

# 东亚飞蝗粪便挥发物对其蝗蛹的聚集作用初报

石旺鹏 严毓骅 张 龙 王旭东

(中国农业大学植物保护学院)

**摘 要** 初步研究了东亚飞蝗(*Locusta migratoria manilensis* (Meyen))不同龄期蝗虫粪便挥发物对蝗蛹的聚集作用。利用自行设计制作的生测仪及其配套装置,在(30±2) 温度下(均匀光照,湿度为60%左右),就蝗虫粪便挥发物对各龄蝗蛹的引诱及滞留活性进行了生测研究。结果表明:蝗虫粪便挥发物对各龄蝗蛹都有一定的引诱作用和滞留作用。其中高龄蝗蛹粪便挥发物对同龄和低龄蝗蛹的聚集作用较好;群体测试时,可能由于虫体间视觉、触觉等的影响,蝗蛹对挥发物的敏感性下降,反应浓度阈值增加,但仍有较明显的聚集效果。

**关键词** 东亚飞蝗; 粪便; 行为; 聚集

**分类号** S433.2

## Attraction of Fecal Volatile of Oriental Migratory Locust for the Aggregation of Its Nymphs

Shi Wangpeng Yan Yuhua Zhang Long Wang Xudong

(College of Plant Protection, CAU)

**Abstract** The attraction of fecal volatile of oriental migratory locust *Locusta migratoria manilensis* (Meyen) produced in different instars for the aggregation of its nymphs was preliminarily studied, by applying self-made olfactometer and relative installations. The results of individual test showed that under (30±2) , 60% RH and 24 h illumination conditions, the fecal volatile possessed certain attraction/detainment actions for all the nymph instars, and the attraction of higher instar nymph's fecal volatile for the same or lower instar nymphs was better. Whilst in grouping test, the sensitivity of nymphs to the volatile was decreased, and the reaction concentration threshold was increased, but there was still testable aggregation effect of the volatile on the nymphs.

**Key words** *Locusta migratoria manilensis*; feces; behavior; aggregation

飞蝗是农业生产的大敌。由于生态环境遭到破坏和异常气候的影响,近年我国飞蝗发生面积和频次又呈回升趋势。特别是近15年来,东亚飞蝗在我国黄淮海地区和海南岛频繁爆发,发生面积由1986年的90万 $\text{hm}^2$ 扩大到1999年的160多万 $\text{hm}^2$ ;高密度蝗群由原来的点片发生扩大到多点大面积发生,密度可高达1000~5000头 $\cdot\text{m}^{-2}$ ;蝗虫的常发区由原来的80个县增加到近100个县。生物治蝗如蝗虫微孢子虫治蝗等技术愈来愈受到重视<sup>[1]</sup>。飞蝗信息素的研究和应用对提高蝗虫测报技术和配套生物治蝗有重大意义<sup>[2]</sup>。

化学信息联系可能是动物界最主要的通讯方式。尤其在昆虫纲中已发现了许多信息素和它感化合物<sup>[3]</sup>。环境中的化学物质是支配昆虫适应性行为的主要方式。这类行为包括选择食物、躲避危险、寻觅配偶、聚集以及为子代选择栖息场所等<sup>[4,5]</sup>。信息化合物在害虫治理中的作

收稿日期: 2000-03-15

石旺鹏,北京海淀区圆明园西路2号中国农业大学(西校区),100094

王旭东,安徽省宿松县破凉镇农技站,246513

用也愈来愈受到重视和广泛应用<sup>[6]</sup>。在飞蝗中, 信息化合物的作用研究得比较少。但初步研究发现, 许多种蝗虫可利用化学物质来进行种内的联系或警告, 或拒避天敌等。最早找到的蝗虫信息化合物是飞蝗的促成熟信息素<sup>[7]</sup>, 以后又陆续发现了能影响或控制许多蝗虫的群居、成熟、产卵、交配等行为的各种信息化合物。近几年有关飞蝗如非洲飞蝗和沙漠蝗的聚集信息素的研究逐步受到重视并取得很大进展。但我国的东亚飞蝗聚集信息素的研究, 国内外尚未见报道。作者对东亚飞蝗粪便挥发物、虫体挥发物、卵囊挥发物等外激素的诱集作用、电生理活性及活性组分进行了初步研究和分析。本研究报道蝗虫粪便挥发物对蝗蛹的聚集作用。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设备

自行研制的行为生测仪, 装配有电子监视装置, 无油空压机, 调温器, 计时器, 捕虫网, 广口瓶, 气流计, 温度计, 湿度计, 干燥塔, Teflon 管, 活性炭, 蒸馏水等。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 蝗蛹饲养** 收集飞蝗卵块, 在人工气候箱内孵化, 然后分笼( $d=15\text{ cm}$ ,  $h=46\text{ cm}$ )用鲜麦苗饲养(饲养条件:  $t=(30\pm 2)$ ,  $RH=50\% \sim 70\%$ , 24 h 光照, 每笼 50~100 头)。

**1.2.2 粪便收集** 每天收集当天虫粪并用锡纸包装密封, 放入 $-10$  冰箱备用。使用前将粪便放入约 $37$  热水浴中温热, 然后倒入气味瓶中作为信息素源。

**1.2.3 行为测定** 采用全封闭式行为生测室, 东、西、南、北方位设有 4 支 40W 日光灯均匀照明, 排气扇 24 h 运行, 保证室内空气流通, 行为生测室条件基本与饲养室条件一致。通过无油空气压缩机提供恒定的、干净的气流( $1\ 000\text{ mL}\cdot\text{m}\cdot\text{in}^{-1}$ ), 使气流均匀吹向飞蝗触角, 通过自动监察装置, 记录其行为反应。

根据 O beng-O fori 方法<sup>[2]</sup>, 自行设计全玻璃自动行为生测仪( $60\text{ cm}\times 60\text{ cm}\times 30\text{ cm}$ ), 生测仪分成等大的 2 个气味室, 一室通以带虫粪挥发物的气流作诱源, 另一室通以经活性炭净化后的空气流作对照。用引虫笼( $15\text{ cm}\times 5\text{ cm}\times 5\text{ cm}$ )引入试虫, 通气一定时间后, 记录试虫在 2 室内的分布数量及个体滞留时间, 一直在引虫笼中的个体视为无反应。

在行为测试前, 将试虫饥饿 2~12 h, 然后挑选生理状态正常一致的试虫作为行为测试, 同时称取不同龄期的等量(20 g)蝗虫粪便作为信息素来源, 每测试一批次后, 通气 3 min, 排除剩余气味, 再进行下一次行为测试。

单头测试: 分成 5 组, 每组 20 头, 每次计时 10 min。

5 头/次测试: 分成 6 组, 每组 15 头, 每次计时 15 min。

10 头/次测试: 分成 5 组, 每组 20 头, 每次计时 30 min。

**1.2.4 行为指标** 聚集指数(aggregation index 简称 A I)是根据发生反应的个体在不同气味区内的分布比例来说明试虫在气味区内的聚集程度<sup>[8]</sup>(Ishii, 1967)。引诱率(attractant percent, A P)是根据被引诱到诱源区内的个体数占总试虫的比率来反映诱源物质对试虫的引诱效果<sup>[9]</sup>(Carlson, 1973)。滞留时间(retention time, R T)是根据发生反应的个体在诱源区内停留时间长短来反映诱源物质对试虫的近距离滞留作用。

## 2 结果与分析

### 2.1 蝗虫粪便挥发物对个体蝗蚘的聚集的影响(表 1)

从表 1 所示的聚集指数来看,不同粪便挥发物对 2 龄蝗蚘的聚集作用均有显著或极显著差异,其中 3 龄、4 龄粪便挥发物对 2 龄蝗蚘的聚集作用较强,雌虫 5 龄粪便挥发物对 2 龄蝗蚘的聚集作用较弱。3 龄和 5 龄雄虫粪便挥发物对 3 龄蝗蚘的聚集作用较强,2 龄粪便挥发物对 3 龄蝗蚘的聚集作用显著比其他虫粪差,另外 4 种虫粪之间的差异不明显。2 龄粪便挥发物对 4 龄蝗蚘、雌虫 5 龄蝗蚘的聚集作用显著低于其他虫粪,其他虫粪之间的作用无明显差异。5 龄蝗蚘和成虫粪便挥发物对雄虫 5 龄蚘的聚集作用显著高于低龄蝗蚘粪便挥发物的作用,而 2 龄粪便挥发物的聚集作用极显著比其他各龄差。

表 1 蝗虫粪便挥发物对各龄期蝗蚘的聚集指数的影响

粪源	供试虫龄				
	2 龄	3 龄	4 龄	5 龄	5 龄
2 龄粪	0.47 deCD*	0.22 cC	0.10 bB	0.10 cB	0.25 cB
3 龄粪	0.70 abAB	0.79 aA	0.60 aA	0.60 aA	0.53 bA
4 龄粪	0.79 aA	0.50 bB	0.47 aA	0.47 aA	0.50 bA
5 龄粪	0.33 eD	0.50 bB	0.47 aA	0.47 aA	0.67 abA
5 龄粪	0.53 cdBC	0.77 aA	0.47 aA	0.47 aA	0.60 aA
成虫粪	0.56 cdC	0.56 bB	0.30 aA	0.30 bA	0.56 abA
成虫粪	0.56 bcABC	0.47 bB	0.40 aA	0.40 aA	0.40 abA

\* 表中大、小写字母分别表示差异极显著或显著(下表同)。

在本研究过程中,对 5 龄以上的蝗虫的粪便挥发物的聚集作用分雌、雄进行了测试,结果认为,5 龄雌、雄虫粪便挥发物对高龄蝗蚘的聚集作用没有极明显的差异,沙漠蝗蝗蚘粪便挥发物对幼成虫(羽化后 12 天以前的成虫)的聚集作用也无明显性别差异<sup>[10]</sup>,这与其他部分能释放聚集信息素的昆虫不同,如松小蠹,雌性释放 exo-西松大小蠹素和香豆素吸引雄虫,雄虫释放另外一种信息化合物吸引雌虫,3 种化合物的混合就以相等的比例招引两性个体<sup>[11,12]</sup>。但是,雌、雄东亚飞蝗成虫粪便挥发物中活性成分及其比例是否一致,以及其对成蝗的聚集作用和性别差异性,还待进一步研究。

对与东亚飞蝗为近缘种的沙漠蝗 *S. chisticerca gregaria* (Forsk.) 的聚集信息素的研究取得了初步成果。Obeng-Ofori 在研究沙漠蝗粪便的聚集作用时认为<sup>[2]</sup>,交配前沙漠蝗成虫粪便对其蝗蚘和成虫均有明显聚集作用,群居型沙漠蝗粪便也对其蝗蚘有明显聚集作用,而对成蝗的聚集作用较差。推测认为,沙漠蝗与东亚飞蝗的信息系统可能有相同之处,尚需进一步研究。

### 2.2 个体蝗蚘在诱源区内的滞留(表 2)

2 龄蝗蚘在 2 龄粪源区内的滞留时间极显著长于其他龄期的蝗蚘,5 龄蚘在此气味区内的滞留时间较短,3 龄、4 龄蝗蚘的滞留时间位于两者之间。雌性 5 龄蚘在 3 龄、4 龄粪源区内滞留时间明显大于其他蝗蚘,而其他蝗蚘之间无极显著差异。2 龄、4 龄蝗蚘在雌虫 5 龄粪源区内滞留的时间较长,3 龄次之,5 龄较短。2 龄蝗蚘在雌虫 5 龄粪源区内的滞留时间极显著短于其

他龄期的蝗蛹, 其他蝗蛹之间无显著差异。雄虫 5 龄蝗蛹在雌成虫粪源区内的滞留时间极显著大于其他龄期的蝗蛹, 其他蝗蛹之间无显著差异。雄成虫粪便挥发物对 3 龄、4 龄、5 龄蝗蛹的滞留作用极显著大于对 2 龄蝗蛹的作用。

表 2 蝗蛹在诱源区内的滞留时间

t/s

粪源	供试虫龄				
	2 龄	3 龄	4 龄	5 龄	5 龄
2 龄粪	452 aA	415 bB	396 bB	375 cC	364 cC
3 龄粪	348 bB	347 bB	349 bB	433 aA	337 bB
4 龄粪	365 bB	308 cC	350 bCB	510 aA	340 bCB
5 龄粪	407 aA	366 bB	409 aA	275 cC	284 cC
5 龄粪	367 bB	422 aA	424 aA	374 aA	442 aA
成虫粪	364 bB	353 bB	374 bB	388 bB	558 aA
成虫粪	297 bB	311 aA	356 aA	355 aA	304 aA

2.3 蝗虫粪便挥发物对蝗蛹的引诱作用(表 3)

在同等条件下, 除 5 龄蝗蛹和雌成虫虫粪外, 其他虫粪对 2 龄个体蝗蛹的引诱作用显著或极显著大于对 2 龄群体蝗蛹的作用; 而 5 龄蝗蛹和雌成虫虫粪对 2 龄蝗蛹 5 头/次的引诱率极显著大于对 10 头/次的引诱率。不同龄期或性别的蝗虫粪便挥发物(5 龄除外)对 3 龄、4 龄个体蝗蛹的引诱作用极显著大于对群体蝗蛹的作用。雄性 5 龄蝗蛹和成虫虫粪对 5 龄个体雌蝗的引诱作用与 5 头/次的蛹群的引诱作用无明显差异, 该结果与雌成虫虫粪对雄虫 5 龄蝗蛹的引诱作用基本一致; 而其他各龄蝗虫粪便对个体的引诱作用显著或极显著大于对群体的引诱作用。但在同等条件下, 不同龄期蝗虫粪便对蝗蛹的引诱作用也存在不同程度差异, 就个体蝗蛹的引诱率而言, 2 龄蝗虫粪便对 2 龄蝗蛹的引诱率较大, 3 龄蝗虫粪便对 2 龄、3 龄蝗蛹的引诱率较大, 其他龄期蝗虫粪便对各龄蝗蛹的引诱作用也均比较明显。

表 3 蝗虫粪便挥发物对蝗蛹的引诱率

试虫龄期	试虫头/次	粪便挥发物取样龄期						
		2 龄	3 龄	4 龄	5 龄	5 龄	成虫	成虫
2 龄	1	70 aA	85 aA	85 aA	60 aA	70 aA	70 aA	70 aA
	5	63 3 bA	70 bB	66 7 bB	60 aA	70 aA	70 aA	66 7 bB
	10	66 bA	78 bB	44 cC	52 bB	58 bB	40 bB	54 cC
3 龄	1	55 aA	70 aA	70 aA	70 aA	75 aA	70 bB	70 bB
	5	23 3 bB	72 bA	56 7 bB	70 aA	76 7 aA	83 3 aA	80 aA
	10	44 cC	20 cB	68 bB	48 bB	44 bB	56 cC	54 cC
4 龄	1	55 aA	80 aA	75 aA	70 aA	70 aA	65 aA	70 aA
	5	50 bA	66 7 aA	63 3 bB	66 7 aA	70 aA	60 bB	56 7 bB
	10	46 bA	52 bB	70 bB	72 aA	74 aA	56 cC	58 bB
5 龄	1	60 aA	60 aA	80 aA	80 aA	80 aA	70 aA	80 aA
	5	42 7 bB	43 3 bB	50 7 bB	71 3 bB	81 4 aA	61 3 bB	71 2 aA
	10	38 8 cC	20 cC	51 2 bB	54 7 cC	61 8 bB	43 2 cC	67 3 aA
5 龄	1	50 aA	65 aA	70 aA	80 aA	80 aA	70 aA	70 aA
	5	51 3 abA	60 abA	61 3 bB	69 7 bB	70 bB	73 2 aA	51 7 bB
	10	47 bA	66 bA	40 8 cC	68 2 bB	70 bB	60 4 bB	58 2 bB

从群体测试可以看出,密度较高的群居型蝗蚋对蝗虫粪便挥发物的敏感性较差,反应阈值较高,可能有以下原因:环境中含有一定浓度的信息化合物,这种信息化合物由虫体挥发出来,且与虫粪挥发物有类似的对蝗虫的聚集作用,致使蝗虫对此信息化合物产生了一定适应性。蝗虫虫体的相互接触及视觉等刺激增强,降低了蝗蚋对外界信息素的敏感性。

### 3 结论

本研究认为,各龄期虫粪挥发物的聚集作用有如下特点:

2龄蝗蚋粪便挥发物对蝗蚋的聚集作用显著低于其他龄期蝗虫粪的作用;仅雌虫5龄虫粪挥发物对2龄蝗蚋的聚集作用低于前者。3龄以上的蝗蚋虫粪挥发物对高龄蝗蚋(4龄、5龄)的聚集作用无显著或极显著差异。

2龄蝗蚋粪便挥发物对2龄蝗蚋的滞留作用显著大于对其他各龄蝗蚋的作用,雄成虫虫粪挥发物对3龄以上蝗蚋的滞留作用极明显大于对2龄蝗蚋的作用。

研究后认为,绝大多数情况下,飞蝗粪便挥发物对个体蝗蚋的引诱作用大于对群体的引诱作用。从个体蝗蚋的引诱率看,低龄蝗蚋(2、3龄)对同龄或比其低龄的蝗蚋的引诱作用较明显;而高龄虫粪的引诱作用均比较明显。

### 参 考 文 献

- 1 严毓骅. 试论拓宽生物防治范围发展虫害可持续治理. 昆虫学报, 1998, 41: 1~ 7
- 2 Obeng-Ofori D, Torto B, Hassanali A. Evidence for mediation of two releaser pheromones in the aggregation behavior of the gregarious desert locust, *Schistocerca gregaria* (Forsk.) (Orthoptera: Acrididae). J Chem Eco, 1994, 20: 1665~ 1675
- 3 Loher W. Pheromones and phase transformation in Locusts. In: Chapman R F, Anthonj Joem, ed. Biology of Grasshoppers. W roctaw: Wiley Interscience. 1990. 337~ 355
- 4 Peter G, Njagi N, Torto B, et al Phase-independent responses to phase-specific aggregation pheromone in adult desert locusts, *Schistocerca gregaria* (Orthoptera: Acrididae). Physiol Entomol, 1996, 21: 131~ 137
- 5 Robert J B, Patrick F D, Ronald D P, et al Aggregation pheromone of dried fruit beetle, *Carophilus haemipterus*. J Chem Eco, 1990, 16: 1015~ 1038
- 6 Visser J H. Host odor perception in phytophagous insects. Ann Rev Entomol, 1986, 31: 121~ 144
- 7 Obeng-Ofori D, Torto B, Hassanali A. Sex differentiation studies relating to releaser aggregation pheromones of the desert locust, *Schistocerca gregaria*. Entomol Expet Appl, 1994, 73: 85~ 91
- 8 Ishii S, Kuwahara Y. Aggregation pheromone of the German Cockroach *Blattella germanica*. Appl Entomol Zool, 1967, 2: 203~ 218
- 9 Carlson D A, Roan C S, Yost R A. Aggregation an mycophagous *Drosophila*: Candidate pheromone and field responses. Ann Entomol Soc Am, 1973, 67: 696~ 704
- 10 Fuzeau-braesch S, Genin E, Jullien R, et al Composition and role of volatile substances in atmosphere surrounding two gregarious locusts *Locusta migratoria* and *Schistocerca gregaria*. J Chem Eco, 1988, 14: 1023~ 1028
- 11 Mark S F, John L F. Field studies of a male-released aggregation pheromone in *Pissodes nemorensis*. Environ Entomol, 1982, 11: 881~ 883
- 12 符文俊. 落叶松八齿小蠹聚集信息素研究. I. 昆虫学研究集刊, 1988, 8: 61~ 66