

# 食品级惰性粉对三种储藏物害虫生长发育的影响<sup>\*</sup>

曹 阳<sup>1</sup> 李 锦<sup>2</sup> 李燕羽<sup>1\*\*</sup> 赵会义<sup>1</sup> 张 涛<sup>1</sup> 石天玉<sup>1</sup> 田 琳<sup>1</sup>

(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 郑州 400052)

**摘 要** 应用粉剂药膜法,一种食品级惰性粉——4 号粉相应剂量处理赤拟谷盗 *Tribolium castaneum* (Herbst)、烟草甲 *Lasioderma serricorne* (Fabricius)、锯谷盗 *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus) 的卵和 1 龄幼虫,赤拟谷盗、锯谷盗、烟草甲的卵平均孵化率均在 97% 以上,处理后卵孵化的 1 龄幼虫平均死亡率均在 96% 以上;处理 3 种害虫的 1 龄幼虫其平均死亡率均在 99% 以上。结果表明食品级惰性粉对 3 种试虫卵的孵化率几乎没有影响,但对其 1 龄幼虫有较好的防治效果。通过混粮法应用正交试验研究发现,惰性粉剂量和小麦含水量对赤拟谷盗  $F_1$  代防治效果均有显著影响。当小麦处于安全水分时(含水量 12% ~ 14%), 100 ~ 150 mg/kg 4 号粉能有效防治赤拟谷盗  $F_1$  代。

**关键词** 食品级惰性粉, 储藏物害虫,  $F_1$  代, 卵, 幼虫 生长发育

## Effect of food-grade inert dust on the growth and development of three insect pests of stored-grain

CAO Yang<sup>1</sup> LI Jin<sup>2</sup> LI Yan-Yu<sup>1\*\*</sup> ZHAO Hui-Yi<sup>1</sup> ZHANG Tao<sup>1</sup> SHI Tian-Yu<sup>1</sup> TIAN Lin<sup>1</sup>

(1. Academy of State Administration of Grain, Beijing 100037, China;

2. School of Food Science and Technology, Henan university of Technology, Zhengzhou 400052, China)

**Abstract** The eggs and first instar larvae of *Tribolium castaneum* (Herbst), *Lasioderma serricorne* (Fabricius) and *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus) were treated with a food-grade inert dust (No. 4) using a dry, residual film bioassay. The hatching rates of all three species was over 97%, mortality of just hatched larva over 96% and mean mortalities of first instar larvae over 99%. The results show that the food grade inert dust had no effect on the hatching rate of these three insects, but killed almost 100% of first instar larvae. The combined influence of inert dust and wheat moisture content on a *T. castaneum*  $F_1$  generation was investigated using orthogonal tests; the results show that both factors significantly inhibited the development of  $F_1$  generation. When the moisture content of wheat was between 12% and 14%, 100 mg/kg to 150 mg/kg of inert dust can effectively inhibit the development of the  $F_1$  generation of *T. castaneum*.

**Key words** food grade inert dust, stored-grain insect,  $F_1$  generation, egg, larvae, growth and development

我国现行的保粮方针是“以防为主,综合防治”。防是主动的,无虫时防感染,能够最大效益的保证粮食安全(白旭光等,2002)。食品级惰性粉是一种食品级添加剂,是国家粮食局科学研究院在“十一五”期间专门研发的新型生物物理储粮防护剂(吴子丹和曹阳,2011),其杀虫机理是磨损害虫节间膜快速吸附体液,使害虫失去行动能力

最终体液流失过多死亡(白春启等,2007)。食品级惰性粉主要通过空仓使用、设备和工具处理或与粮食直接混合来防治储粮害虫(Desmarchelier and Dines, 1987; Fields and Korunic, 2000; Collins and Cook, 2006; 王平坪等,2008),也可以与其它储粮技术如低温储粮结合使用(丁传林等,2007)。食品级惰性粉对储藏物昆虫有一定的防治效果,

<sup>\*</sup> 资助项目:2013 年 3 月基金项目:无公害霉菌防治技术、鼠害防治技术应用模式研究以及产后储前减损集成示范基地建设(2011BAD16B16-3);首都粮食应急保障关键技术研究示范(Z111100056811003);适于不同区域农户小型储粮设施研究与示范推广(201003077)。

<sup>\*\*</sup> 通讯作者, E-mail: lyy@chinagrains.org

收稿日期:2013-03-30, 接受日期:2013-06-17

作为一种绿色新型储粮防护剂,防护期长,符合我国的储粮方针(刘小青,2005;王晶磊等,2012)。

本研究测定了食品级惰性粉处理赤拟谷盗 *Tribolium castaneum* (Herbst)、烟草甲 *Lasioderma serricorne* (Fabricius)、锯谷盗 *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus) 3 种储藏物昆虫卵的孵化率以及处理 1 龄幼虫后的存活率,并研究了食品级惰性粉不同剂量和不同小麦含水量下赤拟谷盗由卵发育至成虫的存活率,评价了食品级惰性粉对 3 种试虫  $F_1$  代的防治效果。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

**1.1.1 试虫** 赤拟谷盗、锯谷盗、烟草甲 3 种试虫均在国家粮食局科学研究所的培养室内培养,培养条件  $28^{\circ}\text{C}$ , 70% RH; 赤拟谷盗、锯谷盗饲料为全麦粉: 燕麦片: 酵母粉 = 10: 10: 1; 烟草甲饲料为全麦粉: 酵母 = 10: 1。

**1.1.1.1 赤拟谷盗、锯谷盗试虫卵的获得** 将全麦粉过 200 目筛,取筛下粉 20 g,选取成虫 300 头,雌雄 1: 1,放入培养瓶中,70% RH,  $30^{\circ}\text{C}$  下培养 2 d,筛出成虫,全麦粉过 80 目筛,获取虫卵。

**1.1.1.2 烟草甲卵的获得** 随机取成虫 350 头放入自制的产卵器中(如图 1 所示),2 d 后虫卵取出,去杂质,在体视显微镜下挑取完好的虫卵备用。

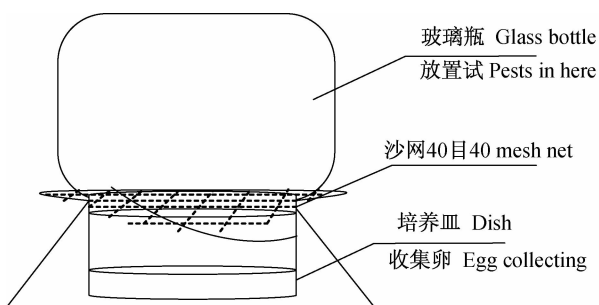


图 1 产卵器示意图

Fig. 1 Collecting eggs facility

**1.1.1.3 1 龄幼虫的获得** 将获得的赤拟谷盗、锯谷盗、烟草甲的虫卵放入培养皿中,在  $30^{\circ}\text{C}$ , 70% RH 条件下培养,虫卵孵化后得到 1 龄幼虫。

**1.1.2 药剂** 食品级惰性粉 4 号(以下简称 4 号

粉),由国家粮食局科学研究院研发提供。

**1.1.3 实验仪器与设备** 恒温恒湿培养箱:德国 BINDER 公司生产;ST70 双目体视显微镜:舜宇仪器有限公司生产;DGG-9140BD 电热恒温鼓风干燥箱:上海森信实验仪器有限公司生产;PL403-IC 分析天平:梅特勒-托利多仪器有限公司生产;培养瓶、培养皿( $D = 70\text{ mm}$ )、小毛笔、筛子、温度计等。

### 1.2 方法

**1.2.1 4 号粉粉剂药膜法**(Fields 等,2002)处理试虫卵。

剂量:赤拟谷盗  $2\text{ g/m}^2$ ;烟草甲、锯谷盗为  $0.2\text{ g/m}^2$ 。

方法:用分析天平称取不同剂量的 4 号粉,放入培养皿中,各实验组设置 3 个重复。以未放惰性粉的培养皿作为空白对照。

**1.2.1.1 孵化率计算** 每个培养皿中放入 50 头虫卵,在  $30^{\circ}\text{C}$ , 70% RH 条件下培养。每 24 h 观察并记录卵孵化数目,连续观察 5 ~ 10 d,直到无幼虫孵化(卵已干瘪者视为不能孵化),计算孵化率。

**1.2.1.2 初孵化幼虫死亡率** 对于上述培养皿中初孵化的幼虫(24 h 以内),移至空白培养皿中(其中有少量前述饲料,避免因饥饿死亡)。之后每 24 h 观察记录 1 次幼虫死亡数,计算死亡率。

**1.2.2 4 号粉粉剂药膜法处理 1 龄幼虫** 剂量与方法同前 1.2.1。每个培养皿中放入 50 头刚孵化的 1 龄幼虫,处理 24 h 后,从培养皿中取出幼虫,观察 1 龄幼虫死亡数目,计算 1 龄幼虫死亡率。

**1.2.3 4 号粉混粮法对赤拟谷盗发育到成虫的影响**

**1.2.3.1 方法** 混粮法参照 Fields 等(2002)。小麦放在电热恒温鼓风干燥箱( $60^{\circ}\text{C}$ )中 1 h 灭菌,晾至室温  $25^{\circ}\text{C}$ ,测定含水量,调节至所需含水量,备用。称取不同水分的小麦 20 g 放入培养瓶中,按实验设计称取不同剂量的 4 号粉与粮食混合摇匀,接入试虫卵 50 头/瓶,在  $30^{\circ}\text{C}$ , 70% RH 条件下处理 45 d 后,观察试虫存活情况。每个试验组设置 5 个重复。

**1.2.3.2 试验设计** 采用正交试验设计,观察 4 号粉剂量与小麦含水量两因素对赤拟谷盗由卵发育至成虫的存活率的影响,设置因素水平如表 1。并设置空白对照。

表 1 正交因素水平表  
Table 1 Orthogonal factor level

| 因素水平<br>Factor level | A                     | B               |
|----------------------|-----------------------|-----------------|
|                      | 含水量                   | 剂量              |
|                      | Moisture content( % ) | Dosage( mg/kg ) |
| 1                    | 10                    | 50              |
| 2                    | 12                    | 100             |
| 3                    | 14                    | 150             |
| 4                    | 16                    | 200             |

1.3 数据分析

使用 Excel 处理实验数据,计算试虫孵化率以及死亡率,并用 SPSS 软件显著性差异分析;处理组与对照组死亡率比较采用 *t*-检测。

2 结果与分析

2.1 4 号粉对 3 种试虫卵的孵化率的影响

应用粉剂药膜法,用于评价 4 号粉空仓杀虫效果。4 号粉对赤拟谷盗、锯谷盗和烟草甲 3 种试虫卵孵化率的影响以及对孵化出 1 龄幼虫的致死率见表 2。结果表明:实验组和对照组的卵平均孵化率为 97.2% ~ 99.2% ( $P > 0.05$ ),差异不显著。说明在 30℃,70% RH 条件下,4 号粉对 3 种试虫的虫卵无杀灭作用。

2.2 4 号粉对 3 种试虫初孵化幼虫死亡率的影响

3 种试虫孵化后 24 h 内,幼虫继续接触药膜

中的 4 号粉,之后将其移至空白培养皿中,观察培养 24 h 内试虫死亡情况。结果表明,实验组初孵化幼虫平均死亡率均在 96% 以上,与对照组最高死亡率 6.5% 有极显著差异( $P < 0.01$ )。4 号粉对孵化 24 h 内的幼虫有很好的杀灭效果(表 2)。

2.3 4 号粉对 3 种试虫的 1 龄幼虫死亡率的影响

将正常孵化的 1 龄幼虫,放入药膜上处理 24 h,检查死亡率。结果表明,4 号粉对 3 种试虫 1 龄幼虫杀虫效果极显著,实验组的 1 龄幼虫平均死亡率 99.6% ~ 100%,对照组为 0 ~ 2.1%,结果见表 3。4 号粉对赤拟谷盗、锯谷盗和烟草甲的 1 龄幼虫有较好的杀灭效果。

2.4 4 号粉混粮法对赤拟谷盗从卵发育到成虫的抑制作用

2.4.1 4 号粉混粮法对赤拟谷盗存活率的影响

小麦含水量为 10% 时,与 50 ~ 200 mg/kg 剂量的 4 号粉混合后,处理组的赤拟谷盗卵均不能发育至成虫。含水量为 12%、14% 时,4 号粉剂量分别  $\geq 150$  mg/kg、200 mg/kg 时,赤拟谷盗的卵发育至成虫的存活率为 0。当小麦含水量为 16% 时,50 ~ 200 mg/kg 剂量 4 号粉处理的小麦中,部分赤拟谷盗的卵能够发育到成虫(表 4)。实验组赤拟谷盗成虫存活率低于对照组。将试验组与对照组两两比较进行显著性分析(表 5),所有试验组均与对照组具有显著性差异( $P < 0.01$ )。说明 4 号粉有效地抑制了赤拟谷盗由卵到成虫的发育。

表 2 4 号粉对 3 种试虫的孵化率和初孵化幼虫死亡率的影响  
Table 2 The hatching rates and hatching larvae mortality of three species insects after food-grade inert dust treated

| 试虫种类<br>Species               | 平均孵化率               |             | <i>P</i> | 初孵化幼虫平均死亡率                     |             | <i>P</i> |
|-------------------------------|---------------------|-------------|----------|--------------------------------|-------------|----------|
|                               | Hatching rates( % ) |             |          | Hatching larvae mortality( % ) |             |          |
|                               | 处理组 Treatment       | 对照组 Control |          | 处理组 Treatment                  | 对照组 Control |          |
| 赤拟谷盗<br><i>T. castaneum</i>   | 97. 2               | 98. 0       | 0. 608   | 96. 4                          | 6. 5        | 0. 000   |
| 锯谷盗<br><i>O. surinamensis</i> | 98. 8               | 99. 2       | 0. 766   | 97. 6                          | 0. 4        | 0. 000   |
| 烟草甲<br><i>L. serricorne</i>   | 98. 4               | 98. 8       | 0. 784   | 96. 4                          | 2. 8        | 0. 000   |

表 3 4 号粉对 3 种试虫 1 龄幼虫死亡率的影响

Table 3 The mortality of 1st instar larvae after food-grade inert dust treated

| 试虫种类<br>Species               | 剂量(g/m <sup>2</sup> )<br>Dosage | 1 龄幼虫平均死亡率 Mortality( % ) |             | P     |
|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------|-------------|-------|
|                               |                                 | 试验组 Treatment             | 对照组 Control |       |
| 赤拟谷盗<br><i>T. castaneum</i>   | 2                               | 99.6                      | 0           | 0.000 |
| 锯谷盗<br><i>O. surinamensis</i> | 0.2                             | 99.6                      | 0.4         | 0.000 |
| 烟草甲<br><i>L. serricorne</i>   | 0.2                             | 100                       | 2.1         | 0.000 |

表 4 不同小麦含水量和 4 号粉剂量下赤拟谷盗卵发育到成虫的存活率

Table 4 Survival rate of *Tribolium castaneum* teated by different wheat moisture and food-grade inert dust dosage

| 试验号 No. | 含水量<br>Moisture content( % ) | 剂量<br>Dosage( mg/kg) | 存活率<br>Survival rate( % ) |
|---------|------------------------------|----------------------|---------------------------|
| 1       | 10                           | 50                   | 0                         |
| 2       | 10                           | 100                  | 0                         |
| 3       | 10                           | 150                  | 0                         |
| 4       | 10                           | 200                  | 0                         |
| 5       | 12                           | 50                   | 6.4                       |
| 6       | 12                           | 100                  | 0.8                       |
| 7       | 12                           | 150                  | 0                         |
| 8       | 12                           | 200                  | 0                         |
| 9       | 14                           | 50                   | 30.4                      |
| 10      | 14                           | 100                  | 19.6                      |
| 11      | 14                           | 150                  | 2.0                       |
| 12      | 14                           | 200                  | 0                         |
| 13      | 16                           | 50                   | 42.4                      |
| 14      | 16                           | 100                  | 18.0                      |
| 15      | 16                           | 150                  | 12.8                      |
| 16      | 16                           | 200                  | 5.2                       |
| Ck1     | 10                           | 0                    | 29.6                      |
| Ck1     | 12                           | 0                    | 48.8                      |
| Ck1     | 14                           | 0                    | 49.6                      |
| Ck1     | 16                           | 0                    | 62.8                      |

表 5 试验组与对照组两两比较显著性分析  
Table 5 Significance analysis( paired comparison) of treatment group and control group

| 试验组<br>Treatment<br>( mg/kg) | 试验组<br>Treatment<br>存活率( % ) | 对照组<br>Control<br>( mg/kg) | 对照组 Control<br>存活率( % ) | 均差( I-J)<br>Mean deviation | 标准误<br>Standard error | P 值    |
|------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------|--------|
| 50                           | 19. 8                        | 0                          | 47. 7                   | - 27. 9 ( * )              | 2. 20                 | <0. 01 |
| 100                          | 9. 6                         | 0                          | 47. 7                   | - 38. 1 ( * )              | 2. 20                 | <0. 01 |
| 150                          | 3. 7                         | 0                          | 47. 7                   | - 44. 0 ( * )              | 2. 20                 | <0. 01 |
| 200                          | 1. 3                         | 0                          | 47. 7                   | - 46. 4 ( * )              | 2. 20                 | <0. 01 |

注: \* 表示在 0. 05 水平上差异显著。  
\* indicates significant difference at 0. 05 level.

2. 4. 2 小麦含水量对 4 号粉剂量抑制赤拟谷盗卵成虫存活率影响的多因素分析 对小麦不同含水量和不同剂量 4 号粉对抑制赤拟谷盗的卵发育到成虫的效果两因素方差分析,结果见表 6。小麦含水量和 4 号粉均显著抑制了赤拟谷盗从卵到成

虫的发育( $P<0. 01$ ),且 4 号粉剂量越高,抑制越显著;小麦含水量越低抑制效果越好。小麦含水量和 4 号粉剂量两因素的交互作用显著( $P<0. 01$ ),说明两因素对赤拟谷盗卵发育到成虫的抑制有显著的交互作用。

表 6 正交实验方差分析表  
Table 6 Variance analysis of orthogonal test

| 方差来源<br>Source                | 平方和<br>Type Ⅲ sum of squares | 方差<br>df | 均方<br>Mean square | F 值    | P 值    |
|-------------------------------|------------------------------|----------|-------------------|--------|--------|
| 校正模型<br>Corrected model       | 12 416. 0(a)                 | 15       | 827. 7            | 25. 5  | <0. 01 |
| 含水量<br>Moisture               | 5 916. 8                     | 1        | 5 916. 8          | 182. 5 | <0. 01 |
| 剂量<br>Dosage                  | 5 211. 2                     | 3        | 1 737. 1          | 53. 6  | <0. 01 |
| 含水量 × 剂量<br>Moisture × Dosage | 4 074. 8                     | 3        | 1 358. 3          | 41. 9  | <0. 01 |
| 误差 Error                      | 3 130. 0                     | 9        | 347. 8            | 10. 7  | <0. 01 |
| 总和 Total                      | 2 075. 2                     | 64       | 32. 4             |        |        |
|                               | 20 408. 0                    | 80       |                   |        |        |

3 结果与讨论

3. 1 在 30℃,70% RH 条件下,药膜法处理赤拟谷盗、锯谷盗、烟草甲 3 种试虫虫卵,4 号粉对孵化率的影响很小。

3. 2 经 4 号粉处理后的虫卵,初孵化出的幼虫接

触 4 号粉后,24 h 内致死率均在 99% 以上。

3. 3 两因素正交试验结果表明含水量和剂量均可显著影响赤拟谷盗的发育。小麦的水分越低,4 号粉的抑制作用越强;剂量越高,抑制作用越强。

3. 4 小麦含水量在 12% ~ 14% 之间时,150 ~ 1 200 mg/kg 4 号粉能有效地抑制感染的赤拟谷盗

卵不能发育到成虫;我国小麦安全储存的含水量为 12.5%,因此,4 号粉在防治储备小麦中赤拟谷盗害虫方面具有重要的应用价值。

参考文献 (References)

Collins DA, Cook DA, 2006. Laboratory studies evaluating the efficacy of diatomaceous earths, on treated surfaces, against stored-product insect and mite pests. *Journal of Stored Products Research*, 42 (1):51 – 60.

Desmarchelier JM, Dines JC, 1987. Dryacide treatment of stored wheat-its efficacy against insects, and after processing. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 27(2):309 – 312.

Fields PG, Korunic Z, 2000. Diatomaceous earth to control *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera: Cucujidae) in stored barley in farm granaries. *Canadian Entomologist*, 132:247 – 258.

Fields P, Sylvia A, Korunic Z, Alan M, Tanya S, 2002.

Standardized testing for diatomaceous earth. *Proceedings of the 8th International Working Conference of Stored-Product Protection*, (8):779 – 784.

白春启,曹阳,尚艳娥,吕琴,李燕羽,2007. 米象玉米象蜡层与护蜡层成分的气质联用鉴定. *粮食储藏*,36(6):4 – 6.

白旭光,2002. 储藏物害虫防治. 科学出版社. 254 – 255.

丁传林,张雄,周帮新,刘波,2007. 低温储粮与硅藻土杀虫剂结合处理实仓试验. *粮油食品科技*,5(5):24 – 28.

刘小青,2005. 惰性粉杀虫剂的筛选和作用机理研究. 硕士学位论文. 郑州:河南工业大学.

王晶磊,宋玉东,徐威,2012. 绿色储粮防护剂惰性粉防虫效果研究. *粮食科技与经济*, (3):27 – 29.

王平坪,李燕羽,张军党,曹阳,2008. 惰性粉杀虫剂在绿色储粮中的应用. *粮食科技与经济*,2:33 – 35.

吴子丹,曹阳,2011. 绿色生态低碳储粮新技术. 中国科学技术出版社. 85 – 97.