

三化螟、二化螟及大螟成虫的飞翔能力*

孙建中

张建新

(江苏省农科院植保所, 南京 210014)

(南京农业大学植保系, 南京 210014)

沈雪生

(江苏省吴江县植保站 215200)

摘要 本文利用飞行磨 (Flight mill) 装置对三化螟 *Tryporyza incertulas* (Walker) 二化螟 *Chilo suppressalis* (Walker); 及大螟 *Sesamia inferens* (Walker) 成虫的飞行能力进行了测试, 结果表明: 三化螟与二化螟成虫的飞翔能力基本一致, 其有效飞行日龄均为 4 天, 成虫羽化后无明显的生殖前期 (<1 天), 卵巢发育为 II 级时 (1 日龄) 飞行能力最强。最远累计飞行距离可达 32 公里以上。雌雄虫具有不同的持续飞翔能力。大螟是这三种螟虫中飞翔能力最强的一种, 具有极强的持续飞行能力, 雌、雄虫可分别达 32 与 50 公里以上, 大螟的有效飞行日龄一般为 6 天, 且具有 2—3 天的生殖前期, 卵巢发育为 II 级时飞翔能力最强, 随日龄的增加, 飞翔能力逐步下降, 大螟成虫具有远距离扩散飞翔能力及一定的迁飞生理行为为基础。

关键词 三化螟 二化螟 大螟 飞行能力

三化螟 *Tryporyza incertulas* Walker, 二化螟 *Chilo suppressalis* Walker, 大螟 *Sesamia inferens* Walker 是东南亚及我国南方稻区的重要水稻害虫。一般认为这类钻蛀性害虫都是属于内源性质, 不具备长距离飞翔能力, 并可通过幼虫滞育在当地越冬。迄今为止, 对这类水稻螟虫的成虫行为研究的报道甚少。历史上, 曾观察到三化螟成虫的灯下大量突增现象, 并曾在海轮上张网网捕试验中, 发现远离海岸线 150 公里处有三化螟成虫, 同时, 水稻栽培制度的改革与成虫飞翔能力之间具有十分密切的关系, 影响着种群的消长及危害的分布, 这些现象都与成虫的各种求欲行为, 飞翔能力、扩散范围以及生理生态的基本过程有关, 对这类螟虫飞翔行为及其飞翔能力的认识, 将揭示非迁飞性害虫与迁飞性害虫在行为和生理上的真正联系和区别, 以及在适应环境变化的进化过程中, 所具备的潜在能力。本文将就三化螟、二化螟, 大螟成虫的飞翔行为及其生理发育特征做一简要报道。

材料与方法

1. 实验材料

三化螟、二化螟、大螟材料分别采自江苏吴江、兴化及南京郊区。在幼虫化蛹盛期, 将有螟虫的稻茎放入养虫笼内, 在保湿、恒温的条件下, 让其自然羽化, 每天观察记录羽化日期、数量及性别。

本文于 1990 年 12 月收到。

* 本研究得到了杜正文研究员的指导, 特此致谢。参加本研究的还有南京农大与江苏农学院的实习生李定云, 秦启联, 马爱东, 在此一并致谢。

2. 实验方法

飞翔数据检测装置采用南京农业大学研制的八通道飞行磨微机检测装置,可连续记载飞行时间、速度和距离(李玉泉等,1987)。螟虫飞翔过程中的温湿度条件分别控制在26—27℃与75—85%之间。在有效的成虫寿命期内,将不同日龄、不同性别待测虫,分别用试管套出,放入乙醚管中麻醉,然后用小棉球揩净前胸背板的小鳞片,并用喷漆及502胶水,将其粘于飞行磨吊臂顶端,待测试虫苏醒后再安放于飞行磨轴承架上,并开始自动记录不同日龄成虫、不同通道的飞行参数,一直至飞行完全停止,每一日龄、不同性别的测试虫量为20头。

分别取不同日龄飞行前后的雌成虫进行卵巢解剖和分级,同时观察体内脂肪体颗粒的形状变化。

结果与分析

一、螟蛾飞行行为的基本特征

吊飞实验表明:不同螟虫、不同日龄、不同性别、不同个体间的飞行能力变异很大,有的被测虫飞行很短的时间,甚至不飞行,而有些却能以极快的速度连续飞行2—3小时,甚至7—8小时,根据连续飞行时间的长短,将飞行群体分为短飞行型(最大持续飞行时间小于10分钟)、中间型(10—30分钟)和长飞行型(>30分钟)三种基本类群,其典型模式见图1。

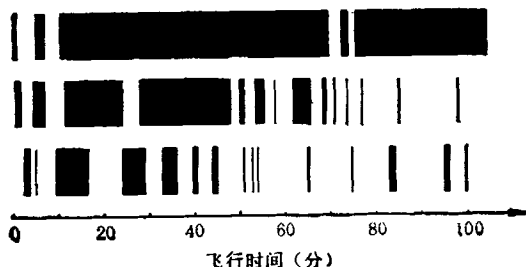


图1 三种典型飞行型的各段飞行时间记录

短时间、多频次的飞行活动则取决于生境中的引诱源(如水稻寄主、性诱激素、灯光等其它环境条件),螟虫的飞行活动往往与求偶、交配、产卵等行为关系最密切,最长持续飞行时间可区分不同螟虫、不同性别的飞翔特征。图2与图3分别表示三化螟与二化螟成虫不同性别、不同日龄三种飞行型的比例变化。由图2、3可知,三化螟与二化螟的不同飞行型的比例变化是基本一致的,都以羽化后第一天长飞行型的比例最高,可达60%

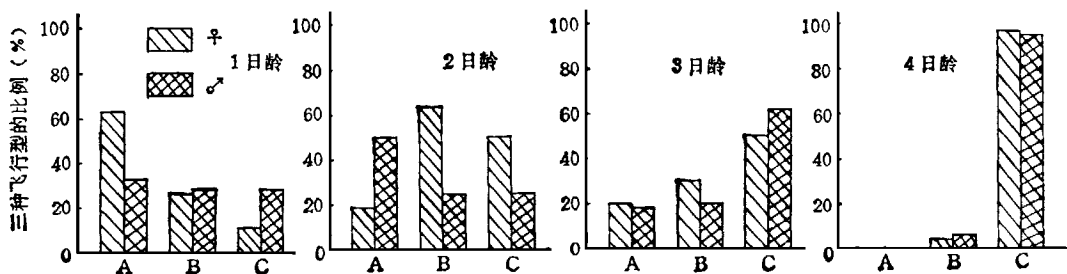


图2 三化螟成虫不同日龄各飞行型频率分布

A长飞行型 B中间型 C短飞行型

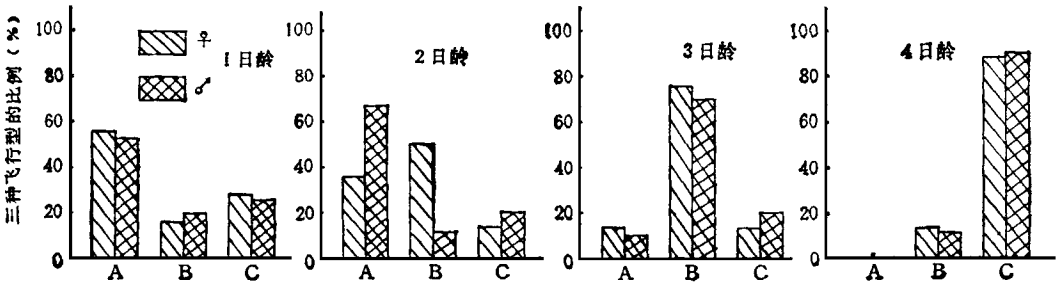


图3 二化螟成虫不同日龄各飞行型频率分布(一代)
A长飞行型 B中间型 C短飞行型

左右,到了2日龄,长飞行型的比例下降,对于中间型情况正好相反。而到了4日龄,则基本上以短飞行型或不飞行为主。由此,三化螟与二化螟成虫的有效飞行日龄为3—4天,飞行能力是随日龄增加而下降的。雌成虫具有较强的持续飞行能力,并以1日龄最高,而雄成虫的持续飞翔能力不如雌虫,飞翔能力在1—2日龄都能达到高峰,这主要取决于交配与否,交配过的雄虫飞翔能力急剧下降。

大螟是属于夜蛾科的,它的飞行型反应则完全不同于螟蛾科的三化螟、二化螟,其成虫不同日龄的飞行型反应如图4所示。有效飞行日龄为6—7天,并且1—6日龄的雌雄成虫的连续飞行时间都大于30分钟,为长飞行型,而在6日龄以后才表现出短飞行型,值得注意的是,大螟成虫都是在2日龄飞翔能力达到最高,持续飞行时间可超过300分钟,大螟的整个飞行过程是雄虫大于雌虫(图4)。

二、求欲行为与种群的起飞率变化

三化螟、二化螟的飞翔行为与成虫的各种求欲行为关系十分密切,种群的起飞率也是随成虫不同日龄的求欲要求而急剧变化。实验及其观察结果表明,三化螟与二化螟成虫的求偶行为、交配行为基本相似,其羽化时间一般是在后半夜,并经几小时黑暗后,当天即能产生求偶行为,其主要特征是腹部向上弯曲,产卵器外伸,暴露第8和第9节,释放性信息素以引诱雄虫。经卵巢解剖,三化螟与二化螟雌成虫几乎没有稚嫩期,一旦羽化,卵巢很快发育成熟,接着产生求偶交配行为,并迅速寻找寄主产卵,刚羽化头两天,活动和飞翔比较积极、频繁,飞行起飞率很高。一旦交配,雄成虫很少飞行,而雌成虫表现出产卵行为

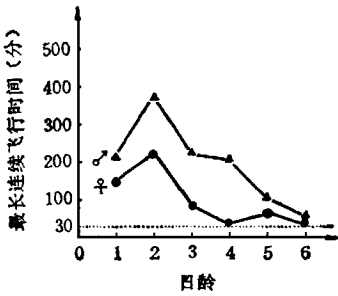


图4 大螟成虫不同日龄飞行时间比较

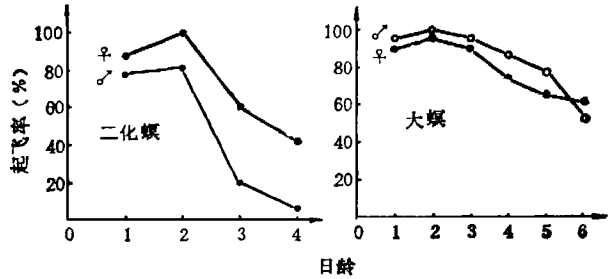


图5 二化螟、大螟各日龄起飞率比较

要求,在强迫飞行时可观察到边飞行边产卵的现象,所以,成虫3日龄以后起飞率下降很快,详见图5。

大螟成虫白天多隐蔽、不活动,羽化后的成虫于当晚或次晚交配,特别是第2天交配率最高,表现出明显的飞翔活动特性,使得大螟成虫在整个飞行日龄中起飞率达到最高。经卵巢解剖,大螟雌成虫的产卵前期一般为2—3天,多数为2天,明显地长于螟蛾科的三化螟,在进行吊飞当中,一般不出现边飞行边产卵现象。由于雌成虫的多次产卵特性(一般为2—8块),使得1—6日龄成虫的起飞率都比较高,6日龄后才会出现明显的下降(详见图5)。大螟成虫种群的高起飞率,反映了该螟虫具有较强的飞翔活动特性,同时反映了夜蛾科成虫飞翔的特点。

表1 二化螟、三化螟及大螟成虫不同日龄飞翔能力比较*

(南京,1989—1990)

螟虫**	性别	日龄	平均飞行频次	平均累计飞行			最长一次连续飞行			最大飞行距离(米)
				时间(分)	距离(米)	速度(米/秒)	时间(分)	距离(米)	速度(米/秒)	
二化螟	♀	1	13.8	110.05	6850.70	0.571	40.99	3231.66	0.646	32902.41
		2	15.2	102.00	1721.50	0.215	36.00	705.98	0.285	
		3	10.7	95.71	1204.94	0.089	43.57	576.14	0.098	
		4	1.2	6.38	107.76	0.022	16.20	40.17	0.032	
	♂	1	4.4	78.22	2600.26	0.426	36.67	1478.55	0.508	16263.31
		2	24.6	69.20	2107.86	0.366	22.40	1272.65	0.574	
		3	4.0	36.60	270.16	0.023	9.80	66.84	0.023	
		4	5.0	15.00	135.44	0.076	15.00	135.44	0.076	
三化螟	♀	1	25	281.71	11495.20	0.624	119.64	5484.77	0.764	32012.66
		2	20	76.10	2946.90	0.645	21.26	780.63	0.623	
		3	23	65.57	2521.55	0.641	10.43	532.50	0.721	
		4	8	14.21	180.75	0.212	5.31	82.84	0.260	
	♂	1	38	149.25	9067.35	0.885	42.33	2269.55	0.910	26661.87
		2	12	48.21	1769.62	0.612	20.67	633.33	0.631	
		3	15	47.50	1144.19	0.402	17.25	491.88	0.521	
		4	12	12.00	99.63	0.138	1.00	12.00	0.200	
大螟	♀	1	12	248.10	12302.82	0.689	156.14	8954.61	0.701	32363.38
		2	13	353.75	14616.85	0.598	220.25	10224.61	1.071	
		3	8	115.00	5639.05	0.527	95.00	3997.41	0.701	
		4	8	91.00	4283.85	0.785	34.00	2681.82	0.844	
		5	8	94.50	2633.16	0.485	71.50	1806.40	0.485	
		6	4	60.10	1825.83	0.507	30.10	722.16	0.401	
	♂	1	5	329.00	24792.17	1.256	211.00	16933.63	1.256	53384.85
		2	13	538.50	32193.95	0.845	379.50	24019.77	1.210	
		3	19	331.14	13671.93	0.780	227.86	10937.15	0.800	
		4	4	271.50	27310.93	1.088	205.50	27251.44	1.088	
		5	6	190.00	10123.20	0.888	100.10	3738.70	0.623	
		6	7	100.00	3726.60	0.626	52.21	973.44	0.312	

* 各日龄、不同性别测定的样本数为15—20头。

** 二化螟为一代,三化螟、大螟为三代。

三、螟蛾飞行的能力

三种主要水稻螟虫飞翔参量测试结果列于表 1。结果表明, 三种主要水稻螟虫的飞翔能力是大螟>三化螟>二化螟, 且都具有较强的内在飞行势能。其中, 二、三化螟飞翔过程中的各场参量测定结果基本一致, 如二化螟雌雄个体的最远飞行距离分别为 32902.41 和 16263.31 米, 而三化螟成虫的最远飞行距离亦分别为 32012.66 和 26661.87 米。测定结果还表明, 二化螟与三化螟雌成虫都具有较强的持续飞行能力, 最长一次连续飞行距离可在 3000—5000 米左右。二、三化螟雄虫不同日龄间的速度变化较大, 1 日龄以后的飞行速度呈明显下降趋势, 相对而言, 雌虫的飞行速度下降稍慢, 详见图 6。二、三化螟雌成虫的持续飞翔能力都大于雄虫, 雄虫多表现为不规则的间隙飞行, 其平均飞行频次是雄虫>雌虫。雄成虫的飞行速度起伏较大。图 7、图 8 可典型地代表二、三化螟成虫一次吊飞飞行当中, 不同性别的飞翔行为特征。这一结果表明, 二、三化螟雌蛾的远距离持续飞行特性更具有种群进化的生态适应意义。

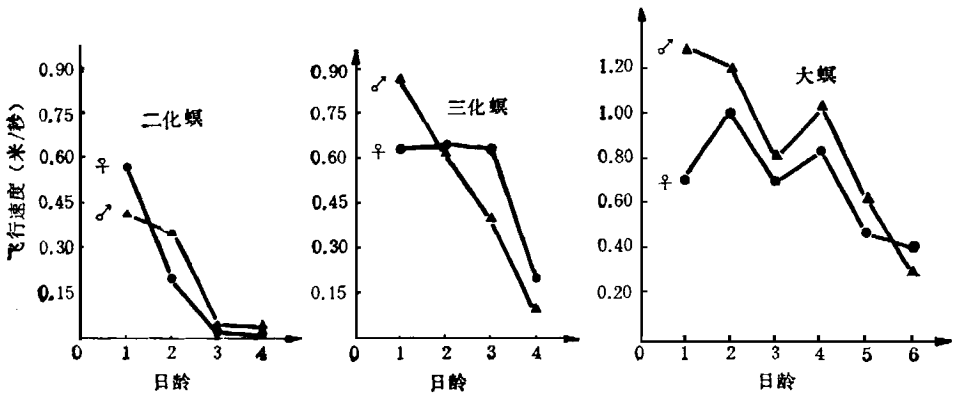


图 6 三种螟虫不同日龄飞行速度比较

由于大螟是属于夜蛾科的无成虫滞育类型, 与该科的其它迁飞性害虫一样, 具有极强的飞翔能力。大螟的有效飞行日龄平均可达 6 天, 少数 8 天, 并都以 2 日龄成虫飞翔能力最强。雌雄个体的累计最远飞行距离可达 32363.38 和 53384.85 米。其飞翔能力是 $\sigma > \eta$, 雄虫的最长一次平均持续飞行距离在 15000—25000 米之间, 而雌虫则在 8000—11000 米之间, 都表现出极强的持续飞行能力, 随着日龄的增强, 其飞翔能力逐步下降, 特别是雌虫 3 日龄时, 飞翔能力下降较多, 此时多数雌蛾开始产卵(大于种群的 50%)。就飞行速度而言, 大螟普遍要高于二、三化螟(详见图 6)。大螟雄虫的飞行速度总是高于雌虫, 这与成虫个体的大小有关。

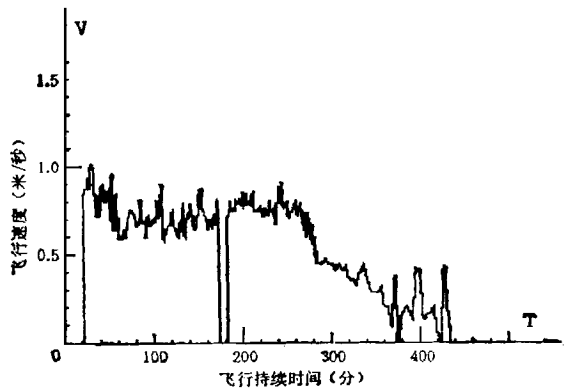


图 7 三化螟 1 日龄雌成虫连续飞行中的速度变化

四、螟蛾飞行能力与卵巢发育的关系

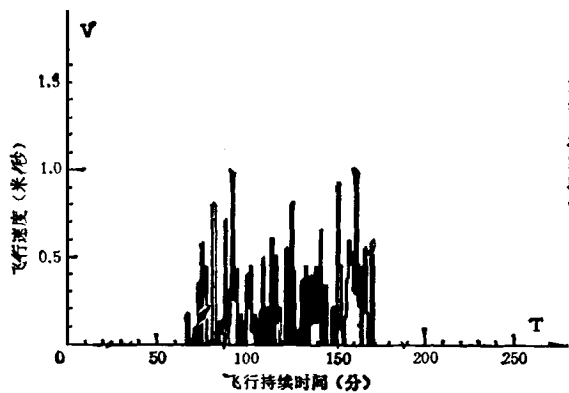


图 8 三化螟 1 日龄雄成虫连续飞行中的速度变化

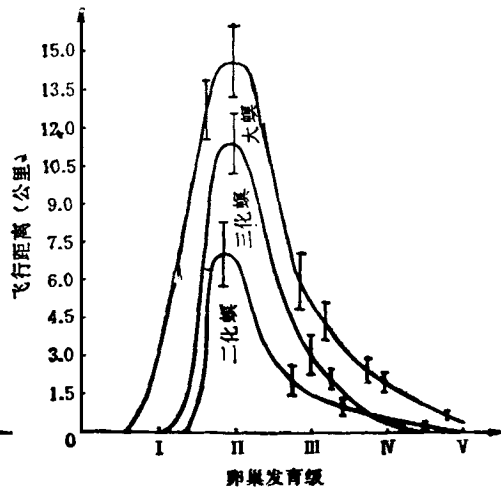


图 9 三种螟虫不同发育阶段飞行能力

三种水稻螟虫的成虫飞行能力日变化主要与其性发育状况有关。雌成虫卵巢发育 II 级时飞行能力最强, IV 级产卵末期时飞行能力最弱, 产卵完成后即丧失飞行能力。详见图 9。表 2 以二化螟为例, 说明了不同日龄卵巢的发育变化过程。三化螟雌成虫的卵巢发育情况与表 2 结果基本一致, 都表明二、三化螟雌成虫无明显生殖滞育期, 其生殖前期一般都小于 1 天, 所以飞行能力是随着卵巢的发育而呈现逐渐下降趋势, 同时飞行的过程并不能抑制卵巢发育的进行。

表 2 二化螟雌成虫不同日龄间的发育状况描述

日 龄	脂 肪 体	卵的形态	卵 巢 管	级 别
1	很多、淡黄色、方块形	卵长椭圆形、卵间隙大	较细	1.8+0.2 (卵黄沉积期)
2	较多、黄色长圆形	半数桔黄色, 半数淡黄, 卵粒清楚, 间隙小	中输卵管有卵, 飞翔中有产卵现象	2.7 (待产期)
3	较少、部分呈丝状	卵方形, 卵间无间隙	卵巢小管长, 中输卵管有卵	3.8 (产卵盛期)
4	较少、丝状	卵少, 松散, 间隙大	卵巢小管短, 退化并萎缩	4.5 (末期)

根据对大螟雌成虫的卵巢解剖, 羽化后 1—2 日龄的卵巢一般在 II 级左右, 中输卵管偶可见到卵粒, 并可见精包, 这期间较少见到产卵现象。在 3—6 日龄雌虫当中, 卵巢发育在 III 级以上, 大多数中输卵管中可见到卵粒, 进入产卵盛期, 并可连续多次产卵, 一般可达 4—5 块, 随着卵巢的发育, 其飞翔能力呈逐步下降趋势, 成虫的最高寿命可达 8—10 天, 但一般有效飞行寿命为 1—6 天日龄。由此可见, 大螟雌蛾具有 2—3 天的产卵前期, 此时飞翔能力达到最高峰, 强迫吊飞过程并不能抑制卵巢的发育。

讨 论

螟蛾的求欲飞行是指因寻找配偶或产卵场所所作的飞行, 而迁飞行为则表现了能持

表 3 不同地区三化螟白穗团分布调查*

(吴江, 1987)

地 点	吴江青云	南得得东	苕南后坝	镇西张介兜
单季稻%	32.4	1.5	0	0
距吴江青云的距离(公里)	0	2.5	12.5	17
白穗团(个/亩)	250	184	133	102.3

* 引自浙江高凤宝同志的调查数据。

续, 具有一定方向 and 不受刺激干扰的飞行特性。无论是求欲飞行还是迁飞飞行都是一种特殊的生理、行为和生态条件间的同步关系。由前面的结果已知, 二、三化螟成虫的飞翔能力变化是与求偶行为, 交配行为以及产卵行为密切相连, 只要有适宜的寄主出现即可停止飞行, 其飞行方向具有明确的选择性。表 3 的田间调查数据表明, 三化螟成虫具有跟随寄主水稻的扩散飞行特性。在纯双季稻地区, 其三化螟种群的为害和发生程度取决于该区与单季稻占一定比例稻区(即单双混栽稻区, 如表 3 中的吴江青云)的直接距离, 距离越近, 白穗团越多, 反之, 则轻, 大约在几十公里范围内具有明显的梯度分布, 这是由于三化螟的主动飞翔能力可达 10—32 公里的扩散引起, 如若遇有气流的输送还可达到更远的距离。据上海星火农场宋焕增在 1980—1983 年海捕结果: 在距海岸线 100 公里以外的范围内($N32^{\circ}31'—32^{\circ}52'$, $E122^{\circ}35'$)捕获到 4 头三化螟雌虫, 卵巢发育均为 II—III 级。所以, 对三化螟种群消长起决定作用的是一定区域范围内(约 100 公里直径)耕作栽培制度的影响。三化螟飞翔所引起的扩散主要是受寄主水稻的影响。实验测定和观察调查都证明三化螟的飞翔行为是属于求欲飞行类型。

根据螟虫发育的生理行为标准, 二、三化螟成虫不具备明显的生殖前期作为更远距离(> 200 公里)迁移的生理基础, 只能作扩散飞行, 但他们具备了与其它迁飞昆虫(如褐稻虱等)一样的飞翔潜力, 甚至具有更强的持续飞翔能力(如大螟)。表 4 列出了目前我国几种主要水稻害虫飞翔能力吊飞测定的结果。三种螟虫的飞翔能力与三种迁飞性害虫的飞翔能力相比, 并不能说明迁飞与非迁飞特性的差异, 迁飞过程的发生主要取决于虫体内部的特殊生理条件以及各种生态条件的同步关系, 在性腺激素的作用下, 生殖前期的长短对飞行能力起着重要的控制作用。由表 4 结果, 大螟的生殖前期似介于迁飞与非迁飞类型之间, 并具有极强的持续飞行能力, 有条件进行更远距离的迁移, 但这需要田间观察数据来

表 4 几种主要水稻害虫飞翔能力比较*

水稻害虫	平均飞行时间(分)	平均飞行距离(米)	最远飞行距离(公里)	卵巢级别(日龄)	生殖前期(天)	资料来源
二化螟	110.05	6850.70	32.90	II (1)	<1	本文
三化螟	281.71	11495.20	32.01	II (1)	<1	本文
大 螟	353.75	14616.85	32.36	II—III (2)	2—3	本文
纵卷叶螟	420.00	12600.00	48.60	II—III (4)	3—6	郑祖强(1985)
褐飞虱	239.15	4336.71	32.40	II (3)	3—5	陈若篪(1984)
白背飞虱	321.31	6130.70	32.84	III (3)	3—5	张建新(1985)

* 以♀成虫飞翔能力最强时记。

加以证明。

参 考 文 献

- 李玉泉 1987 八通道昆虫飞速、飞行里程微机检测系统。南京农业大学学报 1987 年 (3): 127—33。
 杜正文等 1991 中国水稻病虫害综合防治的策略与技术。农业出版社。
 陈若饒 1979 褐飞虱卵巢发育及其与迁飞的关系。昆虫学报 22(3): 280—7。
 陈若饒等 1984 褐飞虱的飞翔能力。昆虫学报 27(2): 121—7。
 陈若饒等 1989 迁飞昆虫学。农业出版社。
 张孝羲 1980 昆虫迁飞的类型及生理生态机制。昆虫知识 5(1): 236—9。
 张建新等 1992 白背飞虱飞行能力研究。昆虫知识 29(2): 65—9。
 Dingle, H. 1978 Evolution of insect migration and diapause. Spring-Verlag. New York.
 Stinner R. E. 1983 Dispersal and movement of insect pest. Ann. Rev. Ent. 28: 319—35.

THE FLIGHT CAPABILITIES OF RICE STEM BORER MOTHS *TRYPORYZA INCERTULAS*, *CHILO SUPPRESSALIS* AND *SESAMIA INFERENS*

SUN JIAN-ZHONG

(Institute of Plant Protection, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014)

ZHANG JIAN-XIN

(Department of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210014)

SHEN XUE-SHENG

(Plant Protection Station of Wujiang County, Jiangsu 215200)

Adult flight capabilities of three major rice stem borers, *Tryporyza incertulas*, *Chilo suppressalis* and *Sesamia inferens* were determined with flight mill and computer system. The results show that the moths of *T. incertulas* and *C. suppressalis* have similar flight capability. Normal flights took place within four days after emergence, and they had no conspicuous pre-reproductive period and calling and mating could occur within 24 hours after emergence. Moths within one day after emergence in the second phase of ovarian development had the strongest flight capability. The cumulative flight distance of a female moth was determined to be over 32 kilometers. Female moths showed longer flight duration while most of the male moths made irregular interval flights affected easily by physical conditions. Flights of these two species were closely related to calling, mating and oviposition behaviours, showing typical mating-flight syndrome. Though most flights in the field were trivial, the longest dispersal distance could be over 100 kilometers. The moth of *S. inferens* had the strongest flight capability among the three rice stem borers and the flight distance of female and male moths were over 32 and 50 kilometers, respectively. Normal flight could occur during the first six days of adult life. The pre-reproductive period were two to three days. Adults in the second phase of ovarian development made the longest flights. Their flight capability declined with the development of the ovaries. This species has flight capability of long distance dispersal and possesses physiological and behavioural bases of migration flight.

Key words *Tryporyza incertulas*—*Chilo suppressalis*—*Sesamia inferens*—flight capability