

# 电子束处理对杂拟谷盗的辐照效应

陈云堂<sup>1</sup>, 张晓燕<sup>2</sup>, 郭东权<sup>1\*</sup>, 吕晓华<sup>1</sup>, 张建伟<sup>1</sup>,  
杨保安<sup>1</sup>, 杜阅光<sup>3</sup>, 田占军<sup>3</sup>

(1. 河南省科学院 同位素研究所有限责任公司/郑州市核农学重点实验室/河南省辐射加工工程研究中心, 河南 郑州 450015; 2. 绍兴市烟草公司 嵊州分公司 浙江 嵊州 312400; 3. 天昌国际烟草有限公司, 河南 许昌 461000)

**摘要:** 利用不同剂量的电子束对杂拟谷盗幼虫、成虫进行辐照处理, 研究其辐照效应。结果表明: 杂拟谷盗幼虫对电子束辐照的敏感性高于成虫。幼虫经 250Gy 剂量辐照后, 可以完全阻止其发育为成虫, 在 14d 内全部死亡; 成虫经 250Gy 剂量辐照后, 则需 42d 才能全部死亡, 而且不能产生下一代成虫。250Gy 的剂量可以作为电子束辐照防治杂拟谷盗的参考剂量。

**关键词:** 杂拟谷盗; 电子束辐照; 辐照效应; 物理防治

中图分类号: S433.5 S477<sup>+</sup>.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-3268(2011)07-0082-04

## Irradiation Effects of Electronic Beam on *Tribolium confusum* Jacquelin du Val

CHEN Yun-tang<sup>1</sup>, ZHANG Xiao-yan<sup>2</sup>, GUO Dong-quan<sup>1\*</sup>, LÜ Xiao-hua<sup>1</sup>,  
ZHANG Jian-wei<sup>1</sup>, YANG Bao-an<sup>1</sup>, DU Yue-guang<sup>3</sup>, TIAN Zhan-jun<sup>3</sup>

(1. Isotope Institute Co., Ltd., Henan Academy of Sciences/ Key Laboratory of Nuclear Agriculture of Zhengzhou/ Research Center of Irradiation Processing and Engineering of Henan, Zhengzhou 450015, China; 2. Shengzhou Branch of Shaoxing Tobacco Company, Shengzhou 312400, China; 3. Tianchang International Tobacco Co., Ltd., Xuchang 461000, China)

**Abstract:** The irradiation effects of electronic beam on the larvae and adults of *Tribolium confusum* were studied. The results showed that the larvae were the more sensitive stage compared to the adult. 250 Gy could prevent its development from larvae to adult, and the larvae would die out within 14 days. When receiving a dose of 250Gy, the adult would die out within 42 days, and no new generation was found. So the dose of 250 Gy irradiation was recommended for control of *Tribolium confusum*.

**Key words:** *Tribolium confusum*; Electronic beam irradiation; Irradiation effect; Physical control

杂拟谷盗 (*Tribolium confusum* Jacquelin du Val) 属鞘翅目 (Coleoptera)、拟步行虫科 (Tenebrionidae), 是烟草仓储及进出口检疫性害虫之一, 也是重要的储粮害虫, 国内各地烟仓均有分布, 且遍及全世界<sup>[1-4]</sup>。烟草富含营养物质, 在储藏、加工和销

售过程中极易遭受害虫的危害<sup>[5-6]</sup>。目前, 国内外对杂拟谷盗防治的主要措施仍是采用磷化氢进行熏蒸处理。由于长期单一或不当地使用磷化氢, 害虫的抗药性不断增加<sup>[7-8]</sup>, 且对烟草、环境造成污染, 危害人、畜健康。随着社会的进步和环境保护意识的增

收稿日期: 2011-01-09  
基金项目: 农业部公益性行业 (农业) 科研专项经费项目 (201103007); 河南省省院科技合作项目 (102106000024); “河南省创新型科技人才队伍建设工程”项目; “郑州市创新型科技人才队伍建设工程”项目 (096SYJH28087); 河南省重点科技攻关计划项目 (112102110043)  
作者简介: 陈云堂 (1963-), 男, 河南南阳人, 研究员, 主要从事食品辐照保鲜与加工研究。E-mail: chyt1015@163.com  
\* 通讯作者: 郭东权 (1980-), 男, 河南南阳人, 研究实习员, 硕士, 主要从事食品辐照技术的应用研究。  
E-mail: dongquanguo@yahoo.com.cn  
©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

强,磷化氢熏蒸技术在烟草行业中的应用必将受到限制。因此,探寻杂拟谷盗防治新技术具有十分重要的意义。

多年的研究表明,辐照防治储藏物害虫技术是化学熏蒸剂的替代方法和有效补充<sup>[9]</sup>。辐照技术作为害虫综合防治体系中的一项高新技术,为害虫防治开辟了一条新途径。辐照防治害虫技术是利用 $\gamma$ 射线、X射线或电子束的电离辐射与害虫相互作用所产生的物理、化学和生物效应,导致害虫不育或死亡的一种物理防虫技术。近年来,电子束辐照技术在国际上的研究应用进入快速发展阶段,国内目前对<sup>60</sup>Co $\gamma$ 辐照技术的报道较多,对电子束辐照技术的研究仍处于尝试阶段,但已取得一定进展。陈云堂等<sup>[10]</sup>研究了电子束对烟草甲末龄幼虫的辐照效应,通过对烟草甲辐照后生物学效应的观察,发现电子束辐照具有良好的杀灭效果。徐朝哲等<sup>[11]</sup>研究发现,电子束对水果害虫橘小实蝇具有良好的杀灭作用。范家霖等<sup>[12]</sup>研究表明,电子束辐照对锯谷盗具有致死作用。黄曼、王殿轩等<sup>[13-15]</sup>研究发现,电子束对储粮害虫玉米象、米象、嗜卷书虱等具有很好的防治效果。但是,利用电子束辐照技术防治杂拟谷盗的研究还未见报道。鉴此,研究了不同剂量电子束对杂拟谷盗幼虫和成虫的辐照效应,旨在为利用电子束辐照防治此类害虫提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 供试虫源及培养条件

试验采用的杂拟谷盗为河南省科学院核农学重点实验室连续培养多代的试虫。其培养方法为:以全麦粉和酵母粉按质量比9:1混合均匀作为饲料,在相对湿度(70±5)%、温度(30±1)℃的条件下,放置于内壁涂有聚四氟乙烯的广口瓶中避光培养。

在杂拟谷盗成虫产卵3d后移出成虫,将留有杂拟谷盗卵的饲料放置于相同环境下分别培养20d和35d,根据其生物学特性,得到杂拟谷盗的幼虫和成虫。每30头放置于一个塑料瓶中,加入1.0g左右饲料,编号,以待辐照处理。

### 1.2 辐照处理

辐照处理采用中国原子能科学研究院的HJ1Y-6M2高频单枪电子加速器,能量为2MeV,束流为10mA,剂量率为50.0Gy/s。辐照剂量分别为0(CK)、50、100、150、200、250、300、400、600、800、1000、1200、1400、1600Gy,共14个剂量处理,每处理3次重复。

### 1.3 辐照效应评价

每批试虫采用不同剂量辐照处理后,仍在原条件下培养,每7d观察1次并更换幼虫和成虫的塑料瓶和饲料,观察记录幼虫和成虫的存活数量,计算其存活率;记录幼虫的化蛹数量、羽化数量,并分别计算其化蛹率和羽化率。另外,杂拟谷盗成虫经不同剂量电子束辐照后,挑取雌虫和雄虫按照1:1配对,每10对放入一个塑料瓶中,仍在原条件下培养3d后筛去成虫,30d后检查并统计饲料中F<sub>1</sub>代成虫的数量。将各辐照处理F<sub>1</sub>代成虫数量与对照F<sub>1</sub>代成虫数量相比,将比值作为杂拟谷盗的繁殖力。

$$\text{繁殖力} = \frac{\text{辐照处理 } F_1 \text{ 代成虫数量}}{\text{对照 } F_1 \text{ 代成虫数量}} \times 100\%。$$

### 1.4 数据处理

根据1.3观察计算得到的杂拟谷盗幼虫、成虫的存活率,采用DPS数据处理软件以Duncan's新复极差法进行多重比较分析。根据杂拟谷盗幼虫、成虫的存活率计算其死亡率,再按下面公式计算其校正死亡率。采用DPS数据处理软件,将不同辐照剂量下杂拟谷盗的校正死亡率转换为机率值,辐照剂量转换为对数值进行几率分析,获得拟合良好的辐照剂量与死亡率的线性关系,进而计算出辐照对杂拟谷盗幼虫、成虫的半致死剂量LD<sub>50</sub>和95%置信区间<sup>[16]</sup>。

$$\text{校正死亡率} = \frac{\text{辐照处理死亡率} - \text{对照死亡率}}{1 - \text{对照死亡率}} \times 100\%。$$

## 2 结果与分析

### 2.1 电子束辐照对杂拟谷盗幼虫化蛹率和羽化率的影响

经不同剂量电子束辐照后,杂拟谷盗幼虫的化蛹率、羽化率见表1。总体来看,杂拟谷盗幼虫经电子束辐照后其化蛹率随着辐照剂量的升高而下降,各剂量辐照处理与对照相比差异显著( $P < 0.05$ )。经1000Gy及以上剂量电子束辐照后,杂拟谷盗幼虫不能化蛹,300Gy及以上剂量辐照处理的幼虫化蛹率降至20%以下,对照组有95.5%的幼虫完成化蛹。杂拟谷盗幼虫羽化率随着辐照剂量的升高而下降,各辐照处理与对照相比差异显著( $P < 0.05$ )。对照组的羽化率为87.8%,150Gy及以上剂量辐照处理后幼虫羽化率降至20%以下。250Gy剂量辐照处理后,其化蛹率为32.2%,但是,化蛹后其很快发黑并在羽化前全部死亡。因此,250Gy的辐照剂量即可以阻止杂拟谷盗幼虫完成发育。

表 1 电子束辐照后杂拟谷盗幼虫的化蛹率和羽化率

剂量/ Gy	化蛹率/ %	羽化率/ %
0	95.5±3.9a	87.8±6.9a
50	74.4±5.1b	32.2±3.9POb
100	72.2±3.9b	21.1±5.1c
150	54.4±2.0c	15.6±2.0d
200	44.4±2.0d	11.1±3.8d
250	32.2±5.1e	0.0±0.0e
300	17.8±1.9f	0.0±0.0e
400	12.2±1.9g	0.0±0.0e
600	8.9±1.9g	0.0±0.0e
800	2.2±1.9h	0.0±0.0e
1000	0.0±0.0h	0.0±0.0e
1200	0.0±0.0h	0.0±0.0e
1400	0.0±0.0h	0.0±0.0e
1600	0.0±0.0h	0.0±0.0e

注: 数值为 3 次重复平均值±标准差, 同列数据后不同小写字母表示在 5% 水平上差异显著。下同

2.2 电子束辐照对杂拟谷盗幼虫羽化成虫存活率的影响

用不同剂量的电子束辐照杂拟谷盗幼虫, 待其羽化为成虫后, 记录成虫的存活情况, 结果见表 2。由表 2 可知, 随着电子束辐照剂量的升高, 杂拟谷盗幼虫羽化成虫的存活率下降, 各辐照处理的存活率

表 2 电子束辐照后杂拟谷盗幼虫羽化成虫的存活率 %

剂量/ Gy	辐照后时间/ d		
	14	21	28
0	87.8±6.9a	84.5±3.9a	77.8±1.9a
50	31.1±1.9b	23.3±3.4b	8.9±1.9b
100	18.9±3.8c	7.8±5.1c	0.0±0.0c
150	12.2±1.9d	3.3±3.4d	0.0±0.0c
200	5.6±2.0e	0.0±0.0d	0.0±0.0c
250	0.0±0.0f	0.0±0.0d	0.0±0.0c
300	0.0±0.0f	0.0±0.0d	0.0±0.0c
400	0.0±0.0f	0.0±0.0d	0.0±0.0c
600	0.0±0.0f	0.0±0.0d	0.0±0.0c
800	0.0±0.0f	0.0±0.0d	0.0±0.0c
1 000	0.0±0.0f	0.0±0.0d	0.0±0.0c
1 200	0.0±0.0f	0.0±0.0d	0.0±0.0c
1 400	0.0±0.0f	0.0±0.0d	0.0±0.0c
1 600	0.0±0.0f	0.0±0.0d	0.0±0.0c

与对照组相比差异显著 ( $P<0.05$ )。辐照后第 14 天, 经 250 Gy 剂量辐照的幼虫羽化成虫完全死亡, 对照组的存活率则为 87.8%; 辐照 21 d 以后, 200 Gy 剂量辐照的杂拟谷盗幼虫羽化成虫完全死亡, 100 Gy 和 150 Gy 剂量辐照的幼虫羽化成虫存活率降至 10% 以下; 辐照后第 28 天, 100 Gy 和 150 Gy 剂量辐照的幼虫羽化成虫完全死亡, 50 Gy 剂量辐照的幼虫羽化成虫存活率仅为 8.9%, 而对照组存活率则为 77.8%。

2.3 电子束辐照对杂拟谷盗成虫存活率的影响

经不同剂量辐照处理后, 杂拟谷盗成虫 7~56 d 的存活率见表 3。从表 3 可以看出, 随着电子束辐照剂量的升高, 杂拟谷盗成虫的存活率下降。辐照后第 7 天时, 1600 Gy 剂量辐照的杂拟谷盗成虫全部死亡; 第 14 天时, 1200 Gy 和 1400 Gy 剂量辐照的成虫全部死亡; 辐照后 21 d 观察, 各剂量辐照处理杂拟谷盗成虫的存活率与对照组相比差异显著 ( $P<0.05$ ), 600 Gy、800 Gy 和 1000 Gy 剂量辐照的成虫全部死亡; 第 28 天时, 成虫的存活率进一步下降, 400 Gy 剂量辐照的成虫全部死亡, 300 Gy 剂量辐照的成虫接近全部死亡; 第 42 天时, 250 Gy 和 300 Gy 剂量辐照的成虫全部死亡; 第 56 天时, 200 Gy 剂量辐照的成虫全部死亡, 150 Gy 剂量辐照的成虫接近全部死亡, 存活率仅为 1.1%, 100 Gy 剂量辐照的成虫存活率降至 11.1%, 对照组存活率则高达 73.3%。根据辐照后培养 21 d 时成虫的存活率, 计算出成虫的死亡率, 进行校正后, 利用 DPS 数据处理软件进行辐照剂量—死亡率模型分析, 得到辐照剂量与死亡率的线性关系为  $Y=4\ 9237X-5\ 6148$  ( $R=0\ 8650$ ),  $LD_{50}$  为 143.2 Gy, 95% 置信区间为 98.1~209.0,  $F$  值的显著水平  $P=0\ 0055<0\ 05$ , 表明所得到的回归方程是合适的。

表 3 电子束辐照后杂拟谷盗成虫的存活率 %

剂量/ Gy	辐照后时间/ d					
	7	14	21	28	42	56
0	98.9±1.9a	95.6±5.1a	94.5±3.9a	91.1±3.8a	84.4±2.0a	73.3±0.0a
50	95.6±2.0ab	94.4±2.0ab	83.3±3.4b	72.2±5.1b	53.3±3.4b	32.2±5.1b
100	92.2±1.9bc	91.1±1.9b	72.2±5.1c	61.1±1.9c	31.1±3.8c	11.1±3.8c
150	94.4±2.0ab	88.9±3.8b	67.8±5.1c	44.5±3.9d	13.3±3.4d	1.1±1.9d
200	93.3±3.4abc	83.3±0.0c	41.1±7.0d	21.1±7.0e	4.4±2.0e	0.0±0.0e
250	92.2±1.9bc	76.7±3.4d	25.5±2.0e	8.9±5.1e	0.0±0.0f	0.0±0.0e
300	91.1±5.1bcd	72.2±3.9d	15.6±2.0f	2.2±1.9f	0.0±0.0f	0.0±0.0e
400	92.2±3.9bc	65.6±2.0e	5.6±2.0g	0.0±0.0g	0.0±0.0f	0.0±0.0e
600	90.0±3.3bcd	47.8±5.1f	0.0±0.0h	0.0±0.0g	0.0±0.0f	0.0±0.0e
800	87.8±5.1cd	32.2±5.1g	0.0±0.0h	0.0±0.0g	0.0±0.0f	0.0±0.0e
1000	85.6±2.0d	3.3±3.4h	0.0±0.0h	0.0±0.0g	0.0±0.0f	0.0±0.0e
1200	32.2±5.1e	0.0±0.0h	0.0±0.0h	0.0±0.0g	0.0±0.0f	0.0±0.0e
1400	4.4±3.9f	0.0±0.0h	0.0±0.0h	0.0±0.0g	0.0±0.0f	0.0±0.0e
1600	0.0±0.0f	0.0±0.0h	0.0±0.0h	0.0±0.0g	0.0±0.0f	0.0±0.0e

## 2.4 电子束辐照对杂拟谷盗繁殖力的影响

以不同剂量的电子束对杂拟谷盗成虫进行辐照处理后,计算其繁殖力,结果见图 1。由图 1 可知,杂

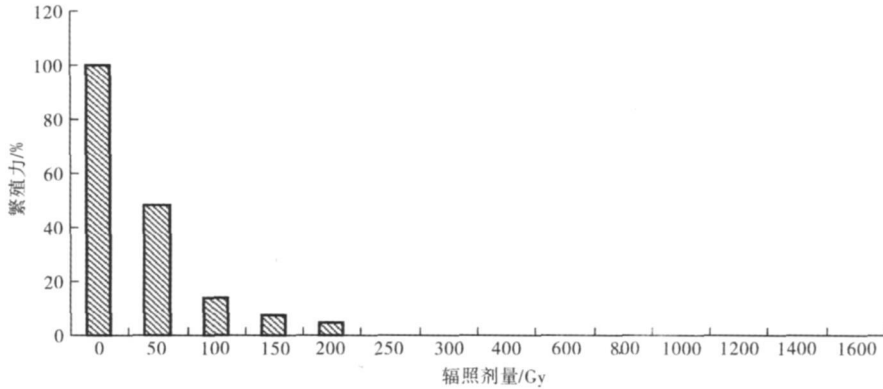


图 1 电子束辐照对杂拟谷盗成虫繁殖力的影响

## 3 结论与讨论

杂拟谷盗幼虫和成虫经不同剂量的电子束辐照后不会立即死亡,而是经过一定的时间后才死亡,而且辐照剂量越高死亡所需时间越短。这是由于辐照可造成害虫细胞核 DNA 损伤,辐照剂量越高损伤越严重<sup>[17]</sup>。电子束辐照的杀虫机制主要是通过损伤的积累来杀死害虫细胞,细胞死亡数量达到一定程度导致虫体死亡。

杂拟谷盗幼虫和成虫对电子束的敏感性存在差异,幼虫经 250Gy 剂量辐照后不能发育为成虫,且在 14d 内全部死亡,而成虫经 250Gy 剂量辐照后则需 42d 才能全部死亡。因此,杂拟谷盗的幼虫比成虫对电子束具有更高的敏感性。

杂拟谷盗的繁殖力随着辐照剂量的上升而明显下降,成虫经 250Gy 剂量辐照后其繁殖力为 0,即无法产生下一代成虫,并且经 250Gy 剂量辐照的杂拟谷盗幼虫不能发育为成虫。这表明采用电子束辐照防治技术能够彻底解决化学熏蒸剂防治中存在的害虫抗性、杀虫不彻底等难题,可以有效替代化学熏蒸技术,为烟草害虫防治开辟了一条新的途径。目前,我国烟草仓储害虫防治常用的方法仍是化学熏蒸法,但由于我国烟草行业已基本实现从把烟贮存过渡到片烟贮存,烟草包装形式的改变直接影响到磷化氢的穿透,因此,我国烟草行业沿用多年的把烟熏蒸模式及药效检查方法已不适用于片烟<sup>[18]</sup>。电子束辐照技术具有杀虫彻底、能耗少、安全、环保且易与现有的烟草生产加工工艺相结合等优点,在烟草仓储害虫防治中具有进一步研究开发的价值和广阔的产业化应用前景。

### 参考文献:

[1] 王助引,周兴华,韦德卫,等.广西烟仓害虫及其天敌种类[J].广西农业科学,2007,38(3):279-281.  
[2] 龚信文,孟国玲,肖春.中国烟草仓库昆虫名录[J].湖

拟谷盗成虫繁殖力随着辐照剂量增加而明显下降。250Gy 及以上剂量辐照处理的杂拟谷盗成虫无法产生下一代成虫。

北农学院学报,1997,17(2):146-150.  
[3] 蒋樟法.烟叶仓储害虫及检疫措施[J].植物检疫,2001,15(3):181-182.  
[4] 严晓平,周浩,沈兆鹏,等.中国储粮昆虫历次调查总结与分析[J].粮食储藏,2008,37(6):3-10.  
[5] 张小霞,梁振普,邱立友,等.烟仓害虫的生物防治[J].中国农学通报,2007,23(2):379-383.  
[6] 王永.储烟害虫的危害及防治[J].商品储运与养护,2003(6):35-36.  
[7] Subramanyam B H. Integrated management of insects in stored products[M]. New York: Marcel Dekker Inc, 1995: 304-318, 349-383.  
[8] Rajendran S. Insect resistance to phosphine-challenges and strategies[J]. International Pest Control, 2001, 43: 118-123.  
[9] Abdeljelil B, Neil H, Jorge H, *et al.* Fifty years of radiation biology in entomology: lessons learned from IDIDAS[J]. Annals of the Entomological Society of America 2005, 98 (1): 1-12.  
[10] 陈云堂,郭东权,吕晓华,等.电子束处理烟草甲末龄幼虫的辐照效应[J].核农学报,2010,24(4):755-759.  
[11] 徐朝哲,叶军,袁平,等.ESS-010-03 电子直线加速器对水果进行辐照处理的研究[J].植物检疫,2008,22(4):205-208.  
[12] 范家霖,陈云堂,郭东权,等.电子束对锯谷盗幼虫和成虫的辐照效应研究[J].安徽农业科学,2010,38(24):13246-13248,13311.  
[13] 黄曼,胡碧君,罗柏流,等.电子束辐照防治储粮害虫及对小麦品质影响的研究[J].河南工业大学学报:自然科学版,2009,30(4):17-20  
[14] 王殿轩,王磊磊,李淑荣,等.电子束辐照对米象成虫脂肪酸影响研究[J].粮食储藏,2009(2):12-15.  
[15] 王殿轩,韩辉,李淑荣,等.电子束辐照对不同虫态的嗜卷书虱的作用[J].核农学报,2009,23(3):467-470.  
[16] 施卫兵.生防真菌对叶螨类植物害螨的微生物防治研究[D].杭州:浙江大学,2007.  
[17] 林海峰,戚大伟,李花顺.γ射线辐照对舞毒蛾幼虫 DNA 作用的研究[J].森林工程,2008,24(3):3-5.  
[18] 程新胜,王方晓,魏重生.从 CORESTA 指南谈我国烟草仓库熏蒸灭虫实践[C].武汉:中国烟草学会 2004 年学术年会论文集,2004:477-480.