核 农 学 报 2006,20(6):527～530
Journal of Nuclear Agricultural Sciences

文章编号:1000-8551(2006)06-527-04

辐照对光肩星天牛幼虫发育的影响

王跃进[1] 王 新[1] 詹国平[1] 徐 亮[1] 刘志杰[2]
刘 波[1] 孙志超[3] 柘春梅[1] 黄晓旭[1]
(1. 中国检验检疫科学研究院,北京 100029;2. 甘肃省出入境检验检疫局,甘肃,兰州 730020;
3. 清华同方威视技术股份有限公司,北京 100084)

摘 要:用高能 X 射线辐照处理 3、4、5 龄光肩星天牛幼虫,结果表明:辐照引起幼虫的生活期延长,发育迟缓;辐照抗性随虫龄的增加而增强,5 龄幼虫最耐辐照,阻止其化蛹的剂量为 55～60 Gy。γ 射线辐照杨树木段中光肩星天牛幼虫的结果也表明,60 Gy 能够 100 %阻止老熟幼虫化蛹。因此,可以推荐 60 Gy 作为光肩星天牛幼虫检疫辐照处理的有效剂量,用于原木和木质包装的检疫除害处理。

关键词:光肩星天牛;辐照;X 射线;γ 射线 *Anoplophora glabripennis*

EFFECT OF IRRADIATION ON DEVELOPMENT OF THE LARVAE OF *Anoplophora glabripennis*

WANG Yue-jin[1] WANG Xin[1] ZHAN Guo-ping[1] XU Liang[1] LIU Zhi-jie[2]
LIU Bo[1] SUN Zhi-chao[3] ZHE Chun-mei[1] HUANg Xiao-xu[1]
(1. *Chinese Academy of Inspection and Quarantine*, *Beijing* 100029; 2. *Gansu Exit-entry Inspection and Quarantine Bureau*, *Lanzhou*, *Gansu* 730020;
3. *NUCTECH Company Limited*, *Beijing* 100084)

Abstract: The third-fifth instar larvae of *Anoplophora glabripennis* were irradiated at the dose of 20～140 Gy by high energy X-rays (9 MeV), the results showed that irradiation at the dose of 20～60 Gy prolonged the developmental duration of irradiated larvae, and the radio-resistance was increased with the increase of instars, where the 5th instar larvae was the most resistant larvae, the irradiation dose for preventing pupation was 55～60 Gy. ^{60}Co-γ rays irradiation at the dose of 60 Gy also prevent the mature larvae of *A. glabripennis* in poplar wood from pupation completely. Thus, the minimum effective dose of 60 Gy could be suggested for quarantine treatment of the larvae of *A. glabripennis* in logs and wood packing materials.

Key words: *Anoplophora glabripennis*; irradiation; X rays; γ-rays

光肩星天牛(*Anoplophora glabripennis*)危害杨、柳、元宝枫、榆、糖槭等树木,受害木质部被蛀空,树干风折或整株枯死,是杨树等树木毁灭性害虫。光肩星天牛分布于朝鲜、日本和中国[1];1995 年以后在美国纽约、芝加哥等地发现其定殖和危害,并因采用防治、清除等检疫处理措施花费了数亿美元,造成了巨大的经济损失[2,3]。该虫能随进出境贸易中的原木、木质包装材料进行远距离传播,已引起国际上对进出境木质包装检疫除害处理问题的高度重视,并开展了熏蒸、热处理、微波处理等多项检疫除害处理技术研究[4～8],证明了溴甲烷熏蒸和热处理是有效的检疫除害处理方法。国际植物检疫措施临时委员会于 2002 年发布第 15 号国际植物检疫措施标准《国际贸易中木质包装材料管理准则》,加强了对光肩星天牛等检疫性有害生物的管理[9]。

辐照处理具有快速、高效、无污染等优点,害虫接受不育剂量的辐照处理后虽不能立即死亡,但生长发育被终止或繁殖能力完全丧失,因此,害虫辐照不育技术成为一项有效的检疫除害处理方法,并从 1995 年开始进行商业化应用[10～13]。路大光、唐桦、刘晓辉等对光肩星天牛雄虫和雌虫^{60}Coγ 射线辐照处理的初步结果显示,90～100 Gy 能够阻止成虫繁殖[14～16]。由于光

收稿日期:2006-08-10
作者简介:王跃进(1961-),男,研究员,重庆云阳人,从事检验处理技术和装备研究工作。Email:zhgp136@tom.com

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

肩星天牛的生活周期一般为2年,其蛹期为2周左右,成虫仅在木质部中停留7d左右[1,17],所以,幼虫成为远距离传播的主要虫态,其传播几率最大。为应用辐照技术对原木和木质包装中光肩星天牛进行检疫处理,对甘肃、宁夏的3、4、5龄幼虫进行了高能X射线和^{60}Co γ射线处理,初步确定了幼虫不能继续发育的剂量。

1 材料和方法

1.1 高能X射线辐照处理设备

采用同方威视股份有限公司生产的Hextron9-3000型9MeV电子直线加速器(1m处剂量率为3000Gy/min)进行辐照,用德国PTW公司的PTW UNIDOS剂量仪监测辐照剂量。

1.2 幼虫采集、辐照处理及室内饲养

2003-2005年的4月中旬分别从甘肃、宁夏受害杨树中采集3～5龄光肩星天牛幼虫,放入装有人工饲料(配方见表1)的塑料杯中运到北京进行试验。

表1 光肩星天牛幼虫饲料配方

Table 1 Composition of artificial diet for larvae of *A. glapbripennis*

组分 component	重量 weight
水 water	1000ml
琼脂 agar	25g
纤维素 cellulose	40g
杨树锯末 sawdust	100g
干酪素 casein	40g
大豆粉 soybean powder	35g
蔗糖 sucrose	40g
韦氏盐 salt mix W	10g
抗坏血酸 ascorbic acid	5g
山梨酸 sorbic acid	5g
氯化胆碱 choline chloride	2g
对羟基苯甲酸甲酯 methyl parhydroxy benzoate	2g
范氏维生素混合液 Vanderzant vitamin mix	10ml
4N盐酸 hydrochloric acid	5ml
金霉素 aureomycin	1g

用牛皮纸卷成纸筒固定在纸盒内,幼虫放入纸筒后在X射线分布均匀的区域辐照,每剂量辐照的幼虫数为80只或50只,一次辐照,用剂量仪监测剂量,剂量率为5.7～15.0Gy/min。

辐照后的幼虫放入有人工饲料的150ml聚四氟塑料杯内,在恒温恒湿箱(25 ℃～27 ℃,RH60 %～80 %)内饲养,每2周更换一次饲料。记录幼虫死亡和化蛹情况,当辐照致幼虫完全死亡时,统计其死亡率、化蛹率(化蛹数量÷幼虫总数×100 %)、羽化率(成虫数量÷幼虫总数×100 %)等,并对幼虫辐照后的存活时间进行差异显著性分析。

1.3 蛹的培养

按1000g蒸馏水、1g山梨酸、1g对羟基苯甲酸甲脂和25g琼脂的比例配制培养蛹的保湿材料,幼虫化蛹后放在保湿材料上,放入恒温恒湿箱(25 ℃～27 ℃,RH60 %～80 %)内培养。

1.4 杨木中光肩星天牛幼虫γ射线辐照处理

2005年4月采集带天牛幼虫较多的杨树木段(直径8～11cm),截成80cm长的木段,两端用石蜡密封锯口,取15根破开检查,94.8 %为5龄老熟幼虫,其余为3、4龄幼虫。采用兰州辐射技术开发中心的钴源辐照,辐照前用重铬酸银剂量计标定剂量场,选取位于源中心4m剂量均匀的区域放置木段,每次15根,共4次照射60根木段。剂量率为2.17Gy/min,辐照剂量为60Gy,当辐照剂量达到一半时,木段转动180°以使剂量均匀。辐照后将木段放入室内保存,8个月后检查对照木段的新羽化孔数量作为成虫数量,剖开所有木段检查幼虫和蛹,用针刺法和热力法判断幼虫死亡情况,存活的幼虫在室内用人工饲料饲养,观察其发育情况。

2 结果与分析

2.1 高能X射线对光肩星天牛幼虫生长发育的影响

2.1.1 3～5龄混合幼虫 高能X射线辐照3、4、5龄混合幼虫的初步结果(见表2)说明,40Gy辐照后幼虫的化蛹率大大降低,仅为2.5 %;剂量60Gy以上的辐照幼虫全部死亡,无化蛹,说明此剂量能够完全阻止3～5龄的幼虫化蛹。对40～140Gy不同剂量辐照后幼虫存活时间进行方差分析,结果没有显著差异(df = 6, 553, F = 0.67, P = 0.67),表明140Gy仍然不能导致幼虫的快速死亡。

2.1.2 3龄、4龄和5龄幼虫 高能X射线分别辐照3龄、4龄和5龄幼虫的结果(见表3)表明:

(1)随着剂量的提高,3龄、4龄和5龄幼虫的死亡率增加,4龄和5龄幼虫的化蛹率和成虫羽化率降低。对于3龄幼虫而言,随着剂量的增加成虫的羽化率降低,20Gy出现正常成虫并产卵孵化,30Gy虽出现正常成虫但不能产卵,40Gy仅能出现无繁殖能力的畸形成虫。由此说明,随着剂量的增加,3龄、4龄和5龄幼虫的繁殖能力都逐渐降低。

(2)40Gy辐照3龄、4龄、5龄幼虫的化蛹率分别为11.25 %、20 %、22 %,表现出逐渐增加趋势(以校正化蛹率比较,4、5龄幼虫相近,都明显高于3龄幼虫);

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2　光肩星天牛 3～5 龄混合虫龄幼虫高能 X 射线处理的发育情况

Table 2　Effect of X-rays to development of 3～5 instar larvae of *A. glabripennis*

剂量 dose (Gy)	幼虫数量(头) larvae number	幼虫校正死亡率 corrected mortality (%)	处理后存活时间 longevity after irradiation (d)	化蛹率 pupation percent (%)		羽化率 eclosion percent (%)	
				正常 normal	畸形 abnormal	正常 normal	畸形 abnormal
0	80	-	48.7 ±1.8 a	53.75	0	50.0	3.75
40	80	95.35	43.1 ±2.7 a	1.25	1.25	0	0
60	80	100	44.9 ±2.0 a	0	0	-	-
80	80	100	44.0 ±2.3 a	0	0	-	-
100	80	100	50.2 ±2.7 a	0	0	-	-
120	80	100	46.1 ±2.3 a	0	0	-	-
140	80	100	46.4 ±2.5 a	0	0	-	-

表 3　光肩星天牛 3、4、5 龄幼虫高能 X 射线处理的发育情况

Table 3　Effect of X-rays to development of 3～5 instar larvae of *A. glabripennis*

幼虫龄期 larvae instar	剂量 dose (Gy)	幼虫数量(头) larvae number	幼虫校正死亡率 corrected mortality (%)	处理后存活时间 longevity after irradiation (d)	化蛹率 pupation percent (%)		羽化率 eclosion percent (%)	
					正常 normal	畸形 abnormal	正常 normal	畸形 abnormal
3 龄幼虫* 3rd instar larvae	0	80	-	107.8 ±5.2 B	25.0	0	22.5	2.5
	20	80	15.38	123.4 ±5.5 A	8.75	0	6.3	1.3
	30	80	46.15	96.3 ±5.3 B	11.25	0	3.8	5.0
	40	80	76.92	77.2 ±3.2 C	11.25	0	0	2.5
4 龄幼虫 4th instar larvae	0	50	-	48.6 ±3.3 C	76.0	4.0	72.0	4.0
	40	50	75.0	82.6 ±4.2 B	0	20.0	-	2.0
	45	50	100	97.4 ±3.6 A	-	-	-	-
	50	50	100	94.6 ±3.8 A	-	-	-	-
	55	50	100	88.8 ±3.7 AB	-	-	-	-
	60	50	100	78.7 ±2.5 B	-	-	-	-
5 龄幼虫 5th instar larvae	0	50	-	38.2 ±3.6 B	82.0	2.0	76.0	6.0
	40	50	73.81	53.5 ±3.8 A	4.0	18.0	2.0	4.0
	45	50	95.24	54.1 ±3.4 A	0	4.0	-	0
	50	50	97.62	53.3 ±2.4 A	0	2.0	-	0
	55	50	100	56.7 ±3.0 A	0	0	-	-
	60	50	100	47.8 ±2.9 AB	0	0	-	-

注：*饲养 181d 后，0、20、30 Gy 处理的幼虫存活率分别为 23.75 %、32.5 %、15.0 %。

Note: *23.75 %, 32.5 % and 15.0 % of the larvae irradiated at 0, 20 and 30 Gy were alive respectively after 181days.

45 Gy 和 50 Gy 辐照 4 龄和 5 龄幼虫后，4 龄幼虫化蛹率为零，而 5 龄幼虫化蛹率分别为 4 %和 2 %。说明在相同的剂量下，随着龄期的增加，化蛹率提高。

综合上述两项分析结果，若以化蛹、羽化等发育能力指标作为判断幼虫辐照抗性的标准，则 3 龄幼虫最敏感，5 龄幼虫最耐辐照。而 5 龄幼虫经 55～60 Gy 辐照后没有化蛹，所以，使用裸虫进行辐照试验证明，阻止光肩星天牛幼虫化蛹的剂量为 55～60 Gy。

(3) 比较幼虫的存活时间发现，辐照幼虫的生活时间明显比未辐照幼虫长，表现为辐照延长幼虫期，推迟化蛹，导致幼虫生长发育迟缓。经不同剂量处理的 4 龄和 5 龄幼虫的存活时间均没有显著差异，但明显长于未辐照幼虫 (4 龄幼虫：$df = 5, 294$，$F = 4.33$，$P = 8.11 \times 10^{-4}$；5 龄幼虫：$df = 5, 294$，$F = 24.63$，$P = 1.04 \times 10^{-20}$)，其中 4 龄幼虫表现更为明显，存活时间为对照的 1.6～2 倍。说明 4、5 龄光肩星天牛幼虫接受 40～60 Gy 的亚致死剂量处理后发育迟缓，生活期延长。

3 龄幼虫处理后没有观察到完全化蛹或死亡，因而辐照延长幼虫生活时间的作用表现不明显。以 181d 饲养期统计，20 Gy 处理幼虫的死亡率与对照相近，平均存活时间明显长于对照 ($df = 3, 316$，$F = 15.77$，$P = 1.4 \times 10^{-9}$)；30 Gy 和 40 Gy 处理的幼虫死亡率高、化蛹率低，平均存活时间与对照相当甚至更短。其中未辐照 3 龄幼虫死亡率高的主要原因可能是：西部地区自然生长的光肩星天牛幼虫需要经过 2 次越冬，其中钻入木质部的 3 龄幼虫还需要一次越冬[1,17]，所以在人工饲养时，也需要进行低温处理或者变温处理[18～21]。由于试验过程中未对 3 龄以及 3～5 龄混合

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Journal of Nuclear Agricultural Sciences
2006,20(6):527～530

幼虫进行低温处理,致使死亡率高、化蛹率低。

2.2 γ射线对杨木中光肩星天牛幼虫发育的影响

光肩星天牛钻蛀的杨树木段经γ射线辐照处理2个月后,发现未辐照木段中有大量成虫飞出;从辐照的木段中取出4根剖开检查,结果没有化蛹,存活幼虫腹前胸或者尾部有黑色或黑褐色的辐照斑。辐照处理8个月后破开木段检查天牛死亡情况(见表4)发现,未经辐照的木段中成虫羽化率为92.5%,幼虫死亡率为2.5%,说明辐照前该批杨树木段中绝大部分为5龄老熟幼虫(与辐照前检查木段的结果相近),而且能够在砍伐后的木段中正常发育。辐照处理的幼虫在木段中死亡99.2%,没有化蛹和羽化。由此说明,γ射线与高能X射线处理裸虫的辐照效应相同,60Gy能有效阻止光肩星天牛5龄老熟幼虫化蛹。

表4 γ射线辐照杨树木段8个月后光肩星天牛的检查结果

Table 4 Mortality of *A. glabripennis* in poplar irradiated after 8 months

处理 Treatment item	辐照剂量 Dose(Gy)	幼虫数量(头/根) Average number	死亡幼虫数量(头) Dead number	存活幼虫数量(头) Alive number	校正死亡率 Corrected mortality(%)	成虫(头) Adult number
CK	0	13.7±1.1	20	42**	-	758
处理1	60	8.6±1.9	127	2*	98.41	0
处理2	60	12.0±1.8	180	0	100.00	0
处理3	60	8.9±1.3	131	2*	98.46	0
处理4	60	11.7±2.5	175	1*	99.42	0

注:* 经室内饲养后在幼虫期死亡;**室内饲养后部分化蛹和羽化。

Note: *The larvae were rearing on the artificial diet, and all of them were dead during larva stage; **Part of the larvae became pupae and adults.

3 讨论

阻止害虫发育和繁殖的辐照剂量一般能够缩短害虫的生活期,但部分害虫的生活期延长[22,23]。如X射线辐照地中海粉螟(*Anagasta kuehniella*)、γ射线照射印度谷螟(*Plodia interpunctella*)、黑腹果蝇 *Drosophila melanogaster* 等幼虫[22],以及谷斑皮蠹(*Trogoderma glabrum*)、苹果蠹蛾(*Cydia pomonella*)、二点叶螨(*Tetranychus urticae*)[24～26]成虫(螨)等。本试验中光肩星天牛3龄幼虫经20Gy辐照、4龄和5龄幼虫经40～60Gy辐照后,其生活期都明显长于未辐照幼虫,表现出辐照延长幼虫生活期的效果。

一般来说,害虫发育越完善,耐辐照处理能力越强;对幼虫而言,虫龄越大,耐辐照处理能力越强[22,23]。本试验对最耐辐照的5龄老熟幼虫进行55～60Gy的高能X射线辐照以及60Gy的γ射线辐照,都能100%阻止光肩星天牛幼虫化蛹。根据国际植物保护公约2003年颁布的《辐照作为检疫处理方法的准则》(ISPM No.18)的规定,阻止某一虫态继续发育或者繁殖均可作为检疫除害处理的辐照剂量标准[12]。因此,可以推荐60Gy作为光肩星天牛幼虫检疫辐照处理的剂量指标。

参考文献:

[1] 阎浚杰,秦锡祥.光肩星天牛.森林昆虫学,中国林业出版社,第2版,1990,455～457

[2] Haack R A, Law K R, Mastro V C, et al. New York's battle with the Asian longhorned beetle. Journal of Forestry, 1997, 95(12): 11～15

[3] Cavey J F, Hoebeke E R, Passoa S, et al. A new exotic threat to North American hardwood forests: an Asian longhorned beetls, *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) (Coleoptera: Cerambycidae) I. Larval description and diagnosis. Proceedings of the Entomological Society of Washington, 1998, 100(2): 373～381

[4] 王跃进,王 新,等.黄斑星天牛硫酰氟检疫熏蒸技术研究.植物检疫,2003,17(2):65～69

[5] 王跃进,詹国平,等.黄斑星天牛磷化氢熏蒸技术初步研究.植物检疫,2003,17(3):129～132

[6] 王跃进,詹国平,等.黄斑星天牛热空气处理技术研究初报.植物检疫,2003,17(6):326～329

[7] Barak Allen, Wang Yuejin, et al. Methyl Bromide as a Quarantine Treatment for *Anoplophora glabripennis* in Regulated Wood Packing Material. Journal of Economic Entomology, 2005, 98(6): 1911～1916

[8] Fleming, M R, et al. Microwave irradiation of wood packing material to destroy the Asian longhorned beetle. Forest Products Journal, 2003, 53: 1, 46～52

[9] IPPC. Guidelines for regulating wood packaging material in international trade. 2003,15

[10] ICGFI. Irradiation as a Quarantine Treatment of Fresh Fruits and Vegetables. 1991,13

[11] ICGFI. Irradiation as a Quarantine Treatment of Fresh Fruits and Vegetables. 1994,17

[12] IPPC. Guidelines for the Use of Irradiation as a Phytosanitary Measure. 2003,18

[13] Guy J. Hallman. Ionizing radiation quarantine treatments against tephritid fruit flies. Postharvest Biology and Technology, 1999, 16: 93～106

[14] 刘晓辉,李咏军,等.辐照对光肩星天牛交配能力的影响.核农学报,2003,17(5):402～404

(下转第472页)

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Journal of Nuclear Agricultural Sciences
2006 ,20(6) :469～472

于高温处理的;无论是克隆苗还是种子苗,在紫外线照射的处理中,同一分裂相中断片的数量要多于 45 ℃高温处理的;随着逆境处理时间的延长,中期分裂相中出现染色体断片的数量也随着增加(图 3 - 3、4)。

3 讨论

在正常培养条件下,蚕豆种子苗在离体繁殖 3 代后,克隆苗与种子苗在表型上长势相当,难于区别,有丝分裂过程中出现染色体断片的频率不高。种子苗对高温、紫外线胁迫的耐受力明显好于克隆苗。在同等条件下,克隆苗的死亡率是种子苗的 2～3 倍。植株在遇到高温、紫外线胁迫时不仅在外观上表现出叶片枯黄、植株死亡,染色体水平也发生了畸变,表现在有丝分裂中期分裂相中有很多断片产生。高温处理和紫外线照射的时间越长,有丝分裂过程中出现染色体断片的频率就越高。紫外线照射胁迫对植株造成的伤害大于高温胁迫,紫外线照射达到 2h 时,克隆苗分裂相中出现断片的频率接近 50 %,克隆苗的变异程度要远远大于种子苗。

利用蚕豆(*Vicia faba*)根尖微核技术监测环境污染和检测危险化学品已得到广泛的运用,这种方法灵敏性高、可靠性强、简便易操作,因此在世界范围内被广泛应用[9, 10]。将微核技术与快繁技术结合起来,用于检测克隆后代对逆境的适应度,尚未见报道。大量的研究表明,染色体畸变是产生微核的主要来源,微核的产生与染色体畸变有很大的相关性[11],呈直线回归[4]。由于微核数量多,有大有小,统计较为困难,而有丝分裂中期分裂相中染色体畸变较为直观,统计时不易发生重复或遗漏。本研究表明以有丝分裂中期分裂相中染色体的畸变率来评估植株受到伤害的程度是可行的。染色体水平上的畸变又将引发基因水平上的变化,而这种变化将会导致相关性状发生变异。

蚕豆克隆后代经有性繁殖后对逆境的反应以及其他植物克隆后代对逆境的反应值得进一步研究。

参考文献:

[1] Tosserams M, A Visser, M Groen, et al. Combined effects of CO_2 concentration and enhanced UV-B radiation on faba bean. Plant Ecology, 2001, 154: 195～210

[2] Gadallah M A A. Effects of proline and glycinebetaine on Vicia faba responses to salt stress. Biologia Plantarum, 1999, 42(2): 249～257

[3] 蒋梅兰. 用蚕豆根尖细胞微核技术研究发芽马铃薯的遗传毒理作用. 浙江师大学报(自然科学版), 2001, 24 (3): 284～287

[4] 沈光平. 微核与染色体畸变的相关性. 遗传, 1985, 7(1): 15～17

[5] 胡振东. 蚕豆微核测定技术及其应用. 淮北煤师院学报, 2000, 21 (4): 65～69

[6] 钱晓薇. 硫酸铝对蚕豆根尖细胞毒性效应的研究. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2003, 29 (4): 413～418

[7] 段昌群, 王焕校. 重金属对蚕豆遗传学毒理作用和对蚕豆根尖微核技术的探讨. 植物学报, 1995, 37 (1): 14～24

[8] Shahin S A, K H El-Amoodi, Induction of numerial chromosome aberrations during DNA synthesis using the fungicides nimrod and rubigan-4 in root tips of Vicia faba L. Mutat Res, 1991, 261: 169～176

[9] 王焕校, 祖艳群. 利用蚕豆根尖细胞微核监测滇池水质污染的研究. 云南大学学报, 1993, 15: 139～145

[10] Degrassi F, M Rizzoni, Micronucleus test in Vicia faba root-tips to detect mutagen damage in fresh-water pollution. Mutat Res, 1982, 97: 19～33

[11] 李 宏. 亚硫酸氢钠诱发蚕豆根尖细胞有丝分裂异常性的研究 渝州大学学报(自然科学版) 1997, 14(4): 1～7

(上接第 530 页)

[15] 唐 桦,姜文胜,等. 光肩星天牛受辐雌成虫的不育性初步研究. 中国森林病虫, 2001, (2) :10～11

[16] Lu Daguang, Kang Wen, et al. The feasibility of control of *Anoplophora glabripennis* with sterile insect technique. 核农学报, 2001, 15(5): 302～307

[17] 张宏世,刘占海. 光肩星天牛重要生物学特性及防治适期研究. 内蒙古林业科技, 2002 :15～20

[18] 贺 萍,黄竟芳. 光肩星天牛的人工饲养. 北京林业大学学报, 1992, 21(2) :61～67

[19] 赵 军,小仓信夫,矶也昌弘. 光肩星天牛的人工饲养(I). 北京林业大学学报, 1999, 21(4) :58～61

[20] 赵 军,小仓信夫,矶也昌弘. 光肩星天牛的人工饲养(II). 北京林业大学学报, 1999, 21(4) :62～66

[21] Melody A. Keena, et al. Synthesis Report on Rearing Asian Longhorned Beetle. http://www.uvm.edu/albeetle/research/RearingALB.pdf

[22] Elvin W. Tilton and John H. Brower. Radiation Effects of Arthropods. in Preservation of Food by Ionizing Radiation, Edward S. Josephson and Martin S. Peterson Ed. Volume II, 1983, 7

[23] Guy J. Hallman. Expanding Radiation Quarantine Treatments beyond Fruit Flies. Agricultural and Forest Entomology, 2000, 2 :85～95

[24] Tilton E W, Burkholder W E, Cogburn R R. Effects of gamma radiation on *Trogoderma glabrum* and *Attagenus piceus*. J Econ Entomolo, 1966, 59: 944～948

[25] Proverbs M D, Newton J R. Influence of gamma radiation on the development and fertility and fertility of condling moth, *Carpocapsa pomonella* (L.) (Lepodoptera: Olethreutidae). Canadian Journal of Zoology, 1962, 40 :401～420

[26] Lester G E, Wolfenbarger D A. Comparisons of cobalt-60 gamma irradiation dose rates on grapefruit flvedo tissue and on Mexican fruit fly mortality. Journal of Food Protection, 1990, 53: 329～331

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net