

402-406

28563(9)

第17卷第4期
1997年7月生态学报
ACTA ECOLOGICA SINICAVol. 17, No. 4
Jul., 1997

光周期对粘虫生殖与飞翔影响的初步研究

曹雅忠 李光博 胡毅

(中国农业科学院植保所, 北京, 100094)

5433.4

A

摘要 在室内恒温条件下,测定了粘虫在短光照(LD 8:16)、中等光照(LD 12:12)、长光照(LD 16:8)、光照逐日由长变短(LD 16:8→12:12)和逐日由短变长(LD 8:16→12:12)等不同光周期条件下的发育进度、生殖力和飞翔能力。结果表明,光照由长变短使幼虫发育进度比其它处理平均缩短1d以上,短光照、长变短、长换短、中等光照等条件下的成虫产卵前期均比长光照、短换长和短变长等处理蛾显著延长,逐日变光处理的雌蛾总产卵量比恒定光照处理蛾为高,光照由长变短对成虫的飞翔能力有明显地促进作用,说明光周期是影响粘虫发育、生殖和飞翔的重要环境因子之一。结合各项试验结果,对粘虫迁飞的进化及其对环境的适应等方面进行了讨论。

关键词: 粘虫, 光周期, 生殖, 飞翔能力。

EFFECT OF PHOTOPERIOD ON REPRODUCTION
AND FLIGHT OF ORIENTAL ARMYWORM*Mythimna Separata* (WALKER)

Cao Yazhong Li Guangbo Hu Yi

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

Abstract The effect of photoperiod on development, reproduction and flight capability of armyworm (*Mythimna separata*) was examined under five different treatments of short photoperiod (LD 8:16), median photoperiod (LD 12:12), long photoperiod (LD 16:8), generally decreasing photoperiod (from LD 16:8 to 12:12) and gradually increasing photoperiod (from LD 8:16 to 12:12) at a constant temperature in laboratory. The results show that the length of development period of larvae experienced gradually decreasing photoperiods was one day shorter than the others. The moths experienced LD 8:16, 12:12 and from 16:8 to 12:12 had longer pre-reproductive period, compared with the moths that experienced LD 16:8 and from 12:12 to 16:8. The total eggs of female moth experienced gradually changing photoperiods was higher than that experienced constant photoperiod. The daylength transferred from long to short was able to enhance the flight potential of moths. The experiment shows that photoperiod was an important environmental factor

• 国家自然科学基金重点资助项目。

本所李克斌、江幸福同志参加部分试验, 特此致谢。

收稿日期: 1995-11-21, 修改稿收到日期: 1996-07-05。

affecting armyworm development, reproduction and flight. The article was also discussed in relation to migratory evolution and adaptation to environment of armyworm.

Key words: *Mythimna separata*, photoperiod, reproduction, flight capability.

昆虫具有对许多环境信号作出反应的能力,这些环境信号使它们能够在适当的条件下迁飞和滞育^[1]。环境因素对昆虫的迁飞规律起着重要作用,不仅作用于昆虫的个体发育,而且还暗示栖息地即将恶化^[2]。能提示栖息地变化的环境因素主要是光周期。

粘虫(*Mythimna separata*)是一种典型的迁飞害虫。它在我国的季节性迁移为害规律,已通过标记回收所证实^[3]。近来的试验结果基本明确了幼虫拥挤度^[4]、幼虫食物数量与质量^[5]、补充营养^[6]、温度、湿度^[7]等环境因子对粘虫飞翔能力的影响作用。

大多迁飞昆虫的迁飞活动开始于成虫幼嫩后期和生殖前期,一旦卵巢成熟和开始生殖,便停止迁飞^[8]。成虫幼嫩阶段至生殖前期的长短决定了这些昆虫的迁飞活动历期,这段时期常受一些环境因子如温度和光周期的影响而发生变化。在夜蛾科昆虫中,迁飞是对短光照的反应,并且使生殖延缓。例如,低温和短光照使一点粘虫(*Pseudaletia unipuncta*)求偶前期延长^[9];Y纹夜蛾(*Autographa gamma*)在低温和短光周期情况下生殖前期延长^[9];而粘虫在短光周期或变光照条件下,成虫的求偶前期也明显延长^[10]。

粘虫具有昼伏夜出的活动节律,并与光周期有密切关系,但光周期对粘虫飞翔能力的影响作用的报道尚少。虽然迁飞昆虫的生殖与迁飞有着密切的关系,但生殖与迁飞各有其特殊行为,而且不同昆虫有自己的特性。粘虫在LD 12:12光周期、23℃条件下,成虫的飞翔能力随蛾龄的增加而变化,3日龄开始飞翔能力与活动激增,5~7日龄为高峰期,然后随日龄增加其飞翔能力下降^[11]。不同的光周期对其飞翔起飞蛾龄、飞翔能力、飞翔活动盛期及历期都有影响。本研究对探讨粘虫迁飞的主要诱导因子、起飞时期,以及迁飞规律等具有重要的理论和实际意义。

1 材料与方法

供试虫源来自田间采集的越冬代粘虫蛾经室内繁殖一代卵。饲养繁殖条件为室温 23±0.5℃、60~70%RH、LD 12:12;幼虫饲喂新鲜玉米叶,成虫用5%蜂蜜液饲养。试验从初孵幼虫开始,将同一家族的初孵幼虫放置在23±0.5℃恒温的不同光周期条件下,群体饲养;一直饲养到成虫期。记载不同光周期条件下的幼虫发育历期、蛹重。化蛹后,选择蛹重较一致(在0.3~0.4g)的成虫进行测试。

光周期的设置分为恒定光周期与变化光周期共7种处理。恒定光周期设为长光照LD 16:8,短光照LD 8:16,中等光照LD 12:12等3个处理;并设置两个光照时数逐日变化的处理,即由LD 8:16变到12:12和由LD 16:8变化到12:12;其光照时数变化设置为前两周每日递增或递减5min,两周后每日变化10min,直到LD达12:12止。另设两组幼虫期与成虫期感受的光照时数不同的处理,其中一组为幼虫期至蛹期为LD 8:16,其成虫期转换为LD 12:12(简称为“短换长”);另一组幼虫期至蛹期为LD 16:8,其成虫期转换为LD 12:12(“长换短”)。各处理的光照时数用XD201型电脑时序控制器来控制。

生殖试验在原设定的环境条件下,雌雄配对,每天饲喂5%蜂蜜液。分别观测成虫的产卵前期、产卵历期和产卵量。飞翔试验在微机控制的昆虫吊飞仪上进行,测试成虫分别为3、5、7日龄,吊飞在全黑暗、23±0.5℃、相对湿度70%~80%的条件下进行,测试历期为12~24h;观测其累计飞翔时间、飞翔距离和平均飞行速度等。

所获得的试验数据采用方差分析法进行统计分析,利用Duncan's法进行处理间的差异显著性测验。

2 结果及分析

2.1 光周期对幼虫发育进度的影响

从表1中看出,粘虫初孵幼虫分别放置在短光照(LD 8:16)、中等光照(LD 12:12)、长光照料(LD 16:8)、变光照(LD 8:16→12:12和LD 16:8→12:12)等5种不同光周期条件下饲养,其幼虫发育进度表现出一定差异。其中光照时数由长变短(LD 16:8→12:12)处理的群体幼虫期最短,即发育进度比其他

处理快 1 d 左右。不同光周期对幼虫发育进度的影响在低龄期不明显,其差异主要表现在 5~6 龄期。由此可见,光周期对粘虫幼虫的发育速度有一定影响。

2.2 光周期对成虫生殖的影响

2.2.1 产卵前期 通过观察不同光周期条件下的雌蛾产卵前期的结果(表 2)表明,光周期对粘虫成虫的发育也有明显的影响作用。在恒定光周期的处理中,短光照条件下的雌蛾产卵前期较长,长光照的产卵前期较短,两者间群体平均数差异极显著($P < 0.01$);而中等光照(LD 12:12)的处理接近短光照处理。由此可以看出,粘虫整个生活史都在恒定光周期条件下,感受光照时间愈长,其成虫发育愈快,即生殖前期缩短;反之则延长。这一结果与韩尔宁测定的光周期对粘虫求偶前期的影响结果是一致的^[10]。

表 1 不同光周期条件下的粘虫幼虫历期

处理 Treatment	LD 8:16	LD 12:12	LD 16:8	LD 8:16→12:12	LD 16:8→12:12
虫数(No.)	316	285	260	257	280
No. of individuals					
1~4 龄(d)	7.0	7.0	7.0	7.2	7.0
1st~4th instar	a	a	a	a	a
幼虫历期(d)	16.5±0.6	16.0±0.5	16.0±0.5	16.0±0.7	15.0±0.5
Larval stage	a A	a A	a A	a A	b A

注:表中字母为差异显著性检验结果,其中小写字母为 5% 水准,大写字母为 1%;若处理间存在相同的小写字母则表示无显著差异,否则差异显著;若大写字母全不同则存在极显著差异。其他表类同。

表 2 不同光周期条件下的粘虫雌成虫产卵前期

处理 Treatment	LD 8:16	LD 12:12	LD 16:8	LD 8:16→12:12	LD 16:8→12:12
蛾数(No.)	37	30	37	33	44
No. of females					
产卵前期(d)	6.9±1.9	6.7±1.2	5.5±1.1	5.5±1.2	6.6±1.2
POP	a A	a A	b B	b B	a A

在变化光周期的处理中,光照时数由短变长处理的雌蛾产卵前期大多为短,而由长变短处理的为长:两者间存在极显著差异($P < 0.01$),在幼虫期与成虫期所感受不同恒定光周期的 2 种处理中,“短换长”的产卵前期比“长换短”的短,达到极显著差异(图 1)。由此可以看出,这两种变化的光周期对产卵前期的影响效果是一致的,这就说明,光周期的变化也影响粘虫成虫发育进度,而且其影响取决于变化的方向。

分析比较光周期变化与不变化两类试验的结果可以看出,光周期对粘虫产卵前期的影响不仅仅是光照时数的长短。例如,LD 16:8、LD 16:8 变为 12:12、LD 8:16、LD 8:16 变为 12:12、LD 12:12 等处理蛾的产卵前期(中数)分别为 5.7、7.5、7d,其群体平均数之间存在极显著差异,这些差异不能用幼虫期所感受光周期来解释(因为一与二组,三与四组的幼虫期光周期分别相同),也不能用成虫期所感受光周期来解释(第二、四、五组成虫期均为 LD 12:12);这可能是由于粘虫在幼虫期和成虫期所感受的光周期差异所致。另外,从逐日变光的两个处理来看,自处理开始到 LD 12:12 时的历期均为 31 d,由于幼虫期均为 16 d 左右,故光照递减处理的幼虫期仍处于短光照(约 LD 9.5:

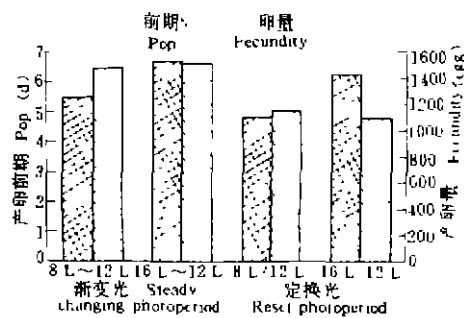


图 1 不同变光条件对粘虫雌成虫产卵前期与产卵量的影响

Fig. 1 Preoviposition period (POP) and fecundity of adult oriental armyworm reared under changing photoperiod

14.5 之内),而光照递增处理仍处于长光照(约 LD 14.5 : 9.5 之内)条件下;这仅两个处理间产卵前不同,而且也分别与恒定光周期的长、短光照处理不同。由此也可以说明,光周期的变化或幼虫期与成虫期所感受的光周期不同在起作用。

表 3 五种不同光周期条件下粘虫产卵量的比较

Table 3 Comparison of fecundity in adult oriental armyworm reared under different photoperiod

处理 Treatment	LD 8 : 16	LD 12 : 12	LD 16 : 8	LD 8 : 16→12 : 12	LD 16 : 8→12 : 12
蛾数(对)	24	27	27	27	28
No. of adults					
总卵量(粒/头)	1432.5±407.6	1134.0±385.4	1307.9±364.5	1464.3±393.9	1502.0±302.1
Total eggs	a A	b B	ab AB	a A	a A

2.2.2 产卵量 5 种不同光周期处理蛾的平均总产卵量的测试结果(表 3)表明,光周期对成虫生殖力也有显著影响。恒定光周期的 3 种处理中,短光照和长光照 2 种处理蛾产卵量较高,中等光照处理蛾较低;前两者间无显著差异,但短光照与中等光照间存在显著差异;而长光照与中等光照无显著差异。2 种变光照的处理蛾产卵量较高,两者间无显著差异;并与短光照和长光照间也无显著差异,但极显著高于中等光照处理蛾。两种在幼虫与成虫期间变换光周期的处理蛾其产卵量较低,两者间无显著差异;但极显著低于 2 种渐变光处理(见图 1)。

2.3 光周期对粘虫飞翔能力的影响

由于粘虫的飞翔能力是随蛾龄增长而变化的,所以本项试验的各种光周期处理分别观测 3、5、7 日龄蛾的飞翔能力。测试结果(见表 4 横列)表明,感受的光周期不同其粘虫飞翔能力明显不同,差异主要表现在 5 日龄和 7 日龄蛾间。总体来讲,光周期日间变化的处理蛾的飞翔能力强于光周期无变化的处理蛾。例如,在 5 日龄期间,光照由长变短的处理蛾飞翔距离显著地远于各恒定光周期处理蛾($P < 0.05$),7 日龄蛾也如此。从恒定光周期处理方面看,短光照处理蛾的群体飞翔能力在各日龄中均较长光照和中等光照蛾的群体飞翔力略强,但未达到显著水平。而两种幼虫与成虫期光照不同的处理蛾的飞翔能力均比相应的全生长期光照一致的处理蛾弱。

表 4 不同光周期条件下的粘虫飞翔能力比较

Table 4 Comparison of flight capacity of adult oriental armyworm reared from different photoperiod

处理 Treatment		LD 8 : 16	LD 12 : 12	LD 16 : 8	LD 8 : 16→12 : 12	LD 16 : 8→12 : 12
3 日龄 3-day old	距离(km)	41.77±17.42	26.76±13.03	35.84±14.96	37.67±12.10	34.49±14.36
		a	a	a	a	a
	时间(h)	7.32±2.88	5.26±2.87	6.31±1.95	7.59±2.56	6.4±2.3
		a	a	a	a	a
5 日龄 5-day old	距离(km)	46.29±13.19	46.02±16.32	43.06±12.31	56.58±17.70	59.66±15.09
		bc AB	bc AB	c AB	ab A	a A
	时间(h)	9.34±2.3	8.41±2.29	8.71±2.11	9.51±2.3	10.05±1.88
		a AB	ab AB	ab AB	a AB	a AB
7 日龄 7-day old	距离(km)	65.43±14.43	53.30±14.56	59.28±16.16	66.76±19.97	70.64±15.32
		abc A	bc A	bc A	ab A	a A
	时间(h)	10.57±1.5	9.63±1.51	10.21±1.48	9.99±2.38	11.25±0.75
		a	a	a	a	a

进一步分析不同光周期处理间飞翔能力的差异可以看出,不同的处理在各自日龄间飞翔能力的变化有所不同。如在飞翔距离方面,2 种逐日变光的处理蛾 5 日龄及 7 日龄的飞翔距离较 3 日龄有较大幅度的增长,其差异达到极显著水平。而恒定光周期(中等光照周期除外)的处理蛾日龄间增长相对缓慢(表 4)。在飞行速度方面,2 种逐日变光处理蛾在日龄间表现为较大幅度的递增,而恒定光周期的处理则表现为有规

律地缓慢增加或略有下降(图2)。这可能就是导致上述不同光照处理间飞翔能力差异的主要原因。由此也可看出,不同光照处理在起飞蛾龄方面也有明显的影响作用(例如,渐变光处理蛾的起飞蛾龄一般较晚)。

3 讨论

具有远距离迁飞习性的昆虫,特别是异地越冬、渡夏和繁殖的种类,不仅可避免若干不利的环境因素,通过往返迁飞,在种群内亦起到自行淘汰的作用^[12]。这亦是许多害虫能以持续猖獗的主要原因之一。环境因素(如光)不仅是粘虫蛾进行飞行的信号,例如,温度、湿度等也是生理机制的影响因素^[13]。由本项试验的结果可清楚的看出,光周期不仅对粘虫的幼虫发育、成虫生殖前期、生殖力有一定的影响,而且对粘虫的飞翔能力有明显的影响作用,特别是变化的光周期对其飞翔能力的影响程度最为突出。

在自然条件下,光周期的变化反映了物候和环境的变化,光照时数的变化,相伴随的是气温和季节的逐渐变化,并预示着酷暑或严冬这些粘虫不适宜的环境条件的来临。为了逃避上述环境条件,粘虫通过生理上一系列反应,迁飞到能继续生存繁衍的区域。在我国东半部地区,光周期具有明显的变化规律,粘虫也具有明显的季节性南北往返迁飞规律;这种吻合一方面说明粘虫为适应环境变化而长期进化形成了迁飞特性,另一方面也说明粘虫迁飞与光周期之间存在密切关系,粘虫迁飞的主要信息可能来自光周期的变化。

光周期的影响可能来自昆虫对某一阶段光周期变化的反应。这其中是对光照还是对黑暗长短累积的反应以及有关的其他问题,诸如反应虫期及其受光周期调控的生物化学机制等均将是下一阶段探讨的重点课题。

参 考 文 献

- 1 Dingle H. (ed) Evolution of insect migration and diapause. Springer, Berlin Heidelberg New York, 1978
- 2 Johnson C G. Migration and dispersal of insects by flight. Methuen London, 1969
- 3 李光博等. 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(2): 101~109
- 4 罗礼智等. 粘虫幼虫密度对成虫飞行与生殖的影响. 昆虫学报, 1995, 38(1): 38~45
- 5 曹雅忠等. 粘虫生殖和飞翔与幼虫期的营养的关系. 昆虫学报, 1996, 39(1): 105~108
- 6 曹雅忠等. 补充营养对粘虫飞翔效应的研究. 首届全国中青年植物保护科技工作者学术讨论会论文集. 北京: 中国科学技术出版社, 1991. 422~427
- 7 曹雅忠等. 空气相对湿度对粘虫飞翔活动的影响. 植物保护学报, 1995, 22(2): 134~138
- 8 Delisle J, et al. The combined effect of photoperiod and temperature on the behaviour of the true armyworm, *Pseudaletia unipuncta*. *Physiol. Entomol.* 1987, 12: 157~164
- 9 Hill J K, et al. Effects of temperature and photoperiod on development and prereproductive period of the silver Y moth *Autographa gamma* (Lepidoptera: Noctuidae). *Bull. of Entomol. Res.* 1992, 82: 335~341
- 10 Han E-N, et al. Effect of temperature and photoperiod on the calling behaviour of a migratory insect, the oriental armyworm *Mythimna separata*. *Physiol. Entomol.* 1991, 16: 419~427
- 11 张志涛等. 粘虫飞翔生物学特性初步研究. 植物保护学报, 1985, 12(2): 93~100
- 12 马世骏. 昆虫种群的生态适应. 生态学报, 1982, 2(3): 225~227
- 13 马世骏. 粘虫蛾迁飞的生理生态学背景. 科学通报, 1963, (9): 65~68

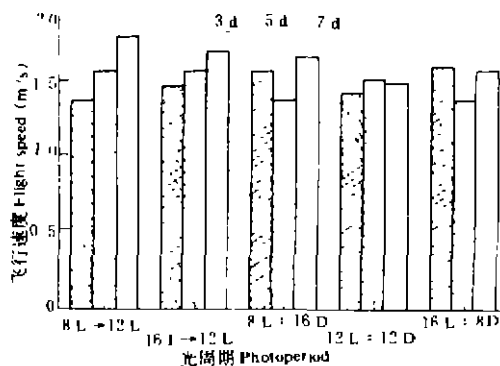


图2 不同光照条件下粘虫蛾龄间飞行速度的变化

Fig. 2 Variation of flight speed in the adult oriental armyworm reared under different photoperiod