

粘虫飞行对生殖及寿命的影响*

罗礼智 江幸福 李克斌 胡毅

(中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100094)

摘要 该文报道了粘虫 *Mythimna separata* (Walker) 成虫飞行后产卵、交配及寿命的研究结果。1日龄成虫飞行6 h、12 h、18 h、24 h后的产卵前期均显著短于对照的, 其中飞行6 h、12 h的比对照的短2天以上, 产卵量均比对照的高。对1~5日龄成虫分别飞行23.5 h后的研究表明, 1日龄飞行的产卵前期和上述结果相一致。2~4日龄飞行的与对照的没有显著差异, 但产卵量则随飞行日龄的延迟而逐渐减少。5日龄飞行的产卵前期显著延长, 产卵量已不到对照的一半。所有经过飞行的成虫产卵高峰日比对照的早1天。不同日龄成虫飞行时间、距离与成虫产卵量的关系为: 1~3日龄飞行时间、距离长的个体产卵量也高; 但4~5日龄的成虫飞行时间与距离越长, 其产卵量越少, 表现出明显的卵子发生飞行拮抗症(oogenesis-flight syndrome)。除了5日龄飞行的成虫交配率有所下降以外, 所有经过飞行的成虫产卵历期、交配率及寿命与对照的没有显著差异。最后, 根据这些结果, 对粘虫迁飞的起飞时期, 迁飞在粘虫生殖、种群动态及成灾规律中的作用进行了讨论。

关键词 粘虫, 飞行, 产卵前期, 产卵量, 寿命

迁飞是昆虫适应环境变化, 寻觅新生境的一种行为对策。迁飞使得昆虫能选择适于本身生存或后代繁衍的生境, 从而增大了生存、繁衍的机会^[1]。因此, 飞行-迁飞通常被看作是昆虫个体、种类如此丰盛的主要原因^[2~3]。然而, 由于翅二型昆虫如飞蝗、蚜虫及稻飞虱的迁飞型(群居型、长翅型和有翅型)产卵前期比滞留型(散居型、短翅型和无翅型)的长而产卵量比滞留型的低, 迁飞的生殖代价通常是很大的。其次, 昆虫在迁飞过程中消耗了大量的能源物质也会使产卵量下降^[3~6]。为此, 人们通常把昆虫的迁飞视作是一种以牺牲后代为代价的逃避行为, 而把迁飞昆虫视为逃难者。但是, 并非所有的迁飞昆虫都必须付出生殖代价。迁徙蚱蜢 *Melanoplus sanguinipes* 迁飞个体比非迁飞个体产卵早而产卵量比非迁飞个体的多^[3]便是其中的一例。蚕豆蚜 *Aphis fabae* 的生命力和生殖能力并不因飞行而下降^[7]。另外, 飞行后的飞蝗 *Locusta migratoria*^[8]、沙漠蝗 *Schistocerca gregaria*^[8]、东亚飞蝗 *L. m. menilensis*^[9]、马利筋长蝽 *Oncopeltus fasciatus*^[10]、瑞典麦秆蝇 *Oscinella frit*^[11]的卵巢发育加快、产卵前期缩短, 而产卵量并没有减少。基于这些事实, 一些人认为, 迁飞昆虫不仅具有较强的飞行能力以及生殖能力, 并且迁飞结束后便能很快产卵^[3, 12]。于是, 如何评价迁飞在昆虫生活史中的作用不仅已经成了迁飞昆虫研究发展的瓶颈, 而且对于了解迁飞在害虫种群动态规律中的作用以及害虫预测预报水平的改善和提高也有十分重要的理论和实践意义。

* 国家自然科学基金项目的部分研究内容

1997-07-25 收稿, 1997-12-29 收修稿稿

粘虫 *Mythimma separata* (Walker) 是我国粮食作物的重要害虫。每年南北往返迁飞为害, 给农业生产造成了巨大的损失^[13~14]。近年来对粘虫迁飞行为机制的研究结果表明: 粘虫羽化后即具有一定的飞行能力, 并随着蛾龄的增加而逐渐增强, 到性成熟时达到最强^[15]。与此同时, 飞行肌及卵巢的发育、能源物质的积累、与能源代谢有关的酶系活性等也相应加强(李克斌等, 待发表)。粘虫飞行的主要能源物质是脂类和糖类。飞行后的成虫脂类及糖类含量均随飞行时间和距离的增加而下降, 而迁入种群的脂类也比迁出种群的含量低^[16~17]。因此, 粘虫飞行的能量代价是很高的。那么飞行后的成虫交配、产卵能力及生命力是否会受到影响呢? 如果有影响的话其影响作用又是怎样的呢? 另外, 在粘虫产卵前的数日时间内, 是否都可以进行迁飞呢? 即其飞行后的产卵能力是否会受到影响呢? 所有这些, 都还没有人进行过研究。为了明确飞行在粘虫种群动态及生活史中的作用, 为阐明粘虫的迁飞行为机制及其预测预报水平的改善与提高提供理论依据, 我们对经过飞行后的成虫产卵、交配及寿命等参数进行了研究, 现将结果整理报告如下。

1 材料与方法

1.1 虫源

所用粘虫是于1996年3月底在江苏南京采集的越冬代迁入成虫经室内繁殖的4~6代成虫。幼虫用玉米苗群体饲养, 密度约为150头/箱(75 cm×34 cm×34 cm), 每天更换饲料。幼虫老熟后, 在箱内加入3 cm厚含水量约10%的土粒供其化蛹、羽化。成虫羽化后, 立即配对置于直径8.5 cm高20 cm的塑料罩内, 并饲以5%的蜂蜜水。饲养温度为(24±1)℃, 湿度为70% RH左右, 光周期为L:D = 12:12。

1.2 实验处理

所设计的实验有二种: 第一种是飞行强度对生殖能力的影响, 所测试的均是1日龄成虫, 测试时间分别为6 h、12 h、18 h和24 h; 第二种是不同飞行蛾龄的影响: 所测试的蛾龄分别是羽化后1、2、3、4和5日龄, 测试时间均为23.5 h(20:00~19:30)。在这两个实验中, 所测试的成虫均没开始产卵, 对照及各个处理所测试的成虫均为15~18对, 但由于有的成虫在饲养过程中逃掉, 因而统计的虫数比所测定的要少。

1.3 飞行能力测试

成虫飞行能力的测试是用自己研制的飞行数据微机采集系统, 该系统可自动记录测试昆虫的飞行时间、距离和速度等。测试前先用乙醚将虫体麻醉, 除去胸腹连接处的鳞片和毛以后, 用502胶(北京化工厂出品)连接于吊环上, 然后再连接于飞行磨的吊臂上。测试在(24±1)℃、70% RH左右、全黑暗的条件下进行。

1.4 有关参数的确定

飞行能力测试完毕后, 将成虫背部的吊环剪去, 然后配对罩于塑料罩中并饲以5%的蜂蜜水。每日更换食料并记录成虫的产卵及死亡状况。雌蛾死亡后, 剖开其腹部检查腹内的精珠数量。通过对这些项目的观察确定成虫的产卵前期、产卵历期、产卵量、成虫寿命和交配

率。所获数据经方差分析差异显著后，由 Duncan 的多重比较法来决定处理间的差异显著性。同时，根据需要对部分数据进行回归分析。

2 结果分析

2.1 飞行能力

粘虫不同日龄成虫的飞行能力（飞行距离及时间的长短）有较大的差异（表 1）。其中 1~2 日龄的成虫飞行能力最小，并显著低于 3 日龄以后的（ $P < 0.05$ ）。3 日龄后，成虫的飞行能力显著增强，并随蛾龄的增加而增强。这些结果与罗礼智等^[15]的研究结果相同。

表 1 不同日龄粘虫蛾在 23.5 h 内的飞行时间与距离*
Table 1 The flight duration and distance of the *M. separata* moths during 23.5-hours tethered-flight at different ages after emergence

日龄 Age in days	统计虫数 Sample size (♀:♂ = 1:1)	飞行时间 (h) Flight duration	飞行距离 (km) Flight distance
1	28	22.92	116.94
		11.90 ± 6.72 bc	48.422 ± 9.73 bc
2	28	22.50	112.62
		9.24 ± 7.18 cl	42.25 ± 36.28 c
3	30	23.24	157.13
		13.54 ± 7.27 ab	66.61 ± 44.40 b
4	30	22.93	188.11
		14.88 ± 5.72 ab	91.43 ± 43.31 a
5	30	23.08	180.70
		16.52 ± 6.68 a	98.64 ± 50.40 a

* 表中每行所列的第一项数字为最大值，第二行为平均数 ± 标准差 (SD)。每一列中具有相同字母的为 Duncan 多重比较差异不显著 (0.05 水平)
* Data in the first line are the maximum and those in the second line are the means ± standard deviation. In each column, data sharing the same letters are not significantly different at 5% level by DMRT

2.2 产卵前期

实验表明，1 日龄成虫飞行 6 h、12 h、18 h、及 24 h 后的产卵前期都比对照的短（图 1：A），且差异显著（ $P < 0.05$ ）。其中飞行 6 h 和 12 h 的比对照的短 2 天以上，而飞行 18 h 和 24 h 的也比对照的短 1 天以上。另外，在每一组处理中，飞行过的成虫产卵前期不管是长是短，前后相差仅有 3 天，而对照的相差则有 6 天之多。于是，1 日龄飞行不仅缩短了成虫的产卵前期，而且也增加了成虫产卵的整齐度。

飞行日龄对成虫的产卵前期也有显著的影响（图 2：A）。其中以 1 日龄吊飞的产卵前期最短（6.2 天），并显著低于对照的 7.9 天（ $P < 0.05$ ）及其它日龄吊飞的。5 日龄飞行的产卵前期最长为 9.9 天，均显著长于对照的及 1 和 3 日龄吊飞的（ $P < 0.05$ ）。这些结果表明，只有 1 日龄的飞行才会使成虫的产卵提前，而飞行日龄推迟，不仅对成虫的产卵没有促进作

用,反而会延迟成虫的产卵前期。Rygg^[11]对瑞典麦秆蝇的研究也表明,成虫飞行的时期越早,成虫开始产卵的时间就越早。但 Gunn 等^[4]对羽化后 1~2 日龄非洲粘虫的测定结果表明,飞行不能促使成虫提前产卵。

2.3 产卵量

飞行对成虫的产卵量有显著的影响。1 日龄成虫吊飞不同时间后的产卵量(图 1: B)均比对照的高,尽管差异不显著($P < 0.05$)。其中飞行 6 h、12 h、24 h 三个处理的成虫产卵量均比对照的高出 200 粒(约 20%)左右,表明飞行不仅不会降低成虫的产卵量而且还会使产卵量增加。另外,1 日龄成虫的飞行强度不会对产卵量造成不利的影响。Rankin 等^[3]对迁徙蚱蜢,Slansky^[10]对马利筋长蝽及 Rygg^[11]对瑞典麦秆蝇的研究结果也表明,成虫飞行后的产卵量会增加。但 Gunn 等^[4]对非洲粘虫及 Willers 等^[5]对烟芽夜蛾的研究结果是飞行后的成虫产卵量下降了约 20% 左右,并显著地低于对照的。另外,Mason 等^[6]对大豆夜蛾 *Pseuda-plusia includens* 的研究结果也表明,飞行后的成虫产卵量会显著减少。

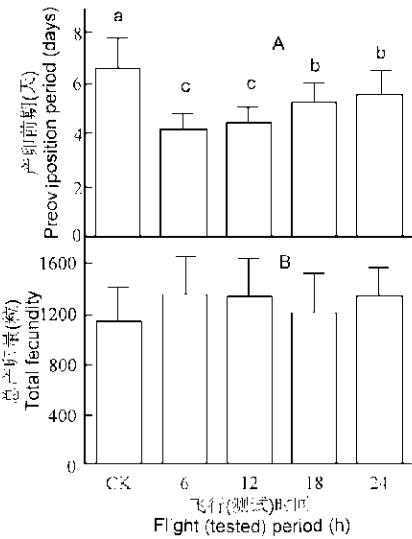


图 1 1 日龄粘虫蛾吊飞不同时间后的产卵前期(A)和产卵量(B)
个柱上具有相同字母(A)或没有字母的(B)为 Duncan 多重比较差异不显著(0.05 水平);统计蛾数
从左到右依次为 17, 17, 16, 12 和 12 对

Fig.1 The preoviposition period (A) and fecundity (B) of the *M. separata* moths following different flight periods at day-1 after emergence. Data are presented as means ± standard deviation. Bars sharing the same letters (A) are not significantly different at 5% level by DMRT. The sample size from left to right is 17, 17, 16, 12 and 12 pairs

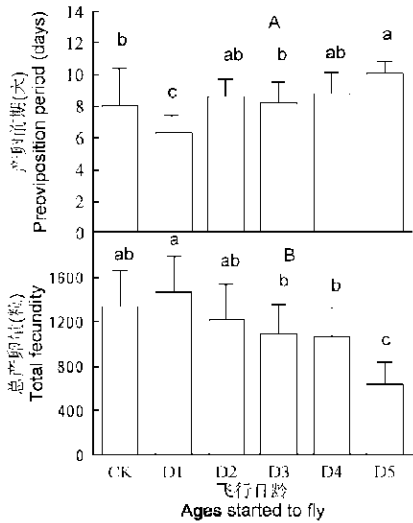


图 2 不同日龄的粘虫蛾吊飞 23.5 h 后的产卵前期(A)和产卵量(B)的变化
每个柱上具有不同字母的为 Duncan 多重比较差异显著(0.05 水平);

统计蛾数从左到右依次为 15, 15, 12, 12, 12 和 13 对
Fig. 2 The preoviposition period and fecundity of the *M. separata* moths following 23.5-hours tethered flight starting at different days after emergence. Data are presented as means ± standard deviation. Bars sharing the same letters (A) are not significantly different at 5% level by DMRT. The sample size from left to right is 15, 15, 12, 12, 12 and 13 pairs

从不同飞行日龄的影响作用来看（图 2：B）。1 日龄飞行的成虫产卵量最高，比对照的高出 14%，尽管差异不显著（ $P > 0.05$ ），并分别比 2、3、4 和 5 日龄飞行的高出 26%、41% 及 134%，且差异显著（ $P < 0.05$ ）；2 和 3 日龄吊飞的和对照的产卵量没有显著差异（ $P < 0.05$ ）；但 4 日龄以后吊飞的产卵量均比对照的低，且差异显著（ $P < 0.05$ ），其中以 5 日龄吊飞的产卵量减少幅度最大，并显著低于其它飞行日龄和对照的（ $P < 0.05$ ）。这些结果表明，粘虫羽化后的飞行时期对成虫的产卵量影响较大，成虫的飞行日龄越迟，产卵量越低。表现出明显的卵子发生-飞行拮抗症（oogenesis-flight syndrome）^[1]。

既然成虫的飞行能力会随蛾龄的增加而增加（表 1），而成虫的产卵量则因飞行蛾龄的增加而下降（图 1：B）。那么，成虫的产卵量是否会因飞行能力（距离）的差异而受影响呢？对不同日龄成虫飞行距离与产卵量的相关分析结果（表 2）表明：1~3 日龄的成虫飞行能力与产卵量呈正相关，即飞行距离长的个体其产卵量也大，不管其差异是否显著。Rankin 等^[3]对迁徙蚱蜢的研究也表明，飞行能力强的个体，不仅产卵前期缩短，而且产卵量也较高。但是，4~5 日龄成虫的飞行能力与产卵量的关系则相反：飞行距离长的个体产卵量反而下降，尽管这种关系并没有达到显著水平（表 2）。另外，1 日龄成虫不同飞行强度对成虫的产卵量没有影响（图 1：B），2 日龄成虫的飞行距离不比 1 日龄的远（表 1），但其产卵量则显著少于 1 日龄的结果（图 2：B）似乎也表明，飞行时期对成虫产卵量的影响作用十分重要。

表 2 不同日龄粘虫蛾飞行距离与产卵量的关系*

Table 2 The relationship between fecundity and flight distance (km)* in the *M. separata* moths following 23.5-hours tethered-flight at the different days after emergence

日龄 Age in days	n (对) Pairs	截距 (a) Intercept	斜率 (b) Slope	相关系数 (r) Correlation coefficient	P
1	11	1092.67	9.82	0.37	>0.05
2	10	1012.90	14.09	0.61	<0.05
3	10	1010.82	1.55	0.17	>0.05
4	10	1369.88	-3.29	-0.45	<0.05
5	8	869.47	-2.57	-0.32	>0.05

* 飞行距离 (km) 为配对♀♂成虫的平均值。* Flight distances (km) are the average of the pairing male and female

飞行对成虫的日产卵量也有较大的影响。从不同飞行日龄的影响作用来看，飞行过的成虫第 1 日产卵量均比对照的低，且产卵高峰日均出现在开始产卵的第二天，比对照的提前了 1 天（图 3）。1 日龄飞行不同时间的成虫并非第 1 日的产卵量都比对照的低，但产卵高峰日也比对照的提前了 1 天（数据没提供）。这些结果表明，飞行不仅会影响成虫的产卵前期，而且也对成虫的产卵高峰日产生影响。另外，飞行对成虫的产卵历期也有一定程度的影响：如不同吊飞时期的成虫产卵历期均比对照的长，尽管差异不显著（表 3， $P > 0.05$ ）。

2.4 交配与寿命

飞行对成虫的交配能力也有一定的影响。从不同日龄飞行后的交配率来看（表 2），1~4 日龄的成虫交配率为 90% 左右，与对照的没有很大的差异。但 5 日龄飞行的成虫交配率较低，

仅为 76.9%。从交配频率来看（见表 2），没经飞行的及 1~4 日龄的成虫平均交配 1 次左右，即具有精珠 1 个。但 5 日龄飞行的每头雌蛾平均仅有精珠 0.85 个，均少于对照及前 4 个飞行日龄的，表明 5 日龄飞行后的交配能力受到了较大程度的影响。因此，飞行时期太迟不仅使产卵推迟、产卵量降低，而且也使交配率降低因而不利于成虫的生殖。

飞行对成虫的寿命没有显著的影响。从不同飞行时期的结果来看，所有经过飞行的雌蛾寿命均比对照的长，尽管差异不显著（ $P>0.05$ ）。而 1 和 3 日龄飞行的雄蛾寿命比对照的长，其余 3 个飞行日龄的比对照的短，但均没有显著差异。这些结果与 Cockbain^[7] 对蚕豆蚜的研究，Gunn 等^[4] 对非洲粘虫的研究以及 Rygg^[11] 对瑞典麦秆蝇的研究结果相似，即飞行不会影响昆虫的生命力。但 Willers 等^[5] 对初羽化的烟芽夜蛾成虫进行 2 h 的飞行后成虫的寿命便会显著缩短。

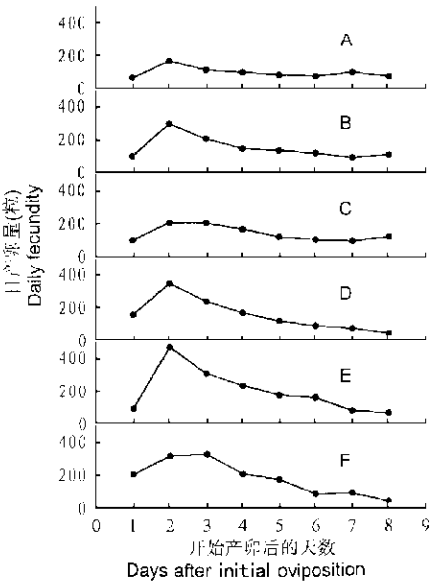


图3 不同日龄的粘虫蛾吊飞 23.5 h 后的日产卵量变化
A, B, C, D, E 依次为羽化后的第 5, 4, 3, 2, 1 日吊飞, F 为对照
每个处理的起始观察蛾数均为 15 对

Fig.3 Variation in daily fecundity of the *M. separata* moths following 23.5-hours tethered-flight at 1 to 5 days after emergence
A, B, C, D and E represent the moth starting to fly at day-5, day-4 ... and day-1, respectively. F is the control. The original number of moths observed for each treatment is 15 pairs

表 3 不同日龄粘虫蛾飞行 23.5 h 后的产卵历期、成虫寿命及交配率*

Table 3 The oviposition period, longevity and mating percentage in the moth of *M. separata* following 23.5-hours tether-flight at different days after emergence

观察项目 Items	对照 CK	飞行日龄（羽化后的天数）Ages starting to fly (Days after emergence)				
		1	2	3	4	5
产卵历期（d） Oviposition period	15a 6.73 1.57	15a 8.07 3.07	12a 8.17 3.31	12a 7.75 3.59	12a 7.08 3.59	13a 6.77 2.64
雌蛾寿命（d） Female longevity	15a 13.80 1.28	15a 14.20 3.53	13a 17.15 6.68	12a 14.83 5.00	12a 16.00 3.85	14a 17.43 5.73
雄蛾寿命（d） Male longevity	14a 24.64 7.29	14a 26.14 5.94	13a 20.39 8.54	13a 27.15 6.83	11a 22.46 6.69	11a 21.36 9.59
交配率（%） Mating percentage	15 93.33	15 93.33	14 92.45	12 92.00	12 91.67	13 76.92
精珠数/雌 Spermatophore/ female	15 1.00	15 0.93	14 1.00	12 1.00	12 1.08	13 0.85

* 每个项目中的第一行数字为统计虫数，第二行为平均 | 标准差（SD）。在每一行中具有相同字母的为 Duncan 多重比较差异不显著（0.05 水平）
* The first line of number in each item is the sample size and second line the mean | standard deviation (SD). Data followed by the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT

3 讨论

从本文所得的结果来看,飞行对粘虫产卵的影响作用主要有三方面:(1)加速卵巢发育并使产卵提前、产卵量增加;(2)延迟产卵及降低产卵量;(3)对产卵量及产卵前期均没有影响。而这些影响作用的发生主要取决于成虫的飞行时期。但是,在已有的研究中,除了 Rygg 的研究^[11]以外,大多数研究均是根据成虫产卵前某天的飞行对产卵的影响作用进行评价的。因此所得的结果不是对产卵有促进作用便是有抑制作用,从而很难对飞行在研究对象生殖中的作用作出客观正确的评价。而本文针对粘虫产卵前期较长的特点,在全面测量成虫产卵前不同日龄的飞行对生殖影响作用的基础上,再对飞行在粘虫生活史中的作用作出评价。因此,本项研究不仅较为客观地反映了飞行在粘虫生活史中的作用,而且为如何评价飞行在昆虫生活史中的作用提供了较为科学的方法。

粘虫在我国的迁飞为害规律虽然已经明确^[13~14],但成虫羽化后何时迁飞,迁飞时期有多久至今仍不十分清楚。这主要是因为粘虫的产卵前期有 7 天左右,在此之前的飞行能力一天比一天强,并且产卵后飞行能力急剧下降^[15]。基于这些事实,几乎所有研究过粘虫飞行生物学的专家都持相似的观点:粘虫在产卵前进行迁飞。但是,从本文的研究结果来看,由于只有 1 日龄的飞行对产卵有促进作用,而 4~5 日龄的飞行使产卵前期和产卵量都受到了较大程度的抑制。又由于昆虫迁飞的主要目的是为了繁殖后代,迁飞行为的发生不应后代繁殖产生不利的影响。据此,我们认为粘虫的起飞迁出是在羽化后的第 2~3 天晚上进行。陈瑞鹿应用雷达对粘虫迁飞行为的研究^[18]也表明,粘虫羽化后 1~2 天即行迁飞。

飞行对昆虫生殖的影响作用虽然并不十分清楚,但 Kennedy^[12], Rankin 等^[3]对其它迁飞昆虫的研究一致认为,在迁飞期间,昆虫的生殖系统会受到暂时的压抑,迁飞结束后,卵巢便会很快发育成熟,产卵。同时他们还把这视为迁飞昆虫的基本特征。粘虫飞行后的产卵提前,表明这种理论可适用于粘虫。至于昆虫飞行后卵巢发育加快的原因,Highnam 等^[8]对飞蝗的研究发现,咽侧体活性的周期性变化与卵子生长的关系可受飞行活动的影响,表明飞行可促使神经内分泌细胞释放刺激卵子生长和咽侧体活性的因子。在迁移蚱蜢中也有相应的现象。并且长时间的飞行还可促使成虫神经分泌细胞分泌促性腺激素(gonadotropin),从而加速卵巢的成熟^[3]。粘虫的卵巢发育虽然也受保幼激素调控^[19],但是,成虫飞行后产卵提前,是否是由于咽侧体被激活,保幼激素释放加快尚待研究。至于飞行可使昆虫产卵量增加的原因,Slansky^[10]认为,飞行和生殖是二个相对独立的系统。迁飞行为发生时,由内分泌因子来调节这两者在发育时间上的差异,而成虫飞行所消耗的能源物质可通过补充营养来弥补,从而不会因飞行而影响到成虫的生殖。由于补充营养可影响粘虫是否能产卵,以及产卵量的多少,这些解释对于粘虫来说是可能的。但是,这种理论既解释不了粘虫 2~3 日龄的飞行对产卵所产生的零效应,也解释不了 4 日龄后的飞行对产卵所产生的负作用。因此,要真正了解飞行对昆虫生殖的影响作用机理仍有很长的路程要走。

最后,值得一提的是,由于粘虫的飞行可使成虫产卵前期和产卵高峰日提前,产卵整齐度增加,并可能使产卵量加大,因此,迁飞不仅是粘虫赖以生存、繁衍的重要行为对策,而且也是影响其种群动态以及暴发成灾的重要因素。

参 考 文 献 (References)

- 1 Johnson C G. Migration and dispersal of insects by flight. London: Methuen, 1969
- 2 罗礼智. 昆虫迁飞行为的发生与调控. 上海: 上海科学技术出版社, 1998, 50 (2): 32~35
- 3 Rankin M A, Burchsted C A. The cost of migration in insects. Ann. Rev. Entomol. 1992, 37: 533~59
- 4 Gunn A, Gatehouse A G, Woodrow K P. Trade-off between flight and reproduction in the African armyworm moth *Spodoptera exempta*. Physiol. Entomol. 1989, 419~427
- 5 Willers J L, Schneider J C, Ramaswamy S B. Fecundity, Longevity and caloric patterns in female *Heliothis virescens*: changes with age due to flight and supplemental carbohydrate. J. Insect Physiol. 1987, 33: 803~808
- 6 Mason L, Johnson S J, Woodring J P. Influence of carbohydrate deprivation and tethered flight on stored lipid, fecundity and survivorship of the soybean looper (Lepidoptera: Noctuidae). Environ. Entomol. 1992, 18: 1090~1094.
- 7 Cockbain A J. Viability, fecundity of alate alienicolae of *Aphis fabae* Scop. after flights to exhaustion. J. Exp. Biol. 1961, 38: 181~187
- 8 Highnam K C, Haskell P T. The endocrine system of isolated and crowded *Locusta* and *Schistocerca* in relation to oocyte growth, and the effects of flying upon maturation. J. Insect Physiol. 1964, 10: 849~864
- 9 黄冠辉. 飞翔对东亚飞蝗性成熟和生殖的影响. 昆虫学报, 1964, 13: 765~767
- 10 Slansky F Jr. Food consumption and reproduction as affected by tethered flight in female milkweed bugs (*Oncopeltus fasciatus*). Entomol. Exp. Appl. 1980, 28: 277~286
- 11 Rygg T D. Flight of *Oscinella frit* L. (Diptera: Chloropidae) females in relation to age and ovary development. Entomol. Exp. Appl. 1966, 9: 74~84
- 12 Kennedy J S. Migration, behavioral and ecological. In Rankin M A ed. Migration: mechanisms and adaptive significance. 1986, Contrib. Mar. Sci. 27 (Suppl), 5
- 13 李光博. 粘虫的综合防治. 见: 中国科学院动物研究所主编. 中国主要害虫综合防治. 北京: 科学出版社, 1979, 301~319
- 14 李光博, 王恒祥, 胡文绣. 粘虫的季节性迁飞为害假说及标记回收试验. 植物保护学报, 1964, 3 (2): 101~110.
- 15 罗礼智, 李光博, 胡毅. 粘虫蛾飞行与产卵的关系. 昆虫学报, 1995, 38 (3): 284~289
- 16 曹雅忠 罗礼智 李光博等. 粘虫蛾飞翔能源物质及其消耗. 昆虫学报, 1995, 38 (3): 284~289
- 17 孙金如. 不同地区、不同世代粘虫蛋白质、脂肪、糖含量测定结果初报. 中国农业科学, 1986, 19 (6): 65~70
- 18 陈瑞鹿. 粘虫迁飞的模式. 见: 林昌善主编, 粘虫生理生态学. 北京: 北京大学出版社, 1990, 322~335
- 19 吴秋雁, 郭 鄂. 粘虫咽侧体对卵巢发育与成熟的作用. 昆虫学报, 1963, 12 (4): 402~411

INFLUENCES OF FLIGHT ON REPRODUCTION AND LONGEVITY OF THE ORIENTAL ARMYWORM, *MYTHIMNA SEPARATA* (WALKER)

Luo Lizhi Jiang Xingfu Li Kebin Hu Yi

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

Abstract The preoviposition period (POP), fecundity, copulation and longevity of the migratory oriental armyworm moth, *Mythimna separata* (Walker), as influenced by tethered flight were investigated in the laboratory. The moths flown for 6, 12, 18 and 24 hours at day-1 after emergence began oviposition 1-

2 days earlier than the unflown ones, and the difference was significant. Life time fecundity of the moths flown at this age for various periods was also greater than that of the control indicating that flight can enhance the reproduction capacity of the moths. The reproductive parameters, however, differed greatly in the moth following 23.5-hours tethered flight at different ages after emergence. POP of the moths flown at day-1 was not only significantly shorter than that of the control, but also than that of the moths starting to fly from day-2 to day-5. POP of the moths flown at day-5, however was significantly longer than that of the control. Life time fecundity of the moth showed close relation to the age of the moths starting to fly. The earlier the moths started to fly after emergence, the greater the fecundity they had. When the moths flown at day-5 after emergence, for example, their life time fecundity was only half of that in the control and half less than that in the moths flown at day-1, exhibiting an oogenesis-flight syndrome. Relationship between flight distance and the total fecundity of the moth differed greatly as the age of the moth starting to fly varied. Fecundity in the moth flown farther or longer was greater than those flown shorter when the moth was tested at day-1 to day-3. The situation, however, got reverse when the moth was starting to fly at day-4 and day-5. Regardless of flight age of the moth, the oviposition peak of the flown moths occurred 1 day earlier than that of the moth without tethered flight. Longevity, mating percentage of the moths undergone flight were insignificantly different from that of the controls, except the mating percentage of the moth flown at day 5 was lower. The ascent period of the moth for migration, significance of flight or migration in the life history, population dynamics and outbreaks of the oriental armyworm are discussed on the results obtained together with the lights of published findings.

Key words *Mythimna separata*, flight/migration, oviposition, longevity, fecundity