xu³, ZHANG Hong - yu⁴, CAO Yang¹

(1. Academy of State Administration of Grain, Beijing 100037;
2. College of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou Henan 450001;
3. Qingyuan State Grain Reserve Depot, Baoding Hebei 071100;
4. Shandong Feixian Lunan State Grain Reserve Depot, Linyi Shandong 273400)

Abstract: The new technology that the food grade inert dust was sprayed into space and driven into the interspace of grain pile by ventilation fans is called technology of food grade inert dust aerosol control insects. The effect of the new technology was assessed by the test in grain store houses with transverse ventilation. Results showed that the aerosol phase of the inert powder can take the particles initiative to come into contact with pests of the grain heap to kill the pests. When the aerosol concentration was about 0.5 mg/kg, many kinds of pests in the grain store houses, especially *Cryptolestes pusillus*, were effectively killed.

Key words: food - grade inert dust; transverse ventilation; aerosol; pest control

为了顺应粮食行业新形势发展的需要,粮食储藏技术必须向“绿色健康”、“环保低碳”方向发展^[1]。因此,在储粮害虫防治方面,非化学防治害虫技术越来越受到全球学者的关注。食品级惰性粉就是具有杀虫作用的食物添加剂,是一种物理杀虫方法^[2-3]。

食品级惰性粉气溶胶(以下简称惰性粉)防虫技术,就是利用惰性粉颗粒小、比重低的物理特性,

在具备通风系统的粮仓内,通过喷粉机将惰性粉喷施到竖向通风系统粮仓的粮堆上部或横向通风系统的通风管道内的空间,与空气形成气固两相的气溶胶,再通过风机驱动使气溶胶化的惰性粉形成气固两相流,进入到粮堆粮粒缝隙或空隙中,在粮堆表层形成保护层或者进入整个粮堆,发挥防止粮食结块和防虫杀虫的作用^[4]。

根据储粮通风工艺中气流流向和分布的不同,可以把储粮通风分为竖向通风和横向通风两大类^[5]。前期,我们在竖向通风系统仓房内对该技术进行测试,了解了惰性粉气溶胶进入粮堆的分布特征以及对害虫的防治效果。而横向通风系

收稿日期:2015-02-10

基金项目:十二五国家科技支撑计划项目(2013BA17B04)国家粮食公益专项(201313002);国家国际科技合作项目(2013DFA31960)

作者简介:汪中明,1971年出生,男,副研究员。

通讯作者:曹阳,1958年出生,男,研究员。

统的设计形式是通风道在仓房檐墙南北两侧垂直放置,粮面覆膜,气流接近水平穿过粮层^[6]。因此,对于惰性粉气溶胶防虫技术来说,由于粮面覆膜,没有了粮堆上部空间,喷粉的位置和空间需要改变。此外,气流穿过粮层的方向的差异,必然也会导致惰性粉气溶胶在粮层中的扩散和分布,也会导致对害虫的防护效果的差异。本实验的目的是评价在横向通风系统粮仓内惰性粉气溶胶防虫技术的防治效果。

1 材料与方法

1.1 试虫

土耳其扁谷盗(*Cryptolestes turcicus*)和长角扁谷盗(*Cryptolestes pusillus*):国家粮食局科学研究院提供,每种50头成虫装入100目尼龙筛绢制作的100 mm×200 mm的试虫笼内,加入10~50 g的碎麦。

1.2 材料与设备

食品级惰性粉:国家粮食局科学研究院提供;3F-30喷粉机;4-72-4.5型变频器(7.5 kW),4-72-4.5型离心风机(7.5 kW)4台;河北省高碑店市鼓风机厂;风速仪;压力计;毕托管;温湿度仪;CQM-2仓房气密性检测装置;CCZ20粉尘采样器。

1.3 实验仓基本情况

清苑国家粮食储备库装有横向通风系统的9号高大平房仓,仓房尺寸为60 m×21 m×11 m,粮高为6 m。储存小麦,产地河北,入仓时的平均水分12.5%,数量5 466 t,入仓时间2014年8月。

装入小麦后,平整粮面,采用双槽的气调槽管、橡胶管和专用膜将粮面密封。用气密性检测装置和压力计测定密封粮堆压力由-300 Pa升到-150 Pa的半衰期 $t_{1/2}$ 。

1.4 施粉方法

将4台7.5 kW风机,根据喷粉的方向,安装在喷粉侧对面的4个通风口上,负压吸出式通风,产生横向通风气流。设定剂量为10 mg/kg,共喷施50 kg惰性粉。

启动风机,通风1 h后,用4台喷粉机,将喷粉管插入通风机对面通进风口,向主风道内喷施,喷施完设定量后,结束喷粉,然后继续通风1 h后停机,结束操作。

1.5 施粉过程中惰性粉气溶胶浓度检测

1.5.1 喷粉对侧主风道内粉尘取样

在仓房对侧第二个通风道口与风机的软连接处接入一根气体粉尘取样管,延伸到主风道0.5 m处,

连接粉尘采样仪。开始喷粉后,采集主风道内粉尘样品,粉尘采样器根据说明书操作。采样时间为60 min,编号为1。

1.5.2 粮堆内粉尘取样

喷粉结束后30 min,在仓内距离喷粉端11 m处选择一个截面,在此截面上设置3个取样点,分别正对着支风道1、5、9。深度约30 cm,采集3个粮堆内的粉尘样品,采样时间为20 min,样本编号分别为2、3、4。

1.5.3 气溶胶浓度计算

将所采集样本用万分之一天平称重,用下列公式计算气溶胶浓度。

$$\text{惰性粉气溶胶浓度: } C = \frac{M}{V}$$

式中:C—惰性粉气溶胶浓度,mg/L;M—采集惰性粉重量,mg;V—采集时间内的空气体积,L。

$$M = \text{采集后滤纸重量} - \text{滤纸初始重量}(\text{mg});$$

$$V = \text{采集时间}(\text{min}) \times \text{采样器流量}(\text{L}/\text{min});$$

其中,采样器流量为20 L/min。

1.6 粮堆内试虫笼布置

整个粮堆沿横向通风气流的方向(南北)选择4个竖直截面,分别是N1(紧靠支风道10 cm以内)、N5、N6、N7,用于布置虫笼的横坐标点(见图1)。

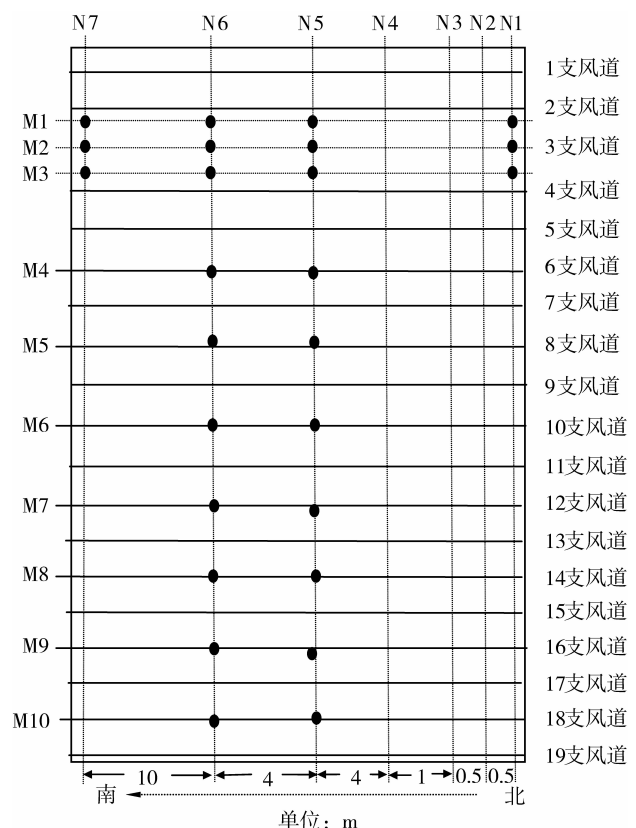


图6 试虫笼分布示意图

全仓从东向西选取7个截面,分别是M1、M2、M3、M5、M7、M8、M9,其中M1为第2和第3支风道之间的截面,M3位于仓门中间的截面,M7位于第12支风道截面,M8位于第14支风道截面,M9位于第16支风道截面,M10位于第18支风道截面用于布置虫笼的纵坐标点。在粮堆表层下20~30 cm处共布置8个虫笼,分别记为:N1-M3、N5-M7、N5-M8、N5-M9、N5-M10、N6-M3、N6-M9、N7-M1。另设两个不施粉对照虫笼,置于与本仓环境相同的其它未施粉仓房。

1.7 杀虫效果检测

惰性粉喷施结束后1 h,在粮堆中取出埋放的试虫笼。回到实验室检查,记录死虫数。再将试虫笼内碎麦与试虫放入培养瓶后,将培养瓶放置于30℃、湿度70%的培养箱中培养,以后每天检查一

次死虫数,持续检查10天。

2 结果与分析

2.1 粮粒间隙惰性粉气溶胶浓度

由于采样设备和时间所限,本实验在对侧主风道和粮堆内部共设置了4个采集点。通风期间主风道平均气溶胶浓度为0.039 mg/L(1号样本)(见表1)。与喷粉侧距离11 m的截面上3个样本(2、3、4)的平均浓度为0.089 mg/L,是主风道内惰性粉浓度的2.3倍,表明粮堆中惰性粉气溶胶的浓度要高于出风口的浓度,可能是由于惰性粉两相流在粮堆的穿行过程中,惰性粉粉粒不断的被粮粒所吸附,其气溶胶浓度随着气流向另一侧移动而逐渐降低。可以推测在末端采集的惰性粉气溶胶浓度应该是最低浓度,在粮堆中粮粒间扩散的气溶胶浓度均应大于0.039 mg/L。

表1 主风道和粮堆内惰性粉气溶胶采样检测结果

编号	采集前滤纸质量/g	采集后滤纸质量/g	增重/mg	取样时间/min	浓度/(mg/L)	浓度/(mg/kg)	备注
1	0.078 1	0.082 8	47	60	0.039	0.2	主风道
2	0.082 1	0.085 5	34		0.085	0.43	
3	0.080 2	0.084 3	41	20	0.103	0.51	喷粉结束后,粮堆内
4	0.083 4	0.086 5	31		0.078	0.39	

2.2 惰性粉气溶胶杀虫效果

对照虫笼内未见死亡害虫,预埋于粮堆内虫笼内的害虫除了位于N5-M8处的土耳其扁谷盗成虫死亡率为78%外,其它各虫笼内害虫死亡率均接近100%(表2)。首先表明惰性粉对扁谷盗类害虫有较好的杀虫效果。预埋的虫笼在喷粉结束后1 h就带出仓房,表明粮堆中2~3 h的气溶胶环境下接触到的粉粒足以杀死全部害虫。大多数害虫均在2~4天内死亡,少数害虫直到喷粉10天后才死亡。

长角扁谷盗与土耳其扁谷盗相比,对惰性粉更加敏感。与喷粉端不同距离的截面之间预埋虫笼内害虫死亡率没有显著差异,表明惰性粉气溶胶能够从粮堆一侧随气流扩散至粮堆另一侧。不同东西向截面上放置虫笼的死亡率也无显著性差异,包括正对着仓门的M3中的害虫也全部死亡,证明了惰性粉气溶胶在东西向扩散的均匀性。

表2 横向通风惰性粉气溶胶防虫试验埋入粮堆的试虫笼内试虫死亡结果

试虫种类	位置	处理后试虫死亡数/头					累计死亡率/%
		1d	2d	3d	4d	10d	
长角扁谷盗	N5-M7	6	40	47	50	-	100
	N5-M9	3	47	47	50	-	100
	N5-M10	3	23	25	28	48	96
	N6-M9	0	6	50	-	-	100
	N6-M3	21	50	-	-	-	100
	N7-M1	46	50	-	-	-	100
	对照1	0	0	0	0	0	0
土耳其扁谷盗	N1-M3	4	9	48	50	-	100
	N5-M8	3	3	16	25	39	78
	对照2	0	0	0	0	0	0

注:放入每个试虫笼每种害虫数量为50头。

3 结论与讨论

气溶胶粮堆处理技术是风机驱动使气溶胶化惰性粉以气固两相流的形式均匀分布到粮堆粮粒空隙

内的技术。该技术的应用属于首创。通过预埋于粮堆中的虫笼内的害虫死亡率以及惰性粉喷洒过程中气溶胶采样结果来看,横向通风系统的惰性粉气溶胶施用技术能够使惰性粉颗粒在粮堆内扩散,并且对扁谷盗类害虫具有较好的杀灭效果。

粮粒间隙中惰性粉气溶胶浓度测定结果显示,与喷粉侧距离 11 m 的截面上样本的平均浓度为 0.089 mg/L,根据气溶胶随着气流向另一侧移动,惰性粉颗粒逐渐被粮粒吸附而尝试逐渐降低的推测,可以判断距离喷粉端 20 m 截面处的惰性粉气溶胶浓度要小于 0.089 mg/L。惰性粉密度约等于 $2 \times 10^5 \text{ g/m}^3$,计算出该浓度相当于 0.46 mg/kg,远远低于之前报道的惰性粉或者硅藻土的施用浓度^[3,7],这种低剂量的惰性粉具有较好的杀灭效果,表明以气溶胶的方式施粉,由于惰性粉颗粒是以主动的方式接触害虫,一方面增加了粉粒进入害虫节间膜的机率,提高了其对害虫的致死能力;另一方面,以气溶胶的方式在粮粒间隙扩散,能够增加接触害虫的

机会,提高了惰性粉的有效效率,从而减少惰性粉剂量,依然能够达到很好的杀虫效果。在今后实仓应用惰性粉对扁谷盗类害虫进行防治过程中,为了达到理想的防治效果,又能大幅度降低使用成本,需要进一步探索如何尽量长时间的保持粮粒间隙惰性粉气溶胶状态。

参考文献:

- [1] 吴子丹. 绿色生态低碳储粮新技术[M]. 北京:中国科学技术出版社, 2011:1.
- [2] 刘小青,曹阳,李燕羽. 硅藻土杀虫剂的研究和应用进展[J]. 粮油仓储科技通讯,2006,24(1):23-26.
- [3] 王晶磊,徐威,曹阳,等. 不同仓型惰性粉防治储粮害虫效果研究[J]. 粮食储藏,2011,40(1):7-12.
- [4] 沈波,黄志军,金建德,等. 平房仓创新通风技术方式探析[J]. 粮油仓储科技通讯,2014,30(3):51-53.
- [5] 曹阳,魏雷,赵小津,等. 粮仓横向通风方法及其系统[P]. 中国专利:2009100850931, 2009-06-01.
- [6] 粮食储运国家工程实验室. 粮食储藏“四合一”升级新技术概述[J]. 粮油食品科技,2014, 22(6):1-5. 