

菠萝粉蚧和新菠萝灰粉蚧 γ -射线辐照处理研究*

马 骏^{1**} 林 莉¹ 赵菊鹏¹ 胡学难¹ 梁 帆¹ 罗于艺¹ 李白尼²

(1. 广东出入境检验检疫局检验检疫技术中心 广州 510623; 2. 湛江出入境检验检疫局 湛江 524022)

摘 要 菠萝粉蚧 *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) 和新菠萝灰粉蚧 *Dysmicoccus neobrevipes* (Beardsley) 是菠萝等热带水果上的重要害虫, 是我国进出境水果贸易中均需要检疫处理的对象。为了建立适合菠萝等水果上这两种粉蚧的检疫处理技术, 本研究采用 80、130、180、230 和 280 Gy γ -射线辐照处理了两种粉蚧的若虫和成虫。结果表明, 两种粉蚧对 γ 射线的剂量反应基本一致, 表现为随虫龄增大对辐照的耐受性增强, 以雌成虫为最强。采用 230 Gy 辐照若虫, 两种粉蚧各若虫均不产生 F₁ 代活虫体, 并且菠萝粉蚧 1 龄若虫在该剂量下不能发育至雌成虫。以 230 Gy 辐照成虫, 两种粉蚧均产生 F₁ 代雌成虫, 但不产生 F₂ 代。以 240 Gy 剂量大规模辐照处理 3 龄若虫和雌成虫, 表明该剂量足以阻止两种粉蚧繁殖, 该剂量可作为这两种粉蚧辐照处理的参考指标。

关键词 菠萝粉蚧, 新菠萝灰粉蚧, γ -射线辐照, 除害处理

Effects of γ -ray irradiation on *Dysmicoccus brevipes*
and *Dysmicoccus neobrevipes*

MA Jun^{1**} LIN Li¹ ZHAO Ju-Peng¹ HU Xue-Nan¹ LIANG Fan¹

LUO Yu-Yi¹ LI Bai-Ni²

(1. Guangdong Inspection and Quarantine Technology Center, Guangzhou 510623, China;

2. Zhanjiang Inspection and Quarantine Bureau, Zhanjiang 524022, China)

Abstract *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) and *D. neobrevipes* (Beardsley) are important pests requiring quarantine treatment at entry and exit ports for tropical fruit such as pineapples etc. In order to establish an effective treatment method for these two mealybugs, Cobalt-60 gamma ray target doses of 80, 130, 180, 230 and 250 Gy were used to irradiate immatures and adults of both species to find the most tolerant stage and the optimal dose range for quarantine treatment. The responses of each species to irradiation displayed a similar pattern. Tolerance to irradiation in both species increased with advancing life stage, with adults being the most tolerant stage. At 230 Gy, no living offspring were produced by surviving female adults irradiated as nymphs, and no irradiated 1st instar nymphs of *D. brevipes* survived to adulthood. Although female adults of both *D. brevipes* and *D. neobrevipes*, irradiated with 230 Gy, produced an F₁ generation but no F₂ generation was produced. In a large-scale irradiation test, no surviving female adult developed from either 3rd instar nymphs, nor did adults irradiated at 240 Gy produce offspring, indicating that a dose of 240 Gy or above is sufficient to prevent the reproduction of these two mealybug species.

Key words *Dysmicoccus brevipes*, *Dysmicoccus neobrevipes*, γ -ray irradiation, treatment

菠萝粉蚧 *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) 和新菠萝灰粉蚧 *Dysmicoccus neobrevipes* (Beardsley), 属同翅目 (Homoptera) 粉蚧科 (Pseudococcidae), 是热带和亚热带地区水果类植物的重要害虫, 两者

形态和生物学习性相似, 其中新菠萝灰粉蚧是我国列为进境植物检疫性有害生物。新菠萝灰粉蚧起源于中美洲, 主要分布于美洲的大部分地区, 如墨西哥、巴哈马群岛、西印度群岛、哥伦比亚以及

* 资助项目: 广东省科技计划项目 (2011B020308006); 国家质检总局科技计划项目 (2012IK2171); 国家国际科技合作计划资助项目 (2011DFB30040)。

** E-mail: majmail@163.com

收稿日期: 2012-04-12, 接受日期: 2012-12-13

巴西等地,主要危害菠萝、柑橘、番枝、可可和香蕉等热带亚热带水果,另外,亚洲、欧洲和大洋洲亦有少量分布(覃振强等,2010)。1998年新菠萝灰粉蚧在我国海南省昌江市首次发现,2006年开始在广东省湛江市剑麻种植区发生蔓延,近年来已成为广东、海南剑麻的主要害虫(覃振强等,2010)。

菠萝粉蚧危害菠萝、可可、油棕、香蕉、花生、芒果、甘蔗,在我国广东、台湾、广西、海南、福建、云南等省(自治区)的菠萝产区都有分布与危害(李土荣,1997;冯荣扬和梁恩义,1998)。菠萝粉蚧寄生于菠萝叶片基部、果实、芽体及根部上,刺吸汁液,使菠萝南瓜长势衰弱、果实发育不良。菠萝粉蚧(包括新菠萝灰粉蚧)还是菠萝重要病害菠萝凋萎病(mealybug wilt of pineapple)的主要传播媒介(Sether *et al.*, 1998)。据报道,两种粉蚧均可有害菠萝(Ito, 1938; Beardsley, 1959, 1965)。在我国,菠萝粉蚧为害菠萝早有报道(冯荣扬和梁恩义, 1998),而新菠萝灰粉蚧 *D. neobrevipes* (Cockerell)目前尚未有为害菠萝的报道。

菠萝(*Ananas comosus* (L.) Merr)别名凤梨,隶属凤梨科,是一种多年生草本植物,是继香蕉和芒果之后的世界第三大热带水果,我国现已成为世界菠萝生产的第四大国(何衍彪等,2007)。随着经济全球化和贸易自由化的不断发展,该地区的鲜菠萝和菠萝产品如罐头、果汁饮料等的对外贸易一直处于快速增长状态。但是,在外贸出口中,我国出口鲜的菠萝在输往俄罗斯、哈萨克斯坦等国时曾检出携带粉蚧活虫而遭拒绝通关,成为广东菠萝出口的一大障碍。由于鲜菠萝具有不易保藏且易受病虫害侵染的特点,而且对热水和热蒸汽敏感,不便于使用热水浸泡或蒸汽等常规杀虫技术进行处理,再加上目前出口的鲜菠萝一般是由纸箱或竹箱包装,在常温条件下通过陆路运输,因此,寻找能替代冷、热处理的检疫处理方法是解决菠萝出口贸易的一项关键技术。

在各种检疫处理技术中,辐照因其具有操作简便,对产品无任何残留污染,不影响辐照产品质量等特点,在水果等食用农产品检疫处理中应用潜力巨大。最近有关新菠萝灰粉蚧辐照处理国内外已有报道,但是,不同研究者得出的有效处理剂量存在较大差异(康芬芬等,2011; Doan *et al.*, 2012)。本研究采用 Co^{60} γ -射线同时辐照菠萝粉

蚧和菠萝粉蚧,测定了不同辐照剂量对两种粉蚧发育和繁殖的影响,并进一步比较了不同研究结果的差异性,目的为两种粉蚧的辐照处理提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

菠萝粉蚧采自湛江徐闻种植的菠萝上,新菠萝灰粉蚧采自湛江徐闻的剑麻上,采回后分别经染色制片和线粒体CO I 基因测序鉴定确认为两种不同粉蚧。为了实现大规模饲养和方便观察,将两种虫体分别接种于南瓜上,饲养条件于人工气候箱内(BINDER),条件为(25 ± 0.5) $^{\circ}\text{C}$, RH 50%,不提供灯光照射。辐照供试虫体已在南瓜驯化饲养6代以上。我们的观察表明,在两种粉蚧均行两性生殖,未经交配的雌虫不能产生后代。另外,两种粉蚧均具相同的发育虫态,即雌虫生活史包括卵、1龄若虫、2龄若虫、3龄若虫和雌成虫;雄虫生活史包括卵、1龄若虫、2龄若虫、预蛹、蛹和雄成虫。正常雌虫行卵胎生。尽管雌、雄虫所经历的虫态各异,但雌、雄成虫出现的时间相一致。由于雄虫化蛹场所隐蔽,其成虫历期很短(仅1 d),而辐照中又必须考虑雌、雄交配的影响,因此,对于3龄若虫的辐照是在群体饲养条件下保留雄蛹的一起供试。雄蛹的收集办法是在南瓜底面铺上4层左右的纸巾,雄虫会化蛹其中。对于雌成虫的辐照则是选用在群体饲养条件下已经过雄虫羽化高峰的虫态,以保证雌成虫已经交配。

1.2 辐照钴源

辐照源为广州辐锐高能技术有限公司,供试剂量率范围为4.70~6.32 Gy/min。

1.3 处理方法

为保证实验处理时每一供试虫龄的一致性,将清洗干净的南瓜置于产仔高峰期、大规模饲养的气候箱内(2 d左右),让产出的1龄若虫自然转移至完好无损的南瓜上。待饲养至所供试的虫态时,去除其它非目标虫龄后送往辐照公司辐照。试验共设80、130、180、230、280 Gy 5个剂量梯度,每梯度3个重复,对照不进行辐照,利用硫酸亚铁剂量计(Fricke 剂量计)测定实际辐照剂量。待辐照的南瓜摆放于已测定剂量率的位点上,辐照室温度(26 ± 3) $^{\circ}\text{C}$,辐照时用双面胶分别在南瓜表面

离辐照源最近和最远的斜角位各粘贴一支剂量计(中国计量院生产),以测定辐照的实际剂量。辐照后的南瓜将虫量调整至实验设定 200 头,将多余的虫量去除,以保证带虫南瓜观测时间较长。

大规模虫量辐照实验选用 3 龄若虫和雌成虫,辐照供试剂量为 240 Gy。采用多个南瓜同时接虫,每个南瓜接虫量 600 ~ 1 000 头。当辐照后虫量繁殖过多或南瓜开始变得干瘪时,添加干净的新鲜南瓜让虫体自然转移。每一剂量处理带虫南瓜放置不同房间的气候箱内,保证不同剂量的处理虫体不发生交叉感染,饲养条件同 1.1。

1.4 辐照效应观测方法

辐照对若虫的效应以其发育至雌成虫的存活率以及成虫能否产生 F_1 代作为主要评价指标。辐照后每隔 7 d 观察一次若虫直至发育到雌成虫(不考虑雄虫),而后每隔 3 d 定期计数南瓜上所有存活的若虫数并及时将其清除干净,直至成虫死亡。

由于两种粉蚧成虫产卵历期均较长(达 20 d,若虫亦为 20 d 左右),在辐照后观察过程中会出现世代重叠现象,不易区分不同世代各虫态的数量。因此,对于成虫辐照后结果的判定办法为:一是成虫辐照后实际上可育,其 F_1 代及其以后各代必然可育,该情形下后续饲养会出现种群扩张,表明辐照无效。二是成虫辐照后不可育,表现为要么直接产出的全部为死卵(得不到 F_1 代),要么产出的 F_1 代部分存活,但饲养过程中即使 F_1 代产生成虫也同样不可育,即无 F_2 代,表明为辐照同样有效。在实际观测过程中,由于辐照代成虫与其可能产生的 F_1 代成虫在饲养过程中难以区分计数,因此,对于辐照后的成虫,当持续饲养出现实验种群消亡时(观测约 2 个世代的历期),证明辐照有效,而当实验种群饲养过程中不断有新的后代产生,则表明辐照无效。

1.5 数据处理

实验数据采用 DPS 数据处理系统(9.50 版)进行分析,采用 Duncan's 新复极差法比较辐照效应的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 辐照对若虫的处理效果

结果表明,在不同剂量下两种粉蚧若虫对辐

照效应的变化趋势一致,随着辐照剂量的增加各龄若虫的存活率和繁殖力明显下降($P < 0.05$),在同一辐照剂量水平下,发育至雌成虫的存活率和繁殖力随虫龄的增加而增加($P < 0.05$)(表 1)。各虫龄对辐照的耐受性表现为:1 龄 < 2 龄 < 3 龄,以 3 龄最强。当辐照剂量达到 180 Gy 时两种粉蚧若虫均能发育至雌成虫并产生 F_1 代若虫;当剂量达到 230 Gy 时,菠萝粉蚧 1 龄若虫在该剂量下不能发育至成虫,其余各龄若虫有少量能发育至雌成虫,但无 F_1 代活虫产生。当剂量达到 280 Gy 时,除新菠萝粉蚧 3 龄若虫有 0.5% 虫量能发育至成虫外,其余各龄若虫存活率均为 0。总体上,两种粉蚧若虫对不同辐照剂量的反应差异不明显(发育至雌成虫存活率及其繁殖力)($P > 0.05$)。

2.2 对成虫的处理效应

处理后第 60 天观测表明,当处理剂量达到 180 Gy 时两种粉蚧处理种群均有存活若虫(大多 2 ~ 3 龄),根据观察发育历期推算(25℃ 下,一个世代约 30 d),这些虫体应属 F_2 代(表 2);当剂量达到 230 Gy 时,仍有雌成虫存活,其中新菠萝灰粉蚧较处理时虫量有所增加,表明此时的雌成虫是经过 F_1 代发育而来,但此时在该剂量下存活的若虫数为 0。与上述若虫处理所不同的是采用 230 Gy 剂量处理成虫其 F_1 代仍可发育至雌成虫,表明雌成虫对辐照的耐受性均高于各龄若虫,为耐受性最强的虫态。辐照对成虫的突出效应表现为各种处理剂量下受试雌虫均有死卵产出,其数量随剂量增加而上升,至 280 Gy 时全部为死卵。

2.3 3 龄若虫和雌成虫大规模辐照剂量的确认

采用 240 Gy 辐照剂量分别处理菠萝粉蚧和新菠萝灰粉蚧 3 龄若虫 30 654 头和 31 135 头,其产生 F_1 代活虫数均为 0;该剂量下分别处理上述两种雌成虫 33 784 头和 28 135 头,至 90 d 后种群消亡(表 3),表明该剂量可有效阻止两种粉蚧后代的繁殖。

3 讨论

3.1 菠萝粉蚧和新菠萝灰粉蚧的有效辐照剂量

菠萝粉蚧和新菠萝灰粉蚧为亲缘关系很近的近缘种,具有相似的形态和生活习性。就新菠萝灰粉蚧而言,已有的研究结果具有明显的差异,如 Doan 等(2012)观测到要阻止被处理若虫繁殖

表 1 不同辐照剂量对菠萝粉蚧和新菠萝灰粉蚧若虫发育和繁殖的影响

Table 1 Percentage of nymphs survived to female adults and their reproduction of <i>Dysmicoccus neobrevipes</i> and <i>Dysmicoccus neobrevipes</i> after irradiation							
虫种 Species	剂量 (Gy) Dose	1 龄 1st instar		2 龄 2nd instar		3 龄 3rd instar	
		雌成虫 (%)	F ₁ 若虫数/ 雌虫	发育至雌 成虫 (%)	F ₁ 若虫数/ 雌虫	发育至雌 成虫 (%)	F ₁ 若虫数/ 雌虫
		Survived to female adults	F ₁ nymphs per female	Survived to female adults	F ₁ nymphs per female	Survived to female adults	F ₁ nymphs per female
菠萝粉蚧	0 (CK)	50.5a	217.5a	62.7a	230.3a	92.6a	224.0a
<i>D. brevipēs</i>	80	25.0b	87.3b	31.0b	84.2b	41.8b	104.5b
	130	13.3c	23.2c	14.5c	36.0c	28.8c	43.2c
	180	3.7d	3.6d	8.5d	8.3d	13.9d	15.9d
	230	0e	0e	1.2e	0e	3.5e	0e
	280	0e	0e	0e	0e	0e	0e
新菠萝灰粉蚧	0	53.6a	206.8a	66.7a	198.6a	95.3a	195.4a
<i>D. neobrevipes</i>	80	26.1b	98.5b	32.6b	92.5b	57.3b	97.1b
	130	11.8c	41.0c	18.9c	40.0c	34.1c	47.7c
	180	5.5d	6.5d	10.2d	15.6d	14.4d	19.5d
	230	1.6e	0e	3.5e	0e	5.2e	0e
	280	0e	0e	0e	0e	0.5e	0e

注:同列数据后标有不同字母表示经 Duncan’s 新复极差法检验在 0.05 水平上差异显著。
Data followed by different letters in the same column indicate significantly different at 0.05 level by Duncan’s multiple range test.

表 2 不同辐照剂量对菠萝粉蚧和新菠萝灰粉蚧雌成虫存活和繁殖的影响 (60 d)
Table 2 Percentage survived and reproduction of female adults of *Dysmicoccus neobrevipes* and *Dysmicoccus neobrevipes* after irradiation

虫种 Species	剂量 (Gy) Dose	雌成虫数 Female adults survived	存活若虫数 Nymphs survived
菠萝粉蚧 <i>D. brevipēs</i>	0 (CK)	13 128.0	>100 000
	80	6 476.8	>100 000
	130	2 384.6	57 322.4
	180	788.1	3 334.5
	230	179.5	0
	280	0	0
新菠萝灰粉蚧 <i>D. neobrevipes</i>	0 (CK)	14 253.7	>100 000
	80	7 948.6	>100 000
	130	4 734.5	62 538.8
	180	542.3	3 748.2
	230	280.0	0
	280	0	0

表 3 大规模辐照测定对 3 龄若虫和成虫影响

Table 3 The survive and reproduction of 3rd instars and female adults irradiated at dose of 240 Gy in a large-scale test

虫种 Species	3 龄若虫 3rd instar				成虫 (90 d)Female adults (90 day in observation)			
	实际剂量 (Gy)	测定 虫量	发育至雌 成虫 (%)	F ₁ 代若 虫数	实际剂量 (Gy)	测定虫量 No.	雌成虫数 Number of female adults	若虫数 Nymphs
	Dose applied	No.	Survived to female adult	F ₁ nymphs	Dose applied			
菠萝粉蚧	0 (CK)	100	94.9	12 803.7	0 (CK)	100	>100 000	>100 000
<i>D. brevipes</i>	230.5 – 239.0	30 654	3.6	0	229.7 – 239.2	33 784	0	0
新菠萝灰粉蚧	0 (CK)	100	93.4	11 959.2	0 (CK)	100	>100 000	>100 000
<i>D. neobrevipes</i>	232.5 – 242.6	31 135	3.8	0	231.3 – 241.8	28 135	0	0

F₁ 代的有效剂量至少在 150 Gy 以上,其结果与本研究接近,但康芬芬等(2011)观测的剂量仅在 80 Gy 以下。而本研究结果表明,菠萝粉蚧和新菠萝灰粉蚧对 γ -射线辐照的剂量效应基本一致,表现为随虫龄增大对辐照的耐受性增强,以 1 龄若虫最低,以雌成虫为最强。同一虫龄在 80 ~ 280 Gy 剂量梯度之间,随辐照剂量的升高其存活率和繁殖力明显下降。就若虫而言,当剂量达到 230 Gy 时,两种粉蚧的各龄若虫均不产生 F₁ 代活虫体,并且菠萝粉蚧 1 龄若虫在该剂量下不能发育至雌成虫。对成虫而言,当剂量达到 230 Gy 时,两种粉蚧雌成虫辐照后产生的 F₁ 代虫体仍可发育至雌成虫,但不产生 F₂ 代。以 240 Gy 剂量大规模辐照两种粉蚧 3 龄若虫和成虫可使其种群消亡,表明该剂量可作为这两种粉蚧辐照处理的参考指标。

3.2 影响辐照观测结果的因素

在大多数情况下,辐照处理不是瞬时将处理对象直接杀死,而是使其失去繁殖力,因此,为了观测处理效果,需要将处理对象在辐照后继续饲养相当长一段时间。粉蚧以口针固定取食,尤其进入成虫产卵其后不易移动,人为转接虫体容易使口针折断损伤虫体。正因为如此,后续观测条件(如温、湿度、光照和食物等)在不同研究者之间因难以完全一致则不可避免地影响观测结果。虽然采用南瓜是饲养粉蚧的一种理想方法,但是,当虫口密度过大时粉蚧分泌的蜜露容易在湿度偏高的情况下发霉、滋生果蝇或螨虫,使粉蚧自然死亡率上升。

另一个不可忽视的因素是虫体的生殖方式。目前有关这两种粉蚧的生殖方式还没有明确一致

的结论,一般将二者作为孤雌生殖(Ito,1938;李士荣,1997;康芬芬等,2011;Doan *et al.*,2012)。在夏威夷菠萝上菠萝粉蚧和新菠萝灰粉蚧均有发生,所不同的是新菠萝灰粉蚧行两性生殖,而菠萝粉蚧为孤雌生殖,同时新菠萝灰粉蚧在巴西两种生殖方式均存在(Ronald and Mau,2007)。在辐照处理中,Doan 等(2012)和康芬芬等(2011)均将新菠萝灰粉蚧以孤雌生殖对待,只考虑雌虫的辐照效应。但是,根据我们的观察,这两种粉蚧在饲养过程中均有相当比例的雄虫产生(另文报道)。另外,根据我们对雌雄个体的隔离观察,两种粉蚧未经交配其雌虫既不产卵,也无若虫产出,初步证明粉蚧需要两性交配才能繁殖后代。

菠萝粉蚧和新菠萝灰粉蚧 1、2 龄若虫雌雄两性未分化,进入 2 龄以后雌性个体继续发育为 3 龄,而雄虫则进入预蛹和蛹期。因此,针对 1、2 龄若虫辐照毋需考虑雌雄两性的影响,而进入 3 龄和成虫后其辐照则必须考虑两性交配的影响。若单独选取的 3 龄若虫辐照,往后没有雄虫与其交配,则无论辐照是否有效,得到的雌成虫均不会产生后代,此时就无法区分辐照的真实效果。因此,对 3 龄若虫需要在群体饲养条件下连同雄蛹一起辐照(雄虫一般在较隐蔽的缝隙场所化蛹)。若是雌性虫体受辐照后本身不育,则不管雄虫存在与否,不影响辐照结果的观测;若雌虫辐照后本身可育,其辐照效果取决于雄虫的可育性,若相同辐照条件下雄虫可育则种群可继续繁殖,若雄虫不育则种群不产生后代。

参考文献 (References)

- Beardsley JW, 1959. On the taxonomy of pineapple mealybugs in Hawaii, with a description of a previously unnamed species (Homoptera: Pseudococcidae). *Proc. Hawaiian Entomol. Soc.*, 17(1):29–37.
- Beardsley JW, 1965. Notes on the pineapple mealybug complex, with descriptions of two new species (Homoptera: Pseudococcidae). *Proc. Hawaiian Entomol. Soc.*, 19(1):55–68.
- Doan T, Khanh NT, Lang VT, Van Chung C, An TT, Thi NH, 2012. Effects of gamma irradiation on different stages of mealybug *Dysmicoccus neobrevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae). *Radiat. Phys. Chem.*, 81(1):97–100.
- Ito K, 1938. Studies on the life histories of the pineapple mealybug, *Pseudococcus brevipes* (Ckll.). *J. Econ. Ent.*, 31(2):291–198.
- Ronald FL, Mau JL, 2007. Martin Kessing. *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell). http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/type/d_brevip.htm.
- Sether DM, Ullman DE, Hu JS, 1998. Transmission of pineapple mealybug wilt-associated virus by two species of mealybug (*Dysmicoccus* spp.). *Phytopathology*, 88:1224–1230.
- 冯荣扬, 梁恩义, 1998. 菠萝粉蚧发生规律及防治. 中国南方果树, 27(5):28–29.
- 何衍彪, 詹儒林, 孙光明, 赵艳龙, 常金梅, 刘映红, 2011. 菠萝洁粉蚧防治药剂筛选及安全间隔期分析. 热带作物学报, 32(5):937–940.
- 康芬芬, 魏亚东, 程瑜, 牛春敬, 殷彪, 2011. 新菠萝灰粉阶辐照检疫处理研究初报. 植物检疫, 25(5):25–27.
- 李士荣, 1997. 菠萝粉蚧的生物学特性及防治. 昆虫知识, 34(3):149–152.
- 覃振强, 吴建辉, 任顺祥, 万方浩, 2010. 外来入侵害虫新菠萝灰粉蚧在中国的风险性分析. 中国农业科学, 43(3):626–633.