

网络出版时间:2012-04-16 15:38

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20120416.1538.011.html>

辐照对不同虫态柑橘全爪螨杀灭效果的研究

朱富伟, 邓乐晔, 翁群芳, 胡美英

(华南农业大学 昆虫毒理研究室, 天然农药与化学生物学教育部重点实验室, 广东 广州 510642)

【摘 要】 【目的】研究辐照对不同虫态柑橘全爪螨(*Panonychus citri* McGregor)的杀灭效果, 确定有效的辐照剂量, 以达到检验检疫目的。【方法】用不同剂量 Co^{60} - γ 射线辐照处理卵、幼螨、前若螨(0, 100, 200, 300, 400 Gy)和成螨(0, 200, 400, 600, 800 Gy), 研究辐照强度对不同虫态柑橘全爪螨卵孵化率和成螨死亡率的影响。【结果】柑橘全爪螨 24 h 卵经 200 Gy 的 γ 射线辐照处理后均不能正常孵化, 故 200 Gy 的 γ 射线对柑橘全爪螨的 24 h 卵具有明显致死效果; 幼螨期柑橘全爪螨经 400 Gy 剂量处理后, 死亡率达到了 96%, 300~400 Gy 的 γ 射线可以使幼螨期的柑橘全爪螨不育; 400 Gy 的 γ 射线可致前若螨期的柑橘全爪螨不育; 柑橘全爪螨成螨在高于 400 Gy 的辐照剂量下, 产卵较少且所产的卵均不孵化, 在 400~600 Gy 下 15 d 后死亡率为 100%, 800 Gy 处理 13 d 后死亡率为 100%, 故 400~800 Gy 的辐照剂量均可使成螨不育或致死。【结论】400 Gy 的 γ 射线可以使不同虫态柑橘全爪螨死亡或不育, 故经 400 Gy 辐照处理的柑橘类水果能够达到检疫要求。

【关键词】 柑橘全爪螨; 辐照; 致死作用; 不育作用

【中图分类号】 S412

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2012)05-0057-05

Study on elimination effect of irradiation against different stages of citrus red mites (*Panonychus citri* McGregor)

ZHU Fu-wei, DENG Yue-ye, WENG Qun-fang, HU Mei-ying

(Laboratory of Insect Toxicology, Key Laboratory of Pesticides and Chemical Biology Ministry of Education of China, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642, China)

Abstract: 【Objective】The experiment was to study elimination effects of irradiation against different stages citrus red mite (*Panonychus citri* McGregor) and to conform the effective dosage in order to achieve inspection and quarantine. 【Method】The eggs, larvae, protonymphs of citrus red mite were selected and irradiated by gamma irradiation (0, 100, 200, 300, 400 Gy), while adults were at the dosage of 0, 200, 400, 600 and 800 Gy). The effect of irradiation against hatching rates and mortality of different stages of citrus red mites was studied. 【Result】It was found that after being irradiated at the dosage of 200 Gy, the 24 h-old eggs of citrus red mites were not hatched, so the gamma irradiation at the dosage of 200 Gy obviously had lethal effect on the eggs. After irradiated at the dosage of 400 Gy, the mortality of the larvae was as high as 96%. Gamma irradiation among the 300—400 Gy made the larvae sterile and the dosage of 400 Gy was sterile dosage to the protonymphs of citrus red mite. The adults laid less eggs which did not hatch at more than dosage of 400 Gy. After 15 days, the mortality of adult mites irradiated at the dosage of 400—600 Gy was 100%; while irradiated at the dosage of 800 Gy, the mortality was 100% after 13 days. So the irradiation among the 400—800 Gy made the adults sterile or lethal. 【Conclusion】The gamma irradiation at the dosage

* [收稿日期] 2011-09-27

[基金项目] 国际原子能机构(15630/RO, 15059/RO)资助项目

[作者简介] 朱富伟(1983—), 男, 河南周口人, 在读硕士, 主要从事天然源农药研究。E-mail: zhufuwe_i11@163.com

[通信作者] 翁群芳(1972—), 女, 广东梅州人, 副研究员, 硕士生导师, 主要从事植物源农药研究。E-mail: wengweng@scau.edu.cn

400 Gy made citrus red mite at different stages lethal or sterile. So the citrus fruits irradiated at 400 Gy could achieve quarantine treatment requirement.

Key words: *Panonychus citri* McGregor; irradiation; lethal effect; sterile effect

柑橘全爪螨(*Panonychus citri* McGregor), 又称柑橘红蜘蛛、瘤皮红蜘蛛, 属叶螨总科、叶螨科、全爪螨属^[1]。柑橘全爪螨是柑橘类的主要害虫, 主要为害柑橘的叶片、果实和嫩叶。被害叶片多产生针头大的灰白色小斑点, 失去光泽, 严重时整个叶片呈灰白色, 甚至造成落叶, 影响树的长势及柑橘产量^[2]。

中国是柑橘的原产地和生产大国, 种植面积居世界首位, 但目前我国鲜果和以橘片罐头为主的柑橘制品出口量很低, 年出口量不及年总产量的 5%, 远低于世界柑橘出口 10% 的平均值^[3]。在防治柑橘全爪螨的过程中, 由于化学农药的滥用导致柑橘类水果中农药残留超标, 最终使以农药残留设限的“绿色壁垒”成为制约我国柑橘出口的主要因素。当前, 在我国参加的柑橘类水果双边检验检疫协定中, 澳大利亚、西班牙、阿根廷、秘鲁等国家均将柑橘全爪螨和柑橘锈螨作为主要的检疫螨类^[4]; 甚至澳大利亚在对进口自美国佛罗里达州的柑橘进行有害生物风险分析时, 还将螨类的进入、定殖和扩散的可能性列为“高等”, 经济影响列为“中等”^[5]。

检疫处理是检验检疫工作的重要组成部分, 也是我国出入境检验检疫机构执法把关的重要环节^[6]。在化学熏蒸剂溴甲烷逐渐被禁止使用的情况下, 辐照作为一种检疫处理方法, 具有无残留、高效、经济等优点, 可被安全地用于各种农产品和材料的除害处理。然而, 不同的有害生物达到检疫要求所需的辐照剂量不同, 如蚜虫类、粉虱、象鼻虫、甲虫和果蝇等在不高于 100 Gy 的辐照剂量下即可控制; 而鳞翅目则需要 300 Gy; 储藏作物蛾类需要 1 000 Gy 的辐照剂量才能达到不育, 线虫则需高于 4 000 Gy 的剂量^[7]。辐照导致螨类成虫不育的最低剂量范围为 200~320 Gy, 最高剂量为 500 Gy^[7-8], 成螨立即死亡的剂量为 3.147~5.615 kGy^[9]。本研究用不同剂量 Co^{60} - γ 射线辐照处理卵、幼螨、前若螨和成螨, 分析辐射强度对不同虫态柑橘全爪螨卵孵化率和成螨死亡率的影响, 确定有效的辐照剂量, 以期使我国生产的柑橘类水果能够较好地满足海关检验检疫的要求。

1 材料与方法

1.1 材料

从华南农业大学柑橘园内未使用农药的沙糖橘

树上, 挑取体态均一、大小一致的柑橘全爪螨幼螨、前若螨和成螨; 而卵取自成螨 24 h 后在新鲜叶片上所产的卵。柑橘叶片采自华南农业大学柑橘园内未使用农药的沙糖橘树。

Co^{60} - γ 射线由广州辐锐高能技术有限公司提供, 剂量率为 25.0 Gy/min。连续变倍体视显微镜由江南仪器厂生产。

1.2 方法

1.2.1 柑橘全爪螨卵的辐照处理 将柑橘新鲜叶片的叶缘和叶柄用脱脂棉包裹, 润湿之后, 置于垫有滤纸的培养皿中。从沙糖橘树上挑取体态均一、大小一致的成螨, 接到新鲜的柑橘叶片上, 每个叶片接 50 头。成螨自然产卵 24 h 后, 将带有一定数量卵的新鲜叶片分别置于 100, 200, 300 和 400 Gy 的 γ 射线辐照, 对照组不作辐照。处理后置于 $(75 \pm 5)\%$ RH, $(26 \pm 1)^\circ\text{C}$ 和 16:8(L:D) 的光照培养箱内培养, 于第 6, 8 和 10 天观察卵的孵化情况, 计算孵化率。每处理设 3 个重复。

1.2.2 不同虫态柑橘全爪螨的辐照处理 将带有柑橘全爪螨幼螨、前若螨和成螨的叶片分别进行辐照处理(幼螨、前若螨剂量为 100, 200, 300 和 400 Gy, 成螨剂量为 200, 400, 600 和 800 Gy), 对照组不作辐照处理。处理后在连续变倍体视显微镜下挑取体态均一、大小一致的幼螨接种在新鲜的柑橘叶片上, 每个叶片 50 头, 新鲜叶片的保湿方法同 1.2.1。置于 $(75 \pm 5)\%$ RH, $(26 \pm 1)^\circ\text{C}$ 和 16:8(L:D) 的光照培养箱内培养, 观察辐照对幼螨及其后代的影响。每处理设 3 个重复。

1.3 数据统计与分析

试验数据均采用 DPS7.05 软件处理。结果以“平均值 $\pm$ 标准差”表示; 方差分析采用邓肯氏新复极差检验法(Duncan's multiple ranger test, DM-RT)进行。

2 结果与分析

2.1 辐照对柑橘全爪螨卵的影响

由表 1 可知, 随着辐照剂量的增加, 柑橘全爪螨 24 h 卵的孵化率明显降低, 说明辐照对卵的孵化有明显抑制作用。在 200, 300 和 400 Gy 的辐照剂量下, 未观察到幼螨, 卵的孵化率均为 0%。柑橘全爪

螨 24 h 的卵经过 100 Gy 处理后,第 6 天时孵化率为 0.33%,第 8、10 天孵化率均为 1.73%;而对照组的卵孵化率分别为 56.2% 和 94.6%。因此 200~400 Gy 的辐照可以完全抑制 24 h 卵的孵化,说明 24 h 卵的最低致死剂量为 200 Gy。

表 1 辐照对柑橘全爪螨卵孵化率的影响
Table 1 Effect of irradiation on hatching rates of eggs of *P. citri* McGregor

辐照剂量/Gy Dose	处理卵数 Number of treated-eggs	孵化率/% Hatching rate		
		第 6 天 6th day	第 8 天 8th day	第 10 天 10th day
0	709	56.2±6.67 a	94.6±0.87 a	94.6±0.87 a
100	742	0.33±0.33 b	1.73±0.15 b	1.73±0.15 b
200	749	0.00 b	0.00 c	0.00 c
300	831	0.00 b	0.00 c	0.00 c
400	706	0.00 b	0.00 c	0.00 c

注:同列数据后小写字母相同者表示在 5%水平上差异不显著(DMRT 法);“—”表示没有观察到数据。下表同。
Note:Mean values followed by the same letters are not significantly different at $P=0.05$ level according to Duncan's multiple ranger test (DMRT).“—” means no observed data. The same below.

2.2 辐照对柑橘全爪螨幼螨的影响

由表 2 可知,经辐照处理的柑橘全爪螨幼螨发育为前若螨、后若螨和成螨的进程明显受到抑制。幼螨在 100 Gy 的剂量辐照处理后,前若螨、后若满和成螨的出现率分别为 72.29%,65.96% 和 47.27%;在 200 Gy 时,前若螨、后若满和成螨的出现率分别为 55.33%,29.33%和 17.33%;而对照组则分别为 97.10%,95.77%和 91.67%,三者差异显

著。而经 300 和 400 Gy 辐照处理后,分别仅有 10.00%和 4.00%的幼螨能够发育为成螨,即死亡率分别为 90.00%和 96.00%。

由表 2 还可知,经 300 Gy 辐照处理的幼螨发育成螨后其产卵量极少,仅 0.33%,卵也均不能孵化;而经 400 Gy 处理幼螨发育成螨后则不能产卵。这说明 300 和 400 Gy 的辐照剂量均可以使幼螨不育,300 Gy 是幼螨期柑橘全爪螨的最低辐照不育剂量。

表 2 辐照对柑橘全爪螨幼螨的影响
Table 2 Effect of irradiation on larvae of *P. citri* McGregor

辐照剂量/Gy Dose	发育成各虫态的比率/% Rates of different stages			成螨总产卵数 No. of eggs laid by adults	卵的孵化率/% Hatching rate of eggs laid by adults
	前若螨 Protonymphs	后若螨 Deutonymphs	成螨 Adults		
0	97.10±2.11 a	95.77±1.36 a	91.67±1.20 a	73.33±6.67 a	89.49±2.40 a
100	72.29±1.87 b	65.96±2.60 b	47.27±1.75 b	13.67±4.81 b	45.02±2.52 b
200	55.33±2.40 c	29.33±2.96 c	17.33±2.90 c	4.00±3.06 b	0.50±0.29 c
300	37.33±3.53 d	26.67±1.67 c	10.00±3.05 cd	0.33±0.33 b	0.00 c
400	31.33±2.91 d	16.00±0.00 d	4.00±2.31 d	0.00 b	—

2.3 辐照对柑橘全爪螨前若螨的影响

Gy 剂量辐照处理,其影响结果见表 3。

对柑橘全爪螨前若螨进行 100,200,300 和 400

表 3 辐照对柑橘全爪螨前若螨的影响
Table 3 Effect of irradiation on protonymphs of *P. citri* McGregor

辐照剂量/Gy Dose	发育成各虫态的比率/% Rates of different stages		成螨总产卵数 No. of eggs laid by adults	卵的孵化率/% Hatching rate of eggs laid by adults
	后若螨 Deutonymphs	成螨 Adults		
0	97.33±1.20 a	95.67±2.85 a	78.82±1.95 a	89.49±2.40 a
100	78.62±2.62 b	73.46±1.35 b	27.00±4.16 b	41.01±2.15 b
200	66.67±3.53 c	56.00±3.06 c	6.67±4.81 c	1.50±0.29 c
300	50.67±4.05 d	40.00±4.00 d	3.33±0.88 c	0.03±0.03 c
400	37.33±2.67 e	12.00±2.31 e	0.00 c	—

由表 3 可知,辐照后柑橘全爪螨的前若螨发育为后若螨和成螨的进程明显受到抑制。经 100 Gy 和 200 Gy 的辐照剂量处理后,分别有 78.62%和 66.67%的前若螨发育为后若螨,而分别有 73.46%

和56.00%的前若螨发育为成螨;经 300 和 400 Gy 辐照处理后,仅有 40% 和 12%的前若螨发育为成螨。经 400 Gy 辐照处理的前若螨发育为成螨后,不能产卵。这说明 400 Gy 的辐照剂量可以导致前若

螨期柑橘全爪螨的不育。

2.4 辐照对柑橘全爪螨成螨的影响

2.4.1 对成螨致死性的影响 由表 4 可知,经辐照处理后,在相同的时间内,柑橘全爪螨成螨的死亡率随着辐照剂量的增加而升高。成螨经过不同剂量的辐照处理后,第 1 天的死亡率与其他时间段相比均最低。经 200,400,600 和 800 Gy 辐照处理后第 7

天,成螨的死亡率均超过 50%,分别为 61.28%,64.43%,71.35%和 74.43%,而对照组的死亡率仅为 14.67%。成螨经 800 Gy 辐照处理 13 d 后的死亡率为 100%;而经 400 和 600 Gy 处理后,第 15 天的死亡率均为 100%,因此可以将 400 Gy 作为成螨的最低致死剂量。

表 4 辐照对柑橘全爪螨成螨死亡率的影响

Table 4 Effects of irradiation on the mortality of adults of <i>P. citri</i> McGregor									%
辐照剂量/Gy Dose	第 1 天 1st day	第 3 天 3rd day	第 5 天 5th day	第 7 天 7th day	第 9 天 9th day	第 11 天 11th day	第 13 天 13th day	第 15 天 15th day	
0	2.00±0.00 b	6.00±1.15 c	10.67±2.67 b	14.67±0.88 d	20.33±0.88 b	22.67±1.33 b	26.00±1.15 c	36.00±1.15 b	
200	7.73±1.69 a	20.46±4.65 a	40.67±2.68 a	61.28±3.50 a	83.12±1.72 a	91.08±2.27 a	95.93±4.06 ab	99.33±0.67 a	
400	6.27±0.96 a	22.61±3.72 b	40.98±1.92 a	64.43±0.46 a	83.69±0.82 a	90.77±0.55 a	93.33±0.88 b	100.00 a	
600	7.83±0.88 a	26.63±1.22 b	43.86±5.51 a	71.35±7.11 a	86.11±3.38 a	93.31±1.49 a	98.43±0.82 ab	100.00 a	
800	8.51±2.13 a	38.36±1.20 a	46.91±1.82 a	74.43±7.78 a	87.05±3.31 a	95.49±2.10 a	100.00 a	100.00 a	

2.4.2 对柑橘全爪螨不育性的影响 由表 5 可知,随着辐照剂量的增大,柑橘全爪螨的产卵量和卵的孵化率明显降低。在 400,600 和 800 Gy 时,成螨的产卵量分别为 372.73,295.36 和 188.04,远低于对照组($P<0.05$);孵化率均为 0%,而对照组的孵化率则为 94.60%,显著高于各辐照处理组。由此可以得出,400~800 Gy 是柑橘全爪螨成螨的不育剂量,且 400 Gy 是最低辐照不育剂量。

表 5 辐照对柑橘全爪螨成螨繁殖的影响

Table 5 Effect of irradiation on the fecundity of the adults of <i>P. citri</i> McGregor		
辐照剂量/Gy Dose	雌虫总产卵量 Number of eggs laid	卵的孵化率/% Hatching rate
0	852.01±28.00 a	94.60±0.87 a
200	474.09±28.45 b	2.41±0.93 b
400	372.73±36.80 c	0.00 c
600	295.36±30.02 c	0.00 c
800	188.04±25.36 d	0.00 c

3 结论与讨论

由于不同虫态螨类的发育程度不同,其抗辐照能力也有明显差异。在胚胎发育过程中,早期的卵比晚期的卵更易受到辐照的影响,处在若螨期的螨比卵及处在幼螨期的螨对辐照具有更强的抗性^[10]。本试验结果表明,200 Gy 的辐照剂量可以完全抑制柑橘全爪螨 24 h 卵的孵化,达到致死效果;而幼螨期和前若螨期的柑橘全爪螨经相同剂量辐照处理后,成螨的出现率分别为 17.33%和 56.00%,即在 200 Gy 辐照剂量下,幼螨期和前若螨期的柑橘全爪螨的死亡率分别为 82.67%和 44.00%;而成螨在该

剂量下第 1 天的死亡率仅为 7.73%,故在柑橘全爪螨不同的虫态中,卵对辐照的抗性最低,成螨对辐照的抗性最高。

将辐照作为植物检疫措施的目的是防止限定有害生物的传入和扩散,使有害生物得以灭杀和不育^[11]。从灭杀方面来说,200 Gy 可以完全杀死柑橘全爪螨 24 h 卵;幼螨期的柑橘全爪螨经 400 Gy 剂量辐照处理后,仅有 4%的幼螨能够发育为成螨,说明其死亡率为 96%;柑橘全爪螨的成螨经 400~600 Gy 剂量辐照处理后,第 15 天死亡率均可达到 100%,800 Gy 处理第 13 天,成螨的死亡率即达 100%。从不育方面而言,300~400 Gy 的辐照剂量可以使幼螨期的柑橘全爪螨完全不育;400 Gy 可以导致前若螨期的柑橘全爪螨不育;400~800 Gy 则可使柑橘全爪螨成螨不育。周利娟等^[12-13]研究发现,100~250 Gy ^{60}Co - γ 射线即可对柑橘锈螨的卵起到不育或致死效果,较高剂量(350 Gy)处理后,柑橘锈螨 1 日龄成螨能产卵但所产的卵不能正常发育为若螨。Valdenice 等^[14]研究发现,410 Gy 也可导致雌性成螨不育。危害出口类鲜切花的红蜘蛛在 5 000 Gy 时成螨立即死亡,在 400 Gy 时可使若螨不育^[15]。

总的来说,在辐照检疫处理过程中,选择 400 Gy 的辐照剂量处理柑橘全爪螨,可以达到柑橘类水果的检疫要求。但是,在辐照处理过程中,辐照效果还受到低氧、虫态、寄主、剂量率和温度等因素的影响^[16]。胡美英等^[17]研究表明,辐照处理与低温(7℃)冷藏相结合,可提高荔枝蒂蛀虫的死亡率;赵学谦等^[18]研究表明,经 400 Gy 射线辐照后,再经 3~6

℃的低温冷藏 28 d 以上,可使柑橘大实蝇幼虫的死亡率达 100%。说明辐照处理与其他检疫处理措施结合使用可以提高辐照处理效果,因此可以考虑将柑橘全爪螨的辐照处理与其他检疫处理措施如低温冷储等结合使用,以降低辐照剂量,减小辐照对柑橘类水果的影响,提高保鲜效果,但这还有待于进一步研究。

[参考文献]

- [1] 匡海源. 农螨学 [M]. 北京:农业出版社,1986:174-176.
Kuang H Y. Agriculture acarology [M]. Beijing: Agriculture Press,1986:174-176. (in Chinese)
- [2] 夏声广,唐启义. 柑橘病虫害防治原色生态图谱 [M]. 北京:中国农业出版社,2006:1-7.
Xia S G, Tang Q Y. Citrus pest control unbleached ecological mapping [M]. Beijing: China Agriculture Press,2006:1-7. (in Chinese)
- [3] 刘 颖,祁春节. 中国柑橘出口现状及其面临的国际环境分析 [J]. 林业经济,2008(10):72-75.
Liu Y, Qi C J. An analysis on international export and environment for China's citrus [J]. Forestry Economics, 2008(10): 72-75. (in Chinese)
- [4] 陈小帆. 出口柑橘安全卫生质量控制手册 [M]. 北京:中国农业出版社,2009:166-186.
Chen X F. Handbook of export citrus safety and hygiene quality control [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2009: 166-186. (in Chinese)
- [5] 张晓燕,黄可辉. 国际贸易中柑橘类水果植物检疫措施 [J]. 世界农业,2007(1):54-57.
Zhang X Y, Huang K H. International trade citrus fruit phytosanitary measures [J]. World Agriculture, 2007(1): 54-57. (in Chinese)
- [6] 康芬芬,詹国平,黄 庆,等. 我国辐照检疫处理的研究现状 [J]. 植物检疫,2010,24(2):51-54.
Kang F F, Zhan G P, Huang Q, et al. Review of research on irradiation as a phytosanitary treatment in China [J]. Plant Quarantine, 2010, 24(2): 51-54. (in Chinese)
- [7] Hallman G J. Expanding radiation quarantine treatments beyond fruit flies [J]. Agricultural and Forest Entomology, 2000, 2: 85-95.
- [8] Hallman G J. Ionizing radiation quarantine treatments [J]. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, 1998, 27(3): 313-323.
- [9] 陈 宇,吴 庆,孔秋莲,等. 电子束辐照对朱砂叶螨成螨存活和繁殖力的影响 [J]. 核农学报, 2011, 25(4): 742-745.
Chen Y, Wu Q, Kong Q L, et al. Effect of electron beam irradiation on *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) livability and reproduction [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences,

- 2011, 25(4): 742-745. (in Chinese)
- [10] Ignatowicz S, Banasik K. Gamma irradiation as a quarantine treatment for spider mites (Acarina: tetranychidae) in horticultural products [C]//International Atomic Energy Agency. Irradiation as aquarantine treatment of arthropod pests. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1999: 29-47.
- [11] ISPM No. 18. Guidelines for the use of irradiation as a phytosanitary measure [S]. Rome: FAO, 2003: 20-30.
- [12] 周利娟,胡美英,黄继光,等. γ -射线辐射处理对柑橘锈螨卵和若螨的影响 [J]. 华中农业大学学报, 2006, 25(2): 142-144.
Zhou L J, Hu M Y, Huang J G, et al. Effect of gamma irradiation on eggs and nymphs of citrus rust mite (*Phyllocoptruta oleivora* Ashmead) [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2006, 25(2): 142-144. (in Chinese)
- [13] 周利娟,胡美英,黄继光,等. γ -射线辐射处理对柑橘锈螨成螨的影响 [J]. 华中农业大学学报, 2002, 21(4): 347-351.
Zhou L J, Hu M Y, Huang J G, et al. Preliminary studies on the effect of gamma irradiation on adult citrus rust mite (*Phyllocoptruta oleivora* Ashmead) [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2002, 21(4): 347-351. (in Chinese)
- [14] Valdenice M, Jeferson L C, Mark E. Effects of radiation (Cobalt-60) on the elimination of *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) cardinium endosymbiont [J]. Experimental and Applied Acarology, 2008, 45: 147-153.
- [15] Hamidah S, Mohd S O Z, Mohd R I. Development of irradiation as a quarantine treatment of mites on cut foliage and ornamentals [C]//International Atomic Energy Agency. Irradiation as a phytosanitary treatment of food and agricultural commodities. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2004: 139-150.
- [16] Guy J H, Nichole M, Larry Z, et al. Factors affecting ionizing radiation phytosanitary treatments, and implications for research and generic treatments [J]. Journal of Economic Entomology, 2010, 103(6): 1950-1963.
- [17] 胡美英,姚振威,侯任昭,等. γ -射线对荔枝蒂蛀虫幼虫检疫处理的研究 [J]. 仲恺农业技术学院学报, 1998, 11(2): 56-61.
Hu M Y, Yao Z W, Hou R Z, et al. Studies on gamma irradiation of litchi stem-end borer larvae as quarantine treatment [J]. Journal of Zhongkai Agrotechnical College, 1998, 11(2): 56-61. (in Chinese)
- [18] 赵学谦,范京安,朱 军,等. Co^{60} - γ 射线辐照结合冷藏处理柑橘和柚对柑橘大实蝇幼虫存活的影响 [J]. 西南农业学报, 1995, 8(3): 85-88.
Zhao X Q, Fan J A, Zhu J, et al. Effects of Co^{60} - γ rays combined with cold storage on the survival rates of *Teradacus cit-ri* hosted in sweet orange [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 1995, 8(3): 85-88. (in Chinese)