X 射线辐照处理对玉米象成虫的辐射效应*

康芬芬[1,2**] 魏春艳[3] 覃怀莉[4] 李志红[1***]

(1. 中国农业大学 北京 100193; 2. 天津出入境检验检疫局 天津 300461;
3. 吉林出入境检验检疫局 吉林 130062; 4. 清华同方威视股份有限公司 北京 100084)

摘 要 探讨辐照处理对玉米象 *Sitophilus zeamais* Motschulsky 成虫的辐射效应,为其在粮食储藏中的实际应用提供理论依据。本文利用加速器产生的 X 射线对玉米象成虫进行了不同剂量的辐照处理。结果表明,X 射线显著的影响了玉米象成虫的活动能力、死亡率和繁殖力,玉米象成虫经 70 Gy 以上剂量辐照 48 d 的死亡率可达 100%。考虑到实际应用,笔者建议可将 200 Gy 作为辐照处理玉米象成虫的最适辐照杀灭剂量,100 Gy 作为辐照处理阻止玉米象成虫繁殖的最适剂量。

关键词 X-射线,玉米象,辐射效应

Irradiation effect of X-rays on adults of *Sitophilus zeamais*

KANG Fen-Fen[1,2**] WEI Chun-Yan[3] QIN Huai-Li[4] LI Zhi-Hong[1***]

(1. China Agricultural University, Beijing 100193, China; 2. Tianjin Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Tianjin 300461, China; 3. Jilin Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Jilin 130062, China; 4. Nuctech Co. Ltd., Beijing 100084, China)

Abstract The effect of X-rays on adults of *Sitophilus zeamais* Motschulsky was studied in order to improve the irradiation treatment of stored food. X-rays had a significant effect on the activity, mortality and fertility of this insect pest. Radiation levels over 70 Gy can achieve 100% adult mortality after 48 days. For practical purposes, 200 Gy can be regarded as a suitable lethal dose for eradicating *S. zeamais* adults and 100 Gy for preventing F1 production.

Key words X-rays, *Sitophilus zeamais*, irradiation effect

玉米象 *Sitophilus zeamais* Motschulsky,属于鞘翅目(Coleoptera)象甲科(Curculionidae)。主要为害谷物及加工品、豆类、油料、干果、中药材,分布在世界大多数国家和地区,在中国各省(区)均有分布(张生芳等,2008)。玉米象是世界性的重要储粮害虫,1983 年被我国粮食部门列为头号储粮害虫,主要为害贮存 2 ~ 3 年的陈粮,成虫啃食,幼虫蛀食谷粒,为害粮食严重(沈兆鹏,1990;李淑荣等,2005)。

我国储粮害虫的防治主要依赖于化学药剂的熏蒸,但由于熏蒸剂对环境和人类健康的危害以及残留等问题,敌敌畏、氯化苦、溴甲烷等主要药剂相继被淘汰,磷化氢由于长期单一地使用,也面临着严重的害虫抗性问题,其使用效果和寿命受到了严重的威胁。因此,寻求一种新型、环保、有效的粮食灭虫技术成为当前最为紧迫的任务。辐照杀虫是利用电离辐射与害虫的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。与传统的储粮害虫防治技术相比,辐照杀虫技术操作方便、穿透力强、节约能源、无污染、无残留、技术经济可行等。随着辐照杀虫技术特别是散粮辐照杀虫技术的发展,虽然无法替代所有的储粮害虫防治手段,但它独特的优点使其在储粮害虫防治中有着巨大的应用前景(李光涛等,2007)。

本研究以加速器转化成的 X 射线为手段,研

* 资助项目:局内科研项目:辐照技术在进境粮食检疫处理中的研究应用(TK-2009-039)。

** E-mail: Kangff@tjciq.gov.cn

*** 通讯作者,E-mail: lizh@cau.edu.cn

收稿日期:2010-05-24,接受日期:2010-07-09

究了不同剂量的辐照处理对玉米象成虫的辐射生物效应,旨在为粮食仓储害虫的辐照灭虫提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　材料

玉米象成虫来自吉林出入境检验检疫局实验室饲养,用经过灭菌处理的小麦在 25℃、RH65% 条件下多代繁殖,取羽化 3 d 后的成虫用于本次实验。

1.2　辐照处理

本试验利用清华大学核物理研究室的加速器产生的 X 射线,加速器能量为 6 Mev,剂量率 8.76 Gy/min,剂量检测仪为 PTW-UNIDOs(Freiburg, German) 。试验共设 30、50、70、100、150、200、300、400 和 500 Gy 9 个剂量梯度,每梯度 3 个重复,每重复随机挑选活动能力强、大小一致的 50 对玉米象雌雄成虫用于实验。将对照置于辐照场所周围,不进行照射。

1.3　辐射效应评价

1.3.1　存活成虫的活动能力　辐照后每隔一定饲养时间检查对照组和各个辐照组玉米象成虫的存活情况,观察存活成虫的活动敏捷程度,作好记录,并按照存活成虫的行为特征作如下分级。

1 级: 所有存活成虫行为很敏捷; 2 级: 2/3 存活成虫行为很敏捷,1/3 存活成虫行为缓慢; 3 级: 1/3 存活成虫行为很敏捷,2/3 存活成虫行为缓慢; 4 级: 所有存活成虫行为很缓慢。

1.3.2　成虫死亡率计算　辐照后每隔一定饲养时间移去已死亡成虫,并计算各个辐照组的校正死亡率。

死亡率(%) = 本次死亡的成虫/上次检查后存活的成虫 × 100,

校正死亡率(%) = (辐照组死亡率 - 对照组死亡率) /(1 - 对照组死亡率) × 100。

1.3.3　成虫繁殖力计算　20 d 后分别移去各辐照组中存活成虫至新的小麦中饲养,带卵小麦在原条件下培养 60 d 后,检查新羽化的 F_1 代成虫数量,并计算成虫繁殖力。

繁殖力 = 新羽化 F_1 代成虫数量/总受试成虫数量 × 100,

相对繁殖力 = 各组繁殖力/对照组繁殖力 × 100。

1.4　数据处理

利用 Excel 进行数据分析。

2　结果与分析

2.1　辐照对玉米象成虫活动能力和取食情况的影响

玉米象成虫用不同剂量的 X 射线辐照后饲养,每隔数日观察各处理组成虫的活动能力和取食情况。由表 1 可以看出,辐照 3 d 后,各辐照组成虫的行为均很敏捷; 从辐照后第 9 天开始,各辐照组存活成虫的活动能力开始陆续减缓,70 ~ 300 Gy 部分成虫行为敏捷,而 400 和 500 Gy 辐照组所有成虫行为均已缓慢; 12 d 后,100 Gy 以上剂量成虫活动能力均不敏捷; 至 48 d 后,30 Gy 辐照组存活成虫的行为仍非常活跃,50 Gy 辐照组仅部分活跃。

从辐照后玉米象成虫的取食情况看,对照组和 30 Gy 辐照组被蛀食小麦粒较多,50 Gy 辐照组蛀食小麦粒数量次之,70、100 和 150 Gy 辐照组仅有少量蛀食,200 Gy 以上辐照组小麦粒均完好。可以看出,随辐照剂量的加大,玉米象成虫的取食能力下降。

2.2　辐照对玉米象成虫的致死效应

由表 2 可以看出,辐照 3 d 后,各辐照组的死亡情况并不明显; 辐照 9 d 后,各辐照组成虫陆续开始死亡,400 和 500 Gy 辐照组死亡率显著高于其他组; 辐照 12 d 后,各辐照组死亡率开始上升,且随着剂量的增加而增加; 辐照 21 d 后,各辐照组死亡率急剧上升,100 ~ 500 Gy 各辐照组死亡率达 90% 以上; 辐照 28 d 后,50 和 70 Gy 辐照组死亡率略有上升,400 和 500 Gy 辐照组死亡率达 100%; 辐照 36 d 后,70 Gy 辐照组死亡率继续略有上升,100 ~ 300 Gy 辐照组死亡率均达 100%; 辐照 48 d 后,70 Gy 辐照组死亡率达 100%; 辐照 60 d 后,50 Gy 辐照组死亡率仅 3.4% 。

从表 1,2 可以看出,玉米象成虫经辐照后不是立刻死亡也不是同时死亡,而是随着时间的推移陆续死亡; 不同辐照剂量对玉米象成虫死亡率的影响随着剂量的增加明显升高,玉米象成虫达到 100% 死亡的时间也明显缩短; 100 ~ 500 Gy 辐照对玉米象成虫的致死效应在辐照后饲养 12 ~ 21 d 集中体现,辐照 36 d 后达致死高峰; 30 和 50 Gy 辐照对玉米象成虫的死亡率影响不显著,辐照后

表 1 不同辐照剂量对玉米象成虫活动能力的影响

Table 1 Effect of irradiation dose on the activity of *Sitophilus zeamai* adults

剂量(Gy) Dose	存活成虫的活动能力 Activity of live adults							
	3 d	9 d	12 d	21 d	28 d	36 d	48 d	56 d
0	1 级	1 级	1 级	1 级	1 级	1 级	1 级	1 级
30	1 级	1 级	1 级	1 级	1 级	1 级	1 级	1 级
50	1 级	1 级	1 级	1 级	1 级	1 级	1 级	2 级
70	1 级	1 级	2 级	2 级	4 级	4 级		
100	1 级	3 级	4 级	4 级	4 级			
150	1 级	3 级	4 级	4 级	4 级			
200	2 级	3 级	4 级	4 级	4 级			
300	2 级	3 级	4 级	4 级	4 级			
400	3 级	4 级	4 级	4 级				
500	3 级	4 级	4 级	4 级				

注:1 级:所有存活成虫行为很敏捷;2 级:2/3 存活成虫行为很敏捷,1/3 存活成虫行为缓慢;3 级:1/3 存活成虫行为很敏捷,2/3 存活成虫行为缓慢;4 级:所有存活成虫行为很缓慢。

1 degree: swift (100% live adults); 2 degree: swift (2/3 live adults), slow (1/3 live adults); 3 degree: swift (1/3 live adults), slow (2/3 live adults); 4 degree: slow (100% live adults).

表 2 不同辐照剂量对玉米象成虫死亡率的影响

Table 2 Effect of irradiation dose on the mortality of *Sitophilus zeamai* adults

剂量(Gy) Dose	校正死亡率(%) Corrected mortality							
	3 d	9 d	12 d	21 d	28 d	36 d	48 d	56 d
对照/CK	0	0	3.8	2.7	1.1	0	1.7	0
30	0	1.7	7.3	3.8	2.9	0	1.7	0
50	0	1.8	17.2	35.3	45.3	30.4	6.2	3.4
70	0	1.8	17.7	77.5	83.1	91.7	100	
100	0	1.2	20.5	92.6	80.7	100		
150	0	1.7	36.9	92.6	91.3	100		
200	0	2.6	47.1	93.6	93. 6	100		
300	0.6	7.9	44.0	93.6	93.2	100		
400	0	19.3	53.1	94.8	100			
500	0.7	22.4	69.3	95.1	100			

48 d 死亡率未达 100%,且存活成虫活动力很强,说明 30 和 50 Gy 低剂量辐照对玉米象成虫而言意义不大。

2.3 辐照对玉米象成虫繁殖力的影响

由表 3 可以看出,辐照后 60 d,30 Gy 辐照组相对于对照组有 3.0% 的繁殖力,50 Gy 辐照组相对于对照组仅有 0.2% 的繁殖力,70 Gy 以上辐照组均没有产生 F1 代。可见,辐照处理可明显影响玉米象成虫产生 F1 代。

3 结论与讨论

3.1 辐射损伤积累效应

本实验初步研究了 X 射线辐照处理对玉米象成虫的辐射生物效应,发现玉米象成虫经辐照后不是立刻死亡也不是同时死亡,而是随着时间的推移陆续死亡,有资料表明辐照灭虫主要是通过对细胞损伤的积累来杀死细胞,细胞必须修复其 DNA 损伤后才能继续存活,否则不能无限繁殖继续发育(李景奎和戚大伟,2006),而不可修复和错误修复的 DNA 双链断裂导致细胞突变或死亡(赵

靖等,2004),也说明辐射对细胞除了直接灭活外,还存在后效应(林海峰等,2008)。

表 3　不同辐照剂量对玉米象成虫繁殖力的影响

Table 3　Effect of irradiation dose on the fecundity of *Sitophilus zeamai* adults

剂量(Gy) Dose	繁殖力(%) Fecundity	相对繁殖力(%) Relative fecundity
0	137	100
30	4.0	3.0
50	0.3	0.2
70	0	0
100	0	0
150	0	0
200	0	0
300	0	0
400	0	0
500	0	0

3.2　剂量与成虫死亡率呈正相关

王殿轩等(2004)报道辐照 14 d 后,300 Gy 剂量以上辐照组玉米象成虫的死亡率达 100%,未提及其他剂量对玉米象成虫 100% 致死时间。本研究发现不同辐照剂量对玉米象成虫死亡率的影响随着剂量的增加明显升高,玉米象成虫达到 100% 死亡的时间也明显缩短,100 ~ 300 Gy 辐照 36 d 后,玉米象成虫的死亡率达 100%。

3.3　剂量与成虫繁殖力的关系

本研究发现辐照处理可明显影响玉米象成虫产生 F1 代的能力,玉米象成虫经 70 Gy 以上剂量辐照均不能产生 F1 代,这与李淑荣等(2005)报道 180 Gy 以下剂量辐照处理的玉米象成虫有产生下一代的能力,180 Gy 以上剂量辐照处理的成虫则不能产生下一代成虫的结果有所不同。

3.4　辐照处理玉米象成虫的最适剂量

害虫辐射敏感性与其生命活动密切相关,害虫对辐照的敏感性因虫态的不同有所不同,一般情况下,害虫对辐照的敏感性依次为: 卵、幼虫 > 蛹(若虫) > 成虫(郭东权等,2009)。因此,考虑到粮食储藏的实际情况,笔者建议可将 200 Gy 作为辐照处理玉米象成虫的最适辐照杀灭剂量,100 Gy 作为辐照处理阻止玉米象成虫繁殖的最适剂量。

参考文献(References)

郭东权,陈云堂,张建伟,杨保安,杨忠强,王玉莲,2009. ^{60}Coγ 射线对杂拟谷盗成虫的辐照效应研究. 中国农学通报,25(15):183—186.

李光涛,曹阳,孙辉,李燕羽,2007. 辐照技术在储粮害虫防治中的应用. 粮食储藏,36(2):1—10.

李景奎,戚大伟,2006. 物理灭虫方法及机理研究. 林业劳动安全,19(2):20—23.

李淑荣,王殿轩,高美须,原锴,温闲芳,2005. 电子束处理对玉米象繁殖力的影响. 核农学报,19(1):46—48.

林海峰,戚大伟,李花顺,2008. γ 射线辐照对舞毒蛾幼虫 DNA 作用的研究. 森林工程,24(3):3—5.

沈兆鹏,1990. 谷象、玉米象和米象. 新疆粮油科技,2:21—26.

王殿轩,李淑荣,温贤芳,原锴,2004. 电子束辐照谷物中玉米象不同虫态的生物效应. 核农学报,18(2):131—133.

张生芳,陈洪俊,薛光华,2008. 储藏物甲虫. 北京: 中国农业科学技术出版社. 20.

赵靖,李文建,高清祥,王菊芳,毛淑红,夏景光,杨建设,2004. γ 射线对 A172 胶质瘤细胞的生物学效应. 原子核物理评论,21(1):53—55.