

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.02.019

粮面压盖密闭对磷化氢熏蒸防治锈赤扁谷盗的减量增效作用研究

田 军¹, 周井坤¹, 郭宝元²

(1. 河北开源粮油储备库有限公司, 河北 石家庄 051130;

2. 国家粮食和物资储备局科学研究院, 北京 100037)

摘要:以某储备库30号高大平房仓为实验仓,用聚苯乙烯泡沫板对粮面进行压盖密闭,辅以食品级惰性粉粮面30 cm以下拌药,实现了 PH_3 膜下低浓度环流熏蒸。与采用传统熏蒸技术的相同仓型对28号对照仓房相比,30号实验仓房用药量为20 kg,相比减少37.5%, PH_3 浓度半衰期延长一倍以上,达到19 d, PH_3 在设定浓度以上 150 mL/m^3 保持28 d以上。相比28号对照仓杀虫率在45%~65%之间,30号实验仓杀虫率达到100%。说明压盖后的膜下环流熏蒸不仅可以减少磷化铝使用量,还可以大大提高对高抗性害虫锈赤扁谷盗的杀灭效果,达到磷化铝减量增效的目的。

关键词:膜下环流熏蒸;惰性粉;磷化铝减量增效;锈赤扁谷盗

中图分类号:TS205.9;S379.5 文献标识码:A 文章编号:1007-7561(2020)02-0115-05

Effect improvement by the grain surface membrane sealing during the *cryptolestes ferrugineus* prevention with phosphine fumigation

TIAN Jun¹, ZHOU Jing-kun¹, GUO Bao-yuan²

(1. Grain and Oil Reserve Depot of Hebei Provincial Grain Bureau, Shijiazhuang, Hebei 051130, China;

2. Academy of National Food and Strategic Reserves Administration, Beijing 100037, China)

Abstract: Aluminium phosphide should be reduced in recent years, until the substitute was developed and employed. A low PH_3 concentration circulating fumigation by sealing grain surface with polystyrene foam plate was developed combined with food grade inert powder flour mixture (LPCFSP). The performance of LPCFSP was studied in No. 30 large ware house with No. 28 large ware house as control, which was fumigated with conventional method. LPCFSP could reduce 37.5% aluminium phosphide to 20 kg. The half-life of PH_3 was doubled to 19 days and the period of PH_3 above 150 mL/m^3 was more than 28 days in No. 30. The insect killing rate of high-resistance pest *cryptolestes ferrugineus* was 100% in No. 30, which was considerably higher than that in No. 28 with a killing rate of 45%~65%. The study proved that LPCFSP can be recommended for the high performance in aluminium phosphide reducing and insect killing.

Key words: sub-membrane circulation fumigation; inert powder; low concentration phosphine; *cryptolestes ferrugineus*

锈赤扁谷盗属鞘翅目,扁谷盗科,是高抗性

品系、危害较为严重的第二食性害虫。在河北省各地粮库一年四季均有发生。粮仓发生该害虫时,其局部虫口密度往往相当大,有的甚至达到100头/kg以上,大量繁殖常常会导致粮食局部发热、霉变,直接影响粮食的安全储藏。2017年对

收稿日期:2019-09-19

作者简介:田军,1977年出生,男,高级工程师,研究方向为粮食储藏。

通讯作者:郭宝元,1976年出生,男,博士,研究员,研究方向为粮油食品安全。

某储备库 30 号仓房进行 PH₃ 整仓环流熏蒸, 其他储粮害虫玉米象、赤拟谷盗、书虱均得到杀灭, 而对锈赤扁谷盗杀灭效果不明显。

为了更有效防治锈赤扁谷盗, 同时响应高毒农药磷化铝限用的政策, 在实验仓内进行粮面密闭隔热压盖, 然后采用低浓度 PH₃ 环流熏蒸防治锈赤扁谷盗, 取得良好效果。

1 材料与方 法

1.1 实验仓房

实验仓房是 30 号仓房, 为 2003 年建成的高大平房仓, 仓房长 41.55 m、宽 23.15 m、存粮线高度为 6.00 m, 仓房体积 9 684 m³, 仓内布有一侧三组、一机三道地上笼风道。30 号仓房为 2017 年 8 月入库完毕的当年一等硬质白小麦, 水分 11.5%, 杂质 0.8%, 散装粮食粮堆体积 5 654.3 m³, 存粮数量 4 625 t, 粮堆高度 5.92 m。

仓内环流系统设计: 对在粮面下 60 cm 处, 沿仓房横向用 14 根 PVC 管按“非”字形铺设环流熏蒸管道, 在环流熏蒸管上分段开孔, 开孔处用纱布包裹, 环流总管在墙壁处用软连接管和固定在墙体上的环流出气管相连接。

为了便于对比实验效果, 选定相同仓型的 28 号仓作为对照仓房, 仓房长 41.55 m, 宽 23.15 m, 存粮线高度为 6.00 m, 仓房体积 9 684 m³。28 号仓存储的是 2014 年入库的硬质白小麦, 水分 11.8%, 杂质 0.5%, 散装粮食粮堆体积 5 730.8 m³, 存粮数量 4 708 t, 粮堆高度 6.00 m。该仓在此次对照实验中未进行粮面压盖和惰性粉拌药, 熏蒸采用粮面自然潮解法, 整仓环流熏蒸, PH₃ 气体浓度检测点按照图 1 排列。

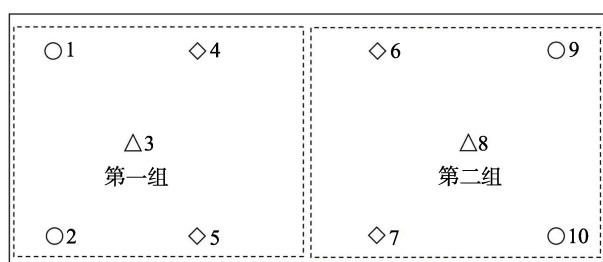


图 1 磷化氢气体检测管分布图

说明: 检测点分为如图两组。其中监测点 1、2、9、10 在粮面下 4 m, 用○表示; 监测点 4、5、6、7 在粮面下 2 m, 用◇表示; 监测点 3、8 在粮面下 0.5 m, 用△表示。

1.2 试剂与设备

56%磷化铝片剂: 连云港化工有限公司; 食品级惰性粉: 河南未来机电有限公司; 聚苯乙烯泡沫板: 石家庄金仓消杀产品经营部。CTHC133/65 型移动式环流循环机: 郑州大公粮食机械工程有限公司; HD5 型 PH₃ 检测仪器: 南京汇登电子科技有限公司, 最小检测值 1 mL/m³, 测量范围为 0~1 500 mL/m³; GL 型无线数字电子制造检测系统: 石家庄捷敏电子科技有限公司。

1.3 粮面密闭压盖

1.3.1 通风

在 2017 年 12 月 11 日至 18 日对 28 号和 30 号仓储粮进行机械通风降温处理, 将平均粮温分别降至 4.0 °C 和 4.2 °C, 有效抑制了害虫活动, 入仓检查未见储粮害虫活动, 通风效果良好。

1.3.2 粮面压盖

在 2018 年 3 月份外界气温回升之前, 用食品级惰性粉对粮面进行拌药。用药量为 40 g/m², 共需用量为 40 kg。用喷粉机将惰性粉均匀喷撒在粮食表面, 待喷粉结束后 1~2 d, 悬浮惰性粉气溶胶完全沉淀后, 翻动粮面深 30 cm, 使得粮食表层 30 cm 深度粮食均匀布满惰性粉, 形成惰性粉和粮食共存的粮粉防护层。

随后, 用聚苯乙烯泡沫板对粮面进行压盖, 共压盖两层, 每层厚度 15 mm。上下两层泡沫板接缝互相交错, 用密封胶带将接缝处密封, 做到严密、无缝、无漏。在泡沫板上层再用 0.16 mm 聚氯乙烯薄膜对粮面进行严格密闭; 对于仓窗同样用聚苯乙烯泡沫板分两层压盖在防雀网之上, 并用胶带纸粘牢固, 然后用密封胶条将聚氯乙烯薄膜密封在泡沫板外; 对仓门和挡粮板同样用聚氯乙烯薄膜密封, 以提高仓房的密闭性能。在密闭后的粮面上按五点法留取 8 个取样口, 以便对粮食进行检查。

1.4 熏蒸施药

1.4.1 害虫筛检数据

实验仓和对照仓筛检数据如表 1 所示。

仓号	害虫种类		
	锈赤扁谷盗	玉米象	赤拟谷盗
28 号	18	3	7
30 号	25	5	6

1.4.2 预埋试虫瓶

分别从两个仓内采集锈赤扁谷盗活虫 60 头, 分别放入 3 个试虫瓶内, 每个瓶内 20 头, 编号为 1-3 号; 玉米象、赤拟谷盗各 20 头, 分别装入 2 个试虫瓶内, 每个瓶内 20 头, 编号 4~5 号, 玉米象放入 4 号瓶, 赤拟谷盗放入 5 号瓶。瓶内投入碎麦约 10 g, 瓶口用 100 目的尼龙筛绢扎紧并系有长绳, 实验仓和对照仓均为 5 个试虫瓶, 按“五点法”分别埋入粮面下 50 cm 处, 长绳一端留在粮面上作为标记。

1.4.3 施药方法

根据《磷化氢环流熏蒸操作规程》的规定对于高抗性储粮害虫, 其浓度不低于 300 mL/m^3 , 所以 28 号对照仓房设置浓度为 300 mL/m^3 。30 号实验仓由于进行了粮面压盖, 气密性增强, 采用降低 PH_3 气体浓度而延长熏蒸时间的方法进行实验, 所以设置浓度为 150 mL/m^3 , 并维持 28 d 以上, 如

果粮堆内最低点浓度低于设定浓度则进行补药。

两个仓于 2018 年 8 月 23 日开始进行熏蒸施药。对照仓 28 号仓房, 采用常规熏蒸方法, 整仓环流熏蒸, 粮面表层施药 32 kg。投药时仓温 $31.7 \text{ }^\circ\text{C}$, 最高粮温 $32.5 \text{ }^\circ\text{C}$, 表层平均粮温 $30.5 \text{ }^\circ\text{C}$, 平均粮温 $20.6 \text{ }^\circ\text{C}$, 仓内湿度 62.6%。30 号仓采用粮面空间投药、膜下投药和风洞投药三种方式进行。空间投药 7 kg, 膜下取样口共投药 3 kg, 风洞口内投药 10 kg, 整个仓房用药 20 kg。投药时仓温 $31.4 \text{ }^\circ\text{C}$, 最高粮温 $24.5 \text{ }^\circ\text{C}$, 表层平均粮温 $23.5 \text{ }^\circ\text{C}$, 平均粮温 $15.6 \text{ }^\circ\text{C}$, 仓内湿度 60.6%。

2 结果与分析

2.1 压盖仓房粮温与对照仓房粮温变化情况

为了说明压盖后粮温变化情况, 选定与 30 号仓房仓型相同的 28 号仓房作为对照仓房, 选定日期为 2018 年粮温最高的 7 月份和 8 月份两个月的温度对比, 结果如表 2。

表 2 28 号和 30 号仓房温度对比

日期/(月.日)	28 号仓房				30 号仓房			
	仓温	表层平均粮温	最高粮温	平均粮温	仓温	表层平均粮温	最高粮温	平均粮温
7.9	33.3	31.0	32.9	18.4	33.2	23.7	24.8	14.4
7.16	30.8	29.8	30.9	18.6	30.6	22.6	25.0	14.6
7.23	30.1	29.1	30.1	18.9	29.9	23.1	24.6	14.8
7.30	30.8	29.6	30.8	19.1	30.6	23.6	24.8	14.9
8.6	30.9	29.9	31.1	19.6	30.8	23.5	24.7	15.1
8.13	30.1	29.1	30.1	19.9	29.9	23.3	24.2	15.3
8.21	30.9	30.2	32.1	20.3	30.9	23.7	24.6	15.6
8.27	27.6	27.8	30.2	21.2	27.5	23.5	24.2	15.5

由表 2 看出, 30 号实验压盖仓房比相同仓型、相同储粮条件下的 28 号对照仓房在仓温基本相同的情况下, 实验仓房的表层平均粮温、最高粮温和平均粮温均显著低于对照仓房, 在 7 月 9 日两个仓房的仓温分别为 $33.2 \text{ }^\circ\text{C}$ 和 $33.3 \text{ }^\circ\text{C}$ 时, 实验仓房以上三项温度分别比对照仓房低 7.3、8.1 和 $4.0 \text{ }^\circ\text{C}$, 在 8 月 21 日平均粮温最高时, 实验仓房比对照仓房平均粮温低 $4.7 \text{ }^\circ\text{C}$ 。在 8 月份平均粮温最高的季节, 实验仓房平均粮温在 $15.1\sim 15.6 \text{ }^\circ\text{C}$ 之间, 最高粮温在 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 以下, 完全符合准低温储藏要求。所以通过密闭压盖可以有效控制表层粮温和平均粮温的上升, 降低粮堆内的氧气含量, 有效抑制害虫活动, 为储粮熏蒸奠定了基础。

2.2 施药熏蒸

2.2.1 30 号仓压盖熏蒸 PH_3 浓度变化规律

由于进行了通风口投药, 所以在投药后立即开启环流风机进行连续环流, 直至浓度分布均匀后停止环流。环流开始 24 h 后开始检测浓度, 之后每 24 h 定时检测一次浓度, 直至浓度降低到 150 mL/m^3 以下停止检测。熏蒸过程中 10 个监测点 PH_3 浓度变化规律见图 2。

2.2.2 28 号对照仓房 PH_3 浓度变化规律

该仓由于进行了粮面投药, 所以在投药 2 d 后开启环流风机进行连续环流, 直至浓度分布均匀后停止环流。环流开始 24 h 后开始检测浓度, 之后每 24 h 定时检测一次浓度, 直至实验仓房停止

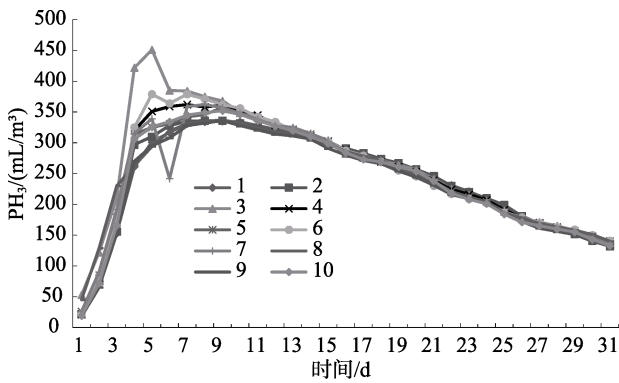


图 2 30 号仓各点 PH₃ 气体浓度时间变化趋势

检测, 该对照仓也停止检测。熏蒸过程中 10 个监测点 PH₃ 浓度变化规律见图 3。

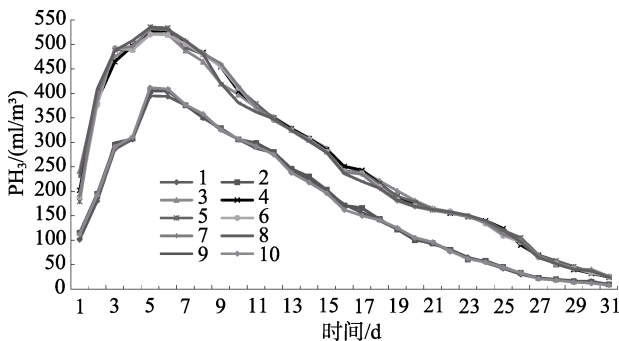


图 3 28 号仓各点 PH₃ 气体浓度时间变化趋势

2.2.3 实验仓和对照仓浓度对比

从图 2 和图 3 可见, 30 号仓采用粮面压盖密闭处理, 在投药后第 3 d 到第 30 d, 10 个监测点的 PH₃ 浓度均在设定浓度 150 mL/m³ 以上, 维持时间到达 28 d。而对照仓房 28 号采用整仓环流熏蒸, 投药后第 7 d 才达到设定值 300 mL/m³, 且仓内 PH₃ 衰减迅速, 到投药后第 13 d 浓度就下降到 300 mL/m³ 以下, 维持在设定浓度之上的时间仅有 7 d。由此可见相同仓型的仓房, 经过粮面压盖后, 其气密性有了显著提高, 能够延缓 PH₃ 气体的衰减, 对保持有效浓度有至关重要的作用。

2.3 磷化氢 CT 值讨论

2.3.1 CT 值分析

PH₃ 是以延长暴露时间为主导因素的熏蒸剂, 熏蒸效果取决于: $K = C^n T$ 中毒力指数 n, PH₃ 的 n 值在大多数情况下都小于 1。n 值小于 1 的实际意义说明使用 PH₃ 进行熏蒸时, 熏蒸密闭时间比其浓度更重要。当浓度过高, n 值就越小, 则毒力指数越低熏蒸效果越差, 在实验中延长熏蒸时

间同时降低 PH₃ 浓度正是符合这一规律。

一般粮堆温度在 15 °C 以上, PH₃ 气体浓度在 0.15~1 g/m³ 之间, C·T 值至少达到 150 h·g/m³ 以上, 密闭时间在 14 d 以上, 完全可以彻底杀死各种储粮害虫。对于锈赤扁谷盗高抗性害虫, 根据《磷化氢环流熏蒸技术规程》推荐用量推导出温度在 20~25 °C 的 C·T 值约为 207 h·g/m³。

2.3.2 实验仓和对照仓平均浓度分析

将实验仓房 30 号和对照仓房 28 号的平均浓度规整后放在一起进行对比, 结果如图 4。

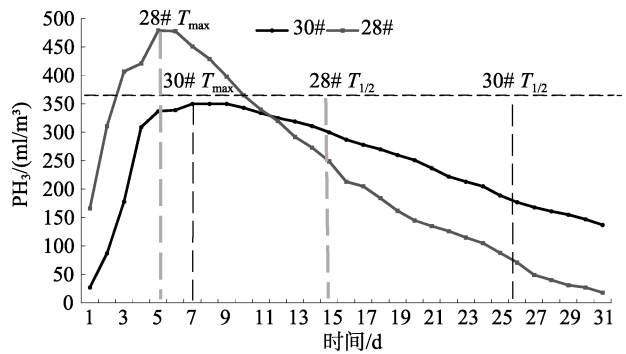


图 4 28 号仓和 30 号仓 PH₃ 气体平均浓度随时间变化趋势

说明: 30#为 30 号仓; 28#为 28 号仓; 30#设定值为预设 30#仓 PH₃ 的设置浓度; 28#设定值为预设 28 号仓 PH₃ 的设置浓度; 28#T_{max} 为 28 号仓 PH₃ 浓度到达最高浓度的时间; 30#T_{max} 为 30 号仓 PH₃ 浓度到达最高浓度的时间; 28#T_{1/2} 为 28 号仓 PH₃ 浓度从极大值衰减到一半的时间; 30#T_{1/2} 为 30 号仓 PH₃ 浓度从极大值衰减到一半的时间。

由图 4 可更加清晰看到, 在相同的时间内, 实验仓 PH₃ 浓度低但毒气衰减阶段比对照仓要长, 实验仓在毒气衰减阶段的曲线比对照仓房更平缓, 也就是说实验仓的气密性更好, 虽然设定浓度实验仓比对照仓要低, 但维持时间比对照仓房要长。因为 PH₃ 在适当低浓度时杀虫效果反而好, 这是因为低浓度时, 昆虫的初期呼吸只受到较弱的抑制, 由于氧气的大量消耗, 从而加速 PH₃ 对细胞壁和线粒体的穿透, 而后抑制线粒体内呼吸链中的靶向酶。符合 $C^n \cdot T = K$ 这一规律。

2.3.3 平均浓度半衰期分析

在图 4 中, 28 号仓平均浓度最高值为 479 mL/m³, 对应的时间为 T_{max} = 5 d, 浓度为 231 mL/m³, 即衰减到一半对应的时间约为 15 d, 浓度半衰期为 T_{1/2} = 10 d。30 号仓平均浓度最高值为 350 mL/m³, 对应的时间为 T_{max} = 7 d, 浓度为 175 mL/m³, 即

衰减到一半对应的时间约为 26 d, 其浓度半衰期约为 $T_{1/2}=19$ d。通过对比可以看出, 30 号仓的浓度半衰期比 28 号仓浓度半衰期长了 9 d, 因此 30 号仓 PH_3 气体在仓内衰减的更慢, 熏蒸效果就更好。

2.3.4 CT值的计算方法

在本次实验中, CT值的计算采用如下方法: 施药后 PH_3 浓度达到设定浓度开始到浓度低于设定浓度为止, 测定每隔 24 h 的即时平均浓度, 然后依次将相邻两次测得的浓度值相加除以 2 后, 再乘以两次测定的时间间隔 (24 h), 然后从一系列测点中所得的 CT 值再相加, 可计算出熏蒸累计 CT 值。本实验中 30 号实验仓采用如上计算方法测定 CT 值为 $236 \text{ h}\cdot\text{g} / \text{m}^3$, 完全达到了规定的要求。28 号对照仓测定 CT 值为 $86 \text{ h}\cdot\text{g} / \text{m}^3$, 达不到规定的要求。

2.4 杀虫效果

在熏蒸放气后, 从粮堆内取出预埋的试虫瓶, 30 号实验仓检查 5 个虫瓶内的试虫全部死亡, 杀虫率 100%。28 号对照仓检查玉米象和赤拟谷盗全部死亡, 三个瓶中锈赤扁谷盗死亡率分别为: 1 号瓶 65%, 2 号瓶 60%, 3 号瓶 45%, 仓内检查发现仍有锈赤扁谷盗活动, 因此杀虫效果并不理想。在 30 号实验仓熏蒸前生虫部位随机取样 3 kg 放置培养瓶中, 置于温度 $25\sim 30$ °C, 空气相对湿度 75%RH 条件下, 培养 30 d 后, 未发现活虫, 杀虫率 100%。在熏蒸实验结束后 3 个月时间内, 每半个月检查一次粮堆内的害虫, 仓内均未发现锈赤扁谷盗和其他害虫, 表明此次熏蒸效果良好。

3 结论

通过对实验仓 30 号高大平房仓压粮面盖环流熏蒸和对照仓 28 号高大平房仓未压盖熏蒸的对比实验研究, 得到如下结论:

(1) 压盖环流熏蒸由于仓房和粮堆的密闭性提高, 可以在减少用药量的前提下延长熏蒸时

间, 达到有效的 CT 值, 其熏蒸效果明显提高, 可以大大减少磷化铝熏蒸剂的使用量, 实验仓比对照仓磷化铝用量减少了 37.5%。

(2) 采用粮面隔热压盖结合膜下环流熏蒸技术, PH_3 气体泄漏少, 在粮堆中的浓度趋向平衡速度快, 有效浓度维持时间长, 使 PH_3 气体有效浓度能够保持足够长的时间作用于储粮害虫, 可以达到彻底防治高抗性害虫的目的。

(3) 由于粮面隔热压盖结合膜下环流熏蒸技术省去了二次投药过程, 节省了大量人力、物力和财力, 提高了经济效益, 操作简便、效果理想。

本实验采用磷化氢粮面压盖环流熏蒸技术可以大大减少磷化铝使用量, 即便在磷化铝禁用后, 采用磷化氢、硫酰氟、甲酸乙酯等熏蒸剂进行粮食病虫害防治工作, 粮面压盖环流熏蒸技术也有很好的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 白旭光. 储藏物害虫与防治(第二版)[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [2] 王佩祥. 储粮化学药剂应用[M]. 北京: 中国商业出版社, 1997.
- [3] 王殿轩. 储粮磷化氢熏蒸技术区域优化[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2008.
- [4] 杨路加, 刘天德, 李建智, 等. 高大平房仓惰性粉防虫储粮实验[J]. 粮油食品科技, 2011, 19(3): 65-67.
- [5] 粮食储藏“四合一”升级新技术技术要点[Z]. 国家粮食局科学研究院, 2015.
- [6] 韩志强, 郭超, 劳传忠, 等. 惰性粉处理稻谷防治锈赤扁谷盗的效果研究[J]. 粮油食品科技, 2017, 25(2): 85-88.
- [7] 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]. 粮食食品科技. 2014(6): 1-5.
- [8] 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.
- [9] 刘长军, 汪洲全, 兰庆, 等. 磷化氢熏蒸杀虫存在的问题及改进措施[J]. 粮食储藏, 2003(5): 55-56.
- [10] 王新宇, 李燕羽, 张涛, 等. 新型惰性粉防护剂在华北地区防虫效果实仓研究[J]. 粮油仓储科技通讯, 2009(6): 37-39.
- [11] 磷化氢环流熏蒸技术规程: LS/T 1201—2002[S].

备注: 本文的彩色图表可从本刊官网(<http://lyspkj.ijournal.cn/ch/index.aspx>)、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。