

612-617

第16卷第6期  
1996年12月生态学报  
ACTA ECOLOGICA SINICAVol. 16, No. 6  
Dec., 1996

754(8)

## 棉铃虫的飞翔活动

吴孔明 郭子元

(中国农业科学院植物保护研究所, 北京, 100094)

A 摘要 实验研究表明, 棉铃虫初羽化个体极少活动, 1日龄以后活动趋于频繁。个体日活动以20:00~21:00和3:00~5:00为2个高峰期, 1~3日龄主要以交配和觅食为主, 4日龄以后多表现产卵活动。3~6日龄成虫的飞翔能力最强, 连续吊飞第6日龄个体, 其平均累计飞行时间达41.30 h, 平均飞行距离239.70 km, 个体最远飞行距离311.29 km, 最长飞行时间59.68 h, 最大飞行速度3.21 m/s。棉铃虫在12~36℃的温区内皆能正常飞翔, 但20~24℃为最适飞行温度。低湿对飞行抑制作用较大, RH60%~90%较为适宜。棉铃虫在环形风洞内选择顺风飞行, 当风速逐渐增大时, 蛾子不断减少自身的飞行速度而主要依靠气流的推动前进。

关键词: 棉铃虫, 飞翔能力, 飞行磨。

棉花害虫

FLIGHT ACTIVITY IN *HELICOVERPA ARMIGERA*

Wu Kongming Guo Yuyuan

(Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing, 100094, China)

**Abstract** The flight activity of moths was monitored by using infra-red video recorder and flight mill. Few activities were observed as the moths were just after emergence. Their night flight became vigorous after the moths came up to one day old, and there were two peak flight stages in 20:00~21:00 and 3:00~5:00 O'clock. The 1~3 days old moths mainly flew for feeding and mating, and mainly for oviposition after they were more than 3 days old. The flight ability of 3~6 days old moths was the strongest. The mean and the longest accumulated flight time, mean and the furthest flight distances and the highest velocity of 6 days old individuals in continuous tethered flight test were 41.30 and 59.68 h, 239.70 and 311.29 km, and 3.21 m/s, respectively. Under 12~36 C, all the moths could fly normally, in which the optimum temperature for flight ranged from 20~24 C. Under low humidity, the flight ability was significantly suppressed, and the appropriate RH ranged from 60%~90%. Most of the moths flew down-wind in the circular wind tunnel, they gradually decreased the flight velocity themselves as the wind velocity had been increased, and eventually up to totally drifted with

收稿日期: 1995-03-12, 修改稿收到日期: 1995-12-01。

the wind.

**Key words:** cotton bollworm, flight ability, flight mill.

棉铃虫(*Helicoverpa armigera*)之所以在农业生态系统中占据重要的地位与其具有适应多种生境的生理、行为及生态特性有着密切的联系。在诸多特性中,迁飞扩散是一个最重要的特点<sup>[1~3]</sup>。较强的转移能力使棉铃虫能从空间上适时地逃避不良栖境,选择合适的生存环境,从而直接调节种群的数量动态。因此,研究棉铃虫的飞翔活动对指导综合治理有着十分重要的意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试虫源

棉铃虫幼虫于1993年6月采于河南省新乡县棉田,在室内利用人工饲料饲养。成虫补充营养10%糖水,饲养温度26℃、光周期L:D=15:9。

### 1.2 棉铃虫成虫活动节律的测定方法

将蛹放入50 cm·50 cm·50 cm的纱网笼中,成虫羽化后保留24头(性比1:1),并饲以10%糖水。利用红外录像仪器观察棉铃虫的羽化过程及1~4日蛾龄的夜间飞翔活动及行为。试验于1994年6月中、下旬在北京市中国农业科学院植保所玻璃房中进行,实验温度25~28℃,RH80%,完全自然光照。

### 1.3 棉铃虫飞翔参数的测试方法

棉铃虫的飞行参数利用昆虫飞行磨测定。测试时选取有代表性的成虫,先将其用乙醚轻度麻醉,除去中胸小盾片上的鳞片,然后用胶水粘在长1.2 cm的细铜丝上,固定于飞行磨的吊杆上,由单板机系统记录飞行参数,计算机处理后输出。每处理测定10~15头。吊飞室保持完全黑暗,温度和湿度视不同处理设定。

## 2 结果与分析

### 2.1 棉铃虫的活动节律

观察结果表明,棉铃虫成虫于傍晚19:00左右开始羽化,21:00时羽化率达到44.83%,23:00时达到86.21%,至24:00时羽化完毕。初羽时翅展仅为正常的1/3左右,15~30 min后全部展开。初羽化个体很少活动,只有短时的爬行,极个别有振翅行为。图1为1日龄和3日龄成虫的飞翔活动节律,从中可以看出,1日龄个体活动频率较低,最高只有33.3%的个体活动。日活动期明显分为2个阶段,分别为20:00~23:00和1:00~5:00。2日龄以后的个体活动趋于频繁,第2阶段明显高于第1阶段,3日龄最高活动率达到95%。1~4日龄皆有交配活动,交配可发生于各个时期,最早见于20:20,最晚见于4:50,最长交配时间可达1.17 h,最短为0.67 h,平均 $1.01 \pm 0.20$  h。3日龄以前以交配觅食为主,多表现于雄虫的飞翔活动,4日龄以后开始产卵,雌虫活动趋于频繁。本试验还观察了无补充营养个体的活动节律,其结果和有补充营养处理无明显差别。

### 2.2 飞翔能力与性别及蛾龄的关系

图2、图3是采自河南省新乡县棉田的二代棉铃虫在24℃,RH75%下12 h的吊飞结果。从中可以看出,在1~11日蛾龄的区间内棉铃虫的飞行距离、飞行时间和蛾龄呈近似正抛物线形曲线变化。1~2日龄成虫飞行能力较弱,平均飞行距离在30 km以下,3日龄

后达到高峰, 平均飞行距离达 40 km, 平均飞行时间约 10 h 左右, 7 日龄后飞行能力明显下降, 至 11 日龄降至 10 km 以下。就性别而言, 1~2 日龄雌虫的飞行能力强于雄虫, 3 日龄以后二者相近, 此后变化趋势相仿。

表 1 年龄对棉铃虫飞翔的影响(连续吊飞)

Table 1 Effects of moth age on flight in *H. armigera* (continuous tethered flight)

蛾龄	平均飞行距离	平均飞行时间	平均最大飞行速度
Age of moth (d)	Mean distance flown (km)	Mean flight duration (h)	Mean maximum flight speed (m/s)
2	120.91 ± 21.85 cd B	24.95 ± 6.03 bc BC	2.31 ± 0.23 abc A
4	213.76 ± 61.21 ab A	38.08 ± 3.63 a AB	2.49 ± 0.59 ab A
6	239.69 ± 67.10 a A	41.30 ± 13.71 a A	2.54 ± 0.45 a A
8	162.58 ± 48.08 bc AB	28.14 ± 7.13 b ABC	2.50 ± 0.29 ab A
10	93.52 ± 27.83 d B	17.69 ± 4.13 c C	1.95 ± 0.12 c A
12	88.93 ± 80.95 d B	18.57 ± 3.42 bc C	2.01 ± 0.29 bc A

注: 数字后字母为 Duncan 测验结果, 小写字母表示 5% 显著水平, 大写字母表示 1% 显著水平, 字母相同者为差异不显著。本文下同。

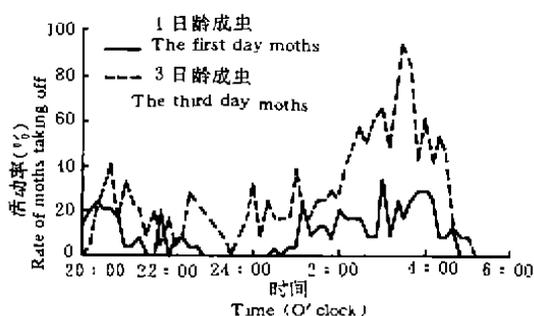


图 1 棉铃虫飞行活动的节律

Fig. 1 Percentage of *H. armigera* taking off in each hour

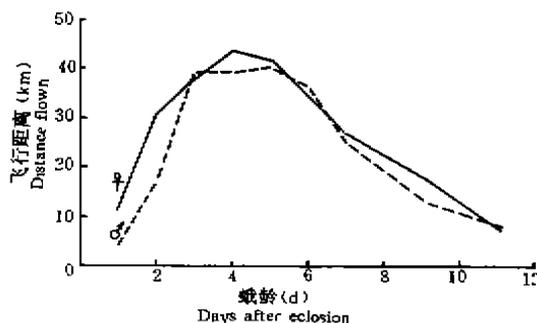


图 2 二代棉铃虫不同蛾龄成虫的飞行距离

Fig. 2 Distance flown of different age moths of the second generation of *H. armigera* (tethered-flight 12 h)

表 1 是人工饲料饲养个体在 24℃、RH 75% 条件下连续吊飞结果。连续吊飞亦显示 4~6 日龄成虫飞行能力最强, 平均飞行距离分别是 213.76 和 239.69 km, 平均飞行时间则达 38.08 和 41.30 h, 6 日龄平均最大飞行速度达 2.54 m/s。个体最大飞行距离为 311.29 km, 最长飞行时间为 59.68 h, 最大飞行速度为 3.21 m/s。

图 4 是人工饲料饲养个体 4 日龄成虫连续吊飞条件下的飞行速度变化动态。飞行速度的变化可分为 3 个阶段, 飞行的初始阶段(0~6 h)飞行速度较高, 多分布于 1.8~1.9 m/s 之间, 此后进入第 2 阶段(7~35 h), 此阶段的飞行速度分布于 1.3~1.7 m/s, 36 h 后进入最后阶段, 飞行速度迅速下降, 至第 39 h 降到 1 m/s 以下, 棉铃虫体能趋于耗尽, 飞行活

动逐渐停止。

### 2.3 飞行能力与温度的关系

在本试验的温区内, 棉铃虫皆能进行正常的飞行活动(表 2), 但不同温度下的飞行能力则有较大差别。在 12℃ 下吊飞 24 h, 平均飞行 11.79 h, 飞行距离 39.11 km, 16℃ 下飞行距离上升到 100.46 km, 20~24℃ 为最适宜的飞行温度, 飞行距离达到 129.26 和 135.87 km, 平均飞翔时间高于 22 h。28℃ 以后, 飞行能力明显降低, 至 36℃ 降至 38.80 km, 飞行时间和速度也显示同样的趋势。

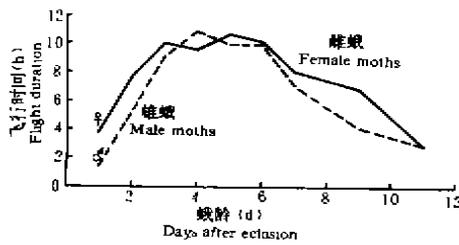


图 3 二代棉铃虫不同蛾龄成虫的飞行时间  
Fig. 3 Flight durations of different age moths of the second generation of *H. armigera* (tethered-flight 12 h)

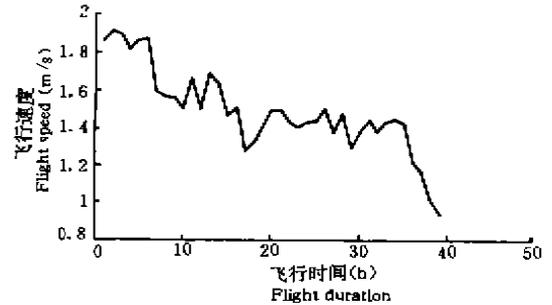


图 4 飞行时间与速度的关系(4 日龄吊飞)  
Fig. 4 The relationship between flight duration and flight speed of *H. armigera* (tethered-four day moths)

表 2 温度对棉铃虫飞翔的影响(RH 75%, 24 h 吊飞)

Table 2 Effects of temperature on flight in *H. armigera* (RH75%, tethered flight 24 h)

温度(℃)	平均飞行距离	平均飞行时间	平均最大飞行速度
Temperature	Mean distance flown(km)	Mean flight duration(h)	Mean maximum flight speed(m/s)
12	39.107±15.055 d	11.79±2.66 cd	1.39±0.35 d
16	100.462±18.224 b	20.94±2.16 a	2.20±0.36 b
20	129.263±13.701 a	23.07±0.82 a	2.19±0.27 b
24	135.874±27.825 a	22.66±1.63 a	2.69±0.42 a
28	74.790±27.031 c	16.09±3.95 b	1.92±0.46 bc
32	61.631±24.675 c	13.25±4.11 c	1.93±0.30 bc
36	38.799±14.918 d	9.75±3.44 d	1.79±0.33 c

### 2.4 飞翔能力与湿度的关系

在 24℃ 下设置不同的相对湿度比较了人工饲养的成虫的飞翔能力, 结果如表 3。从中可以看出, 棉铃虫的飞行能力和湿度呈正相关。在 15% 相对湿度条件下, 吊飞 24 h 仅平均飞行 9.98 h, 飞行距离 38.18 km。此后随湿度的升高, 飞行能力迅速上升, 至相对湿度 60% 条件下飞行能力超过 100 km。60%~90% 的相对湿度是棉铃虫飞行的适宜湿度区间。

表 3 湿度对棉铃虫飞翔的影响(24℃, 24 h 吊飞)

Table 3 Effects of relative humidity on flight in *H. armigera* (24℃, tethered flight 24 h)

相对湿度 RH(%)	平均飞行距离 Distance flown(km)	平均飞行时间 Mean flight duration(h)	平均最大飞行速度 Maximum flight speed(m/s)
15	38.182±17.020 c C	9.98±4.41 d C	1.67±0.34 c B
30	71.148±33.884 b BC	15.06±4.08 c BC	1.79±0.56 bc B
45	79.315±31.227 b B	16.30±5.18 bc B	2.22±0.34 abc AB
60	107.492±17.926 ab AB	19.31±3.70 ab AB	2.26±0.26 abc AB
75	135.874±27.825 a A	22.66±1.65 a A	2.69±0.42 a A
90	120.566±31.457 a A	21.15±2.30 a A	2.31±0.34 ab AB

## 2.5 飞翔与风速及风向的关系

利用环形风洞测定了风对不同年龄成虫飞行的影响。在可以自由选择飞行方向的测试中, 蛾子一般选择顺风飞行。固定方向的测试(见图 5), 蛾子的飞行速度依据风向及风速的改变而变化。无风时供试 1、5、9 日龄成虫的飞行速度为 1.25、1.80 和 1.32 m/s, 当逆风向风速达到 0.5 m/s 时, 蛾子的飞行速度降至 1 m/s 以下, 当逆风向风速接近蛾子无风飞行速度时, 蛾子的飞行速度趋于 0, 蛾子只能短暂逆风振翅, 数分钟后便随风飘动。顺风飞行时, 蛾子的运动速度和风速成正比。图 6 描述了顺风时蛾子的运动速度( $V_1$ )、蛾子的飞行速度( $V_3$ )和风速( $V_2$ )的关系, 顺风时蛾子主要表现为借助风力运动, 当风速增加时蛾子逐渐减缓振翅运动, 依靠气流的推动前进。

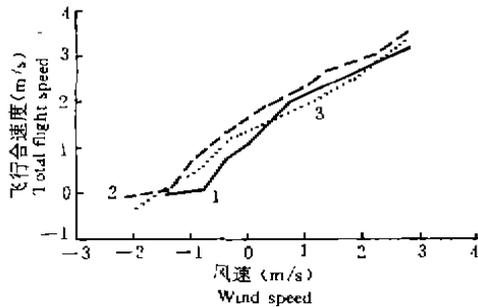


图 5 棉铃虫在不同风速下的飞行合速度

Fig. 5 The relationship between total flight speed and wind speed in *H. armigera*

1. 1 日龄成虫 The first day moths,
2. 5 日龄成虫 The fifth day moths,
3. 9 日龄成虫 The ninth day moths

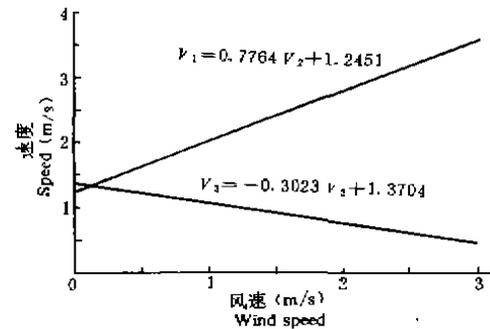


图 6 风对棉铃虫飞行速度的影响

Fig. 6 Effect of wind on flight speed of *H. armigera*

## 3 讨论

棉铃虫在我国的迁飞问题尚缺乏深入研究。对棉铃虫抗寒能力的研究则表明北部特早熟棉区棉铃虫由华北地区迁入<sup>[4]</sup>。60 年代的海面观察也提供了证据<sup>[5]</sup>。可以认为棉铃虫在我国各棉区大面积严重发生和迁飞习性有着密切的联系。本文的研究结果表明棉铃虫成虫

具有较强的飞翔能力, 在飞行磨上吊飞 24 h, 飞行时间达 22.66~23.07 h, 飞行距离 129.12~135.87 km, 已接近于粘虫的测试结果<sup>[6]</sup>, 而显著高于草地螟<sup>[7]</sup>。粘虫和草地螟是已得到充分证实的迁飞性害虫<sup>[8,9]</sup>。因而, 就棉铃虫飞行能力而言其具备远距离迁飞的特征。一个物种通过进化获得某种适应环境的能力势必反映到其生活史中, 故此棉铃虫通过成虫的飞翔选择新的栖息地是必然的。

风是影响棉铃虫飞翔的一个重要因子, 棉铃虫主要选择顺风飞行, 当风速足够大时, 蛾子主要依靠气流的推动前进。此种习性可以保证蛾子以较少的能源消耗而获得较大的运动距离, 以避免因飞行活动而过多地消耗能源物质。如遇 5~6 级大风, 棉铃虫一夜之间迁飞数百公里是完全可能的。途中如遇风向复合的槽线, 切变线、脊线、锋线等逆风作用, 飞行活动将被拦截而导致降落, 完成迁移过程。

### 参 考 文 献

- 1 Arnes N J and Cooter R J. Effects of age and mated status on flight potential of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae), *Physio. Entomol.*, 1991, **16**: 131~144
- 2 Farrow R A and Daly J C. Long range movements as an adaptive strategy in the genus *Heliothis* (Lepidoptera: Noctuidae); a review of its occurrence and detection in four pest species, *Aust. J. Zool.*, 1987, **35**: 1~24
- 3 Fitt G P. The ecology of *Heliothis* species in relation to agroecosystems, *Ann. Rev. Entomol.*, 1989, **34**: 17~52
- 4 吴孔明, 郭子元. 我国棉铃虫迁飞的研究进展, 植物保护研究进展. 北京: 中国科学技术出版社, 1995. 408~414
- 5 林昌善主编. 粘虫生理生态学. 北京: 北京大学出版社, 1990. 207~210
- 6 张志涛, 李光博. 粘虫飞翔生物学特性的初步研究, 植物保护学报, 1985, **12**: 93~100
- 7 罗礼智, 李光博. 草地螟不同蛾龄成虫飞行能力和行为的研究, 青年生态学论丛, 1992, **2**: 303~308
- 8 李光博, 胡文绣. 粘虫季节性迁飞为害假说及标记回收试验, 植物保护学报, 1964, **3**: 101~110
- 9 陈瑞鹿, 暴祥致. 草地螟迁飞活动的雷达观测, 植物保护学报, 1992, **19**: 171~174