

蝗虫微孢子虫处理剂量与海南省荒地 东亚飞蝗感病率的相互关系

张 龙 石旺鹏 严毓骅

(中国农业大学植物保护学院)

林伯能

(海南省植物保护站)

吴曼峰 叶水妹 李德清

(海南省儋州市农业技术推广服务中心)

摘 要 在海南省儋州市的东亚飞蝗(*Locusta migratoria manilensis*)发生区, 采用蝗虫微孢子虫(*Nosema locustae*)分别以 49.5×10^9 孢子 \cdot hm $^{-2}$ (小区 1)、 99×10^9 孢子 \cdot hm $^{-2}$ (小区 2)和 150×10^9 孢子 \cdot hm $^{-2}$ (小区 3)剂量处理, 处理时间为 1999-07-10—07-22。自处理后第 3 周开始, 上述 3 个处理区中的飞蝗虫口密度均显著下降, 极显著低于处理的对照区, 处理区中的平均虫口密度均在处理指标以下。特别是在处理后第 10 周时, 不处理对照区中的平均飞蝗虫口密度高达 7.74 头 \cdot m $^{-2}$, 远高于其他 3 个处理区中的虫口密度, 分别为 0.12 头 \cdot m $^{-2}$ 、 0.18 头 \cdot m $^{-2}$ 和 0.06 头 \cdot m $^{-2}$ 。处理后微孢子虫处理 3 个小区中残存活飞蝗的感病率在调查期间(处理后第 2 周至第 10 周)均呈上升趋势, 到第 10 周高达 $35.7\% \sim 40.6\%$ 。以 99×10^9 孢子 \cdot hm $^{-2}$ 和 150×10^9 孢子 \cdot hm $^{-2}$ 剂量处理的小区, 成虫个体在整个种群中所占比例均为 0, 而不处理的对照区的成虫比例达 14.5% , 以 49.5×10^9 孢子 \cdot hm $^{-2}$ 剂量处理的成虫比例为 40% , 但是在 50 个样方中仅成虫总头数为 4 头, 而对照区为 56 头。

关键词 东亚飞蝗; 海南省; 蝗虫微孢子虫; 疾病流行; 越代传播

中图分类号 S476.14

Relationships Between Application Rate of *Nosema locustae* and Infection of *Locusta migratoria manilensis* in Hainan Province

Zhang Long Shi Wangpeng Yan Yuhua

(College of Plant Protection, CAU)

L in Boneng

(Service Station of Hainan Province)

Wu Manfeng Ye Shumei Li Deqing

(Agricultural Technology Service Station of Danzhou City, Danzhou, Hainan Province, China, 571700)

Abstract The large scale trials for detemining the relationships between the dosage of *N. locustae* and infection of locusts in sugarcane-grassland ecosystem, Hainan province were conducted, from 10th, July to 22nd, September, 1999. In the region, Oriental migratory locust (*Locusta migratoria manilensis*) has 4 generations per year. The mean densities of locusts in plots treated with *N. locustae* spores at application rates of 49.5×10^9 spores \cdot hm $^{-2}$ (plot 1), 99×10^9 spores \cdot hm $^{-2}$ (plot 2), and 150×10^9 spores \cdot hm $^{-2}$ (plot 3), were significantly reduced contrast with before treatment. Whereas in plot 4 as a control (untreated), the densities increased from 0.62 individuals \cdot m $^{-2}$ to 7.70 individuals \cdot m $^{-2}$ in 9 weeks during the time. The infections of locusts by *N. locustae* increased early with increase of

收稿日期: 2000-06-02 修回日期: 2001-01-11

国家自然科学基金资助项目(39700098, 39770511)

张龙, 北京圆明园西路 2 号中国农业大学(西校区), 100094

dosage of *N. locustae*, however decreased in the next generation and next year. The dosage of *N. locustae* has no effect on the distributions of infection in development stages of locusts.

Key words *Locusta migratoria manilensis*; Hainan province; *Nosema locustae*; biological control; transmission

近几年来东亚飞蝗在海南省的危害十分严重。1988 年发生面积为 2.56 万 hm^2 次, 最高虫口密度为 1500 头 $\cdot\text{m}^{-2}$, 平均为 10 头 $\cdot\text{m}^{-2}$ 以上; 仅 1987 和 1988 年造成害稻谷损失 2.4 万 t, 甘蔗 7 万 t, 2 项折合人民币为 2995 万元; 1993 年发生面积为 4.37 万 hm^2 次, 最高密度可达 1200 头 $\cdot\text{m}^{-2}$ ^[1]。目前化学杀虫剂是防治海南蝗害的主要措施, 但仍不能有效地控制飞蝗的暴发, 同时造成了严重的农药污染。因此, 极有必要探索新的防治途径, 以解决由于化学农药的大量使用带来的一系列不良后果问题。

蝗虫微孢子虫是蝗虫等直翅目昆虫的专性寄生原生动动物。自 Canning^[2] 命名以来, 经过 Henry 等研究, 于 20 世纪 70 年代已开发成为防治美国草原土蝗的重要长期控制措施^[3]。我国于 1986 年从美国引入了该项技术, 并在北方草原蝗虫的防治中获得了成功^[4-8]。之后又在我国北方东亚飞蝗发生二代区天津大港水库区的东亚飞蝗发生基地开展了防治东亚飞蝗的研究。结果初步表明, 蝗虫微孢子虫对二代区的东亚飞蝗种群密度调控有重要潜力^[9]。然而, 由于海南地处亚热带, 东亚飞蝗一年可发生 4 代, 而且海南的平均气温、植被等生态条件, 以及农业栽培制度等与北方不同。而微孢子虫的应用剂量与蝗虫虫口密度和感病率的关系的研究是探讨蝗虫微孢子虫能否适于海南用于防治当地的东亚飞蝗等问题的重要方面。本文是连续 2 年的试验总结。

1 材料与方 法

1.1 试验地概述

在海南省儋州市选有代表性的地块作为本试验的 4 个处理区, 上宝地(处理区 1), 面积为 67 hm^2 的荒草地; 红狗地(处理区 2), 面积为 97 hm^2 的荒草地; 塘头地(处理区 3), 面积为 33 hm^2 的荒草地; 位于珠老村的处理区 4, 面积为 33 hm^2 的荒草地。各处理区之间相距至少 1 km, 这些试验地的周边均种植有大量的甘蔗。海拔约为 400~700 m。荒地中的优势草种类主要为飞蝗喜食的禾本科杂草。植被覆盖度 20%~50%, 处理时的植被高度为 10 cm 左右。

东亚飞蝗是当地甘蔗和水稻的主要害虫, 一年发生 4 代; 土蝗亦多, 主要的种类有云斑小车蝗、蔗蝗、红褐斑腿蝗及印度黄脊蝗等。

1.2 处理方法

将保存在 -10℃ 温度条件下的蝗虫微孢子虫浓缩液(孢子浓度为 10^9 孢子 $\cdot\text{mL}^{-1}$, 中国农业大学蝗虫微孢子虫中试厂提供)室温条件下融化, 并稀释成 0.5×10^9 孢子 $\cdot\text{mL}^{-1}$ 的蝗虫微孢子虫孢子的水剂, 用人工背负式机动喷雾机低容量喷施。每台喷雾机药箱中加入蝗虫微孢子虫水剂 9 L, 白糖 18 g。处理区 1 的蝗虫微孢子虫用量为 49.5×10^9 孢子 $\cdot\text{hm}^{-2}$, 处理区 2 为 99.0×10^9 孢子 $\cdot\text{hm}^{-2}$, 处理区 3 为 150×10^9 孢子 $\cdot\text{hm}^{-2}$, 处理区 4 设为不作任何处理的对照区。所有处理均在 1999-07-18—07-22 之间完成。

1.3 调查及取样方法

1.3.1 调查时间 在处理的前1 d 即 1999-07-17, 对各处理分别进行飞蝗虫龄、虫口密度、天敌数量、土蝗数量进行调查。处理后分别在第2周(08-01 始), 08-11, 08-18, 09-02 和 09-22 分别调查各处理区内飞蝗成虫及各龄若虫虫口密度, 同时采集残存的飞蝗, 放于作有标记的塑料袋中, 之后-10 ~ 20 条件下保存, 待检。

1.3.2 取样方法 在每个处理区内棋盘式取样 10 个点, 每个样点内再设 5 个 1 m^2 的样方。每个样方大小为 1 m^2 。取样工具的样框, 由 4 块 0.5 m 高、1 m 长、嵌有窗纱的铝合金框围合而成。为便于使用, 其中每 2 块用合叶连接。取样时, 由 2 个人各拿用合叶连接在一起的 2 块铝合金框, 同时放在同一地点, 围合在一起, 组成 1 m^2 的样方, 调查其中的虫口密度等。用捕虫网或在样框内采集活飞蝗虫 30~ 100 头, 放于冰箱中, 待日后查蝗虫感病率。

1.3.3 统计与分析方法 采用 F 检验, 之后再用新复极差法比较各处理间的差异显著性。

2 结果

2.1 微孢子虫应用剂量对虫口密度的影响

由表 1 可以看出, 处理前, 对照区的飞蝗虫口密度显著低于处理区 2 及处理区 3。上述 4 个处理区的虫口密度均高于处理指标 $0.5\text{ 头}\cdot\text{m}^{-2}$ 。处理后第 2 周开始后, 采用微孢子虫处理的各处理区平均虫口密度均趋于下降, 而以第 2 次、第 3 次调查时, 虫口密度下降最快。相反, 对照区的平均虫口密度却基本是上升的趋势。特别是在第 5 次调查时, 平均虫口密度高达 $7.7\text{ 头}\cdot\text{m}^{-2}$ 。而其他 3 个处理区中的飞蝗虫口密度均为 $0.5\text{ 头}\cdot\text{m}^{-2}$ 以下。对照区平均虫口密度第 2 次、第 3 次及第 5 次均极显著高于其他 3 个处理中的平均虫口密度 ($P > 0.01$), 而 3 个处理区的平均虫口密度之间无显著性差异 ($P < 0.05$)。说明 3 个剂量之间对飞蝗虫口密度的控制作用无显著差异。但是基于这 3 个处理区处理前的平均虫口密度基数不同, 3 个不同剂量前期虫口密度的控制作用也就有所不同。特别需要强调的是在处理后第 2 次调查时, 即处理后的第 3 周时, 采用微孢子虫防治的 3 个处理区中的飞蝗虫口密度均已下降至防治指标以下。

表 1 不同剂量蝗虫微孢子虫处理后, 飞蝗虫口密度的变化

孢子液剂量 /(孢子 $\cdot\text{hm}^{-2}$)	调 查 日 期				
	07-17	08-01	08-11	08-18	09-22
(处理区 1) 49.5×10^9	0.94 \pm 0.1601 A	0.70 \pm 0.0958 A	0.28 \pm 0.0758 A	0.22 \pm 0.0657 A	0.12 \pm 0.0464 A
(处理区 2) 99×10^9	1.54 \pm 0.3371 AB	1.12 \pm 0.2033 A	0.40 \pm 0.0989 A	0.26 \pm 0.0848 A	0.18 \pm 0.0548 A
(处理区 3) 150×10^9	2.18 \pm 0.3372 AB	0.96 \pm 0.1510 A	0.46 \pm 0.0912 A	0.30 \pm 0.1000 A	0.06 \pm 0.0339 A
(处理区 4) 对照	0.62 \pm 0.1139 B	0.94 \pm 0.1192 A	0.98 \pm 0.1229 B	1.08 \pm 0.1612 B	7.74 \pm 0.6046 B

处理的前 1 d。A、B 代表 F 检验 0.05 水平。

2.2 防治后各处理区中飞蝗龄期组配的比较

处理前(07-17)和处理后(08-18)的蝗虫种群年龄组配以 1—3 期为主。而在 09-02 以后以 4—5 龄为主, 均占 50% 以上。在 09-22 时, 处理区 2 和处理区 3 的成虫头数为 0, 处理区 1 的成虫比例虽然为 40%, 但是虫口密度极低, 成虫虫口密度为 $4\text{ 头}/50\text{ m}^2$; 在不处理区中的成虫比例为 14.5%, 成虫的虫口密度为高达 $56\text{ 头}/50\text{ m}^2$ 。高剂量蝗虫微孢子虫处理(99×10^9 孢子

$\cdot \text{hm}^{-2}$ 、 150×10^9 孢子 $\cdot \text{hm}^{-2}$) 的小区, 成虫比例极低; 而低剂量的处理区中的成虫比例相对较高, 对照区的成虫密度和比例均很高。

表 2 在调查期间各处理区中东亚飞蝗种群的龄期组配的变化

调查日期	龄期	处理区 1		处理区 2		处理区 3		处理区 4	
		虫口密度	各龄比例	虫口密度	各龄比例	虫口密度	各龄比例	虫口密度	各龄比例
		$/(\text{头} \cdot \text{m}^{-2})$	/%						
1999-07-11	1—3	12	32.5	25	45.4	25	52.7	32	70.3
	4—5	23	62.1	28	50.9	18	37.5	12	25.5
	成虫	2	5.4	2	3.7	5	10.4	2	4.2
08-18	1—3	9	81.8	13	100	13	86.6	51	94.4
	4—5	2	18.2	0	0	2	13.3	3	5.6
	成虫	0	0	0	0	0	0	0	0
09-02	1—3	9	34.6	9	37.5	6	28.5	5	20.9
	4—5	15	57.7	13	54.4	14	66.7	18	75.0
	成虫	2	7.7	2	14.3	1	4.8	1	4.1
09-22	1—3	1	10	0	0	0	0	79	20.4
	4—5	5	50	9	100	3	100	252	65.1
	成虫	4	40	0	0	0	0	56	14.5

2.3 残存活虫感病率

表 3 残存飞蝗的感病率

调查日期	处理区 1	处理区 2	处理区 3
1999-08-01	19.2	20.0	14.6
-08-11	15.8	27.5	23.1
-08-18	23.5	27.5	30.6
-09-02	29.4	31.1	31.8
-09-22	40.6	40.0	35.7
2000-07-26	23.5	13.0	9.1

如表 3 所示, 在调查期间, 采用微孢子虫处理各区中的飞蝗的感病率, 均呈逐渐上升的趋势。但是, 随着应用剂量的加大, 第 1、2、3 次调查时的残存飞蝗的感病率上升速度也加快, 而在后期, 即第 4、5 次调查时, 以剂量为 49.5×10^9 孢子 $\cdot \text{hm}^{-2}$ (处理区 1)、 99×10^9 孢子 $\cdot \text{hm}^{-2}$ (处理区 2), 处理区中的残存蝗虫的感病率相近, 而以 150×10^9 孢子 $\cdot \text{hm}^{-2}$ (处理区 3) 处理区的感病率稍低。在用微孢子虫处理的小区中, 由处理开始至第 5 次调查共历时 68 d, 即进行跨代跟踪调查, 第 3 代飞蝗的感病率仍呈上升趋势。蝗虫微孢子虫病可以在飞蝗的不同代次之间进行传播, 以致流行, 这可能是蝗虫微孢子虫对飞蝗种群数量具有明显持续控制作用的重要原因所在。2000 年即跨年调查结果表明, 蝗虫微孢子虫病在各处理区飞蝗种群中仍有一定的规模流行, 但是感病率随着上一年处理剂量的加大而减少。

表4 不同龄期阶段蝗虫中微孢子虫感病率(%)的分布

调查时间	处理1				处理2				处理3			
	总虫数	1—3龄	4—5龄	成虫	总数	1—3龄	4—5龄	成虫	总数	1—3龄	4—5龄	成虫
1999-08-01	26	3.8	15.4	0	30	6.7	13.4	0	40	7.5	5.0	2.5
08-11	19	5.3	5.3	5.3	40	10.0	17.5	0	39	5.1	15.4	0
08-18	34	8.8	14.7	0	40	12.5	12.5	2.5	36	11.1	13.7	2.8
09-22	32	0	31.3	9.4	35	0	25.7	14.3	14	0	35.7	0

仅从在表4中微孢子虫病在各龄期的分布与处理剂量似乎无规律性,但是结合表2可以发现。在08-18时,各处理区中1—3龄蝗蛹的比例高于80%,4龄到成虫的比例极低。说明此时飞蝗由第2代转向第3代,而此时的1—3龄蝗蛹的感病率均在10%左右,该感病率基本上可以认为是越代传播的结果。在09-22时,3个处理区中1—3龄的蝗蛹感病率均为0。

3 讨论

3.1 应用剂量与虫口密度

从本试验可以看出,在应用后的前期,应用剂量越高,则对蝗虫虫口密度的控制能力越强;而在应用后期,则应用剂量的高低对蝗虫虫口密度的控制能力无区别。后期蝗虫虫口密度低也可能是影响蝗虫微孢子虫病对蝗虫虫口密度的控制力的因素。用微孢子虫处理的小区内的蝗虫虫口密度在08-11,就显著低于对照的虫口密度。表明蝗虫微孢子虫对蝗虫虫口密度的控制能力较强。

3.2 应用剂量与感病率

蝗虫微孢子虫的应用剂量对感病率有较强的影响。在应用当年的同一代蝗虫种群中,应用剂量高应用后的前期蝗虫的感病率上升较快,而在下一代的蝗虫感病率和下一年的感病率均比应用剂量低的有所下降。这可能是由于应用剂量高,蝗虫摄入的微孢子虫量也大,在蝗虫微孢子虫未能大量在蝗虫体内增殖之前蝗虫即死亡,或被其它天敌取食,在田间微孢子虫的种群数量有所减少。但是应用剂量对微孢子虫病在蝗群不同年龄中的分布似乎无影响。在微孢子虫处理区内,残存活飞蝗的感病率从处理后的第1周至第9周,均呈上升趋势。在此期间飞蝗有2个世代,在跨越世代后,微孢子虫病对飞蝗的感染率并未降低,说明微孢子虫可以有效地在飞蝗种群中越代传播。传播的途径可能是世代重叠过程中个体之间的水平传播,也可能有垂直传播,尚需进一步研究。然而,有趣的是在微孢子虫处理区中残存活虫的感病率的流行,与草原上引入微孢子虫后,残存活虫的感病率的流行趋势不同,并未发生振荡。原因可能是在草原上所调查的感病率为多个优势种蝗虫的总体感病率,而在海南只是调查了飞蝗一个种,但是明确的原因尚需进一步研究。

3.3 海南省飞蝗灾害的治理对策与控制技术

目前海南省的防治对策为“挑治2代,狠治3代”,防止飞蝗迁移、扩散为害。这常常给农业生产带来一定的损失,并且也不易操作。由于第3代飞蝗的数量增大,并且向水稻田或甘蔗扩散,加上第3代发生时,世代重叠更为严重,防治效果也不理想。在调查了飞蝗前期的发生动态和总结以往防治经验教训的基础上,本试验提出“狠治2代,抑制3代”的防治策略,这是基于

微孢子虫防治效果较缓慢,但可以在蝗虫种群传播、流行,以及飞蝗在海南发生动态及农业生产特点提出的。此项试验结果初步表明,该策略适于本试验区内飞蝗生物防治。但能否适于整个海南蝗区,尚需进一步扩大防治面积及增加防治次数加以完善。

由于施用微孢子虫地块防治前的虫口基数由低到高(0.94 头/50 m²、0.38 头/50 m²及 2.16 头/50 m²)。本试验使用微孢子虫防治海南飞蝗的剂量分别为 49.5 × 10⁹ 孢子·hm⁻² (处理区 1)、99 × 10⁹ 孢子·hm⁻² (处理区 2) 和 150 × 10⁹ 孢子·hm⁻² (处理区 3)。在处理后的第一周时,使用剂量均可有效地压低虫口密度。但高剂量处理区的虫口密度下降更快,而低剂量处理的虫口密度下降较慢。表明微孢子虫的田间使用剂量的高低可明显影响对飞蝗虫口密度的控制能力。尽管在后期各使用剂量间对虫口密度的控制作用无显著的差异。但前期有效地控制较高虫口密度的意义十分重大,一是可以使虫口密度迅速下降在防治指标以下,对农业生产不构成威胁,二是使农民更容易接受生物防治技术。

综合 3 个剂量对虫口密度的控制力,以及残存活虫的感病率等因素,飞蝗虫口密度在防治指标 0.5~5 头·m⁻² 之间时,均可单独使用微孢子虫防治。

3.4 蝗虫微孢子虫与本土蝗虫天敌的相互关系

蝗虫微孢子虫是包括蝗虫在内的直翅目昆虫的专性寄生物,但是作为引入物,必然与当地的昆虫群落、与昆虫有关的微生物群落发生关系。特别是与当地本土蝗虫天敌的互作关系,包括微孢子虫对寄生性天敌和捕食性天敌的影响,和天敌对微孢子虫病的传播、流行的作用等有待进一步研究。

致谢:感谢中国农业大学魏德忠教授、阎跃英女士,海南省农业厅农业处黄河清同志以及海南省儋州市植保站吴桂林、黄玉香等同志对本试验的大力支持。

参 考 文 献

- 1 Henry J E, Oma E A. Pest control by *Nosema locustae*, a pathogen of grasshoppers and crickets. In: Burges H D, et al. eds. Microbial Control of Pests and Plant Diseases 1970~1980. Academic Press, 1981, 573~585
- 2 朱恩林. 中国东亚飞蝗发生与治理. 北京: 中国农业出版社, 1999, 237~255
- 3 Canning E U. A new microsporidian, *Nosema locustae* sp. from the fat body of the African migratory locust *Locusta migratoria migratorioides* (R & F). Parasitology, 1953, 43: 287~290
- 4 王丽英, 严毓骅, 董雁军. 蝗虫微孢子虫对东亚飞蝗及蒙、新草原蝗虫的感染试验. 北京农业大学学报, 1987, 13(4): 459~462
- 5 王丽英, 严毓骅, 管致和. 蝗虫微孢子虫对东亚飞蝗的实验感染. 昆虫学报, 1990, 33(1): 121~123
- 6 严毓骅. 微孢子虫治蝗技术进展. 见: 全国生物处理学术讨论会论文集. 北京: 中国农科院生防所, 1991, 21~23
- 7 Yan Yuhua, Zhang Long, Wang Liying. Biological control of grasshoppers and locusts by using *Nosema locustae* bait in China. In: Proceedings of XX International Congress of Entomology. Beijing, China, 1992
- 8 张龙, 严毓骅, 李光博, 等. 蝗虫微孢子虫病对东亚飞蝗飞翔能力的影响. 草地学报, 1995, 3(4): 324~327
- 9 张龙, 严毓骅, 石旺鹏, 等. 协调应用蝗虫微孢子虫与卡死克处理东亚飞蝗. 中国生物防治, 1999, 15(2): 57~59