

5

饲养温度对粘虫飞行和生殖能力的影响

江幸福, 罗礼智, 胡毅

(中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100094)

摘要: 系统地报道了粘虫整个世代在 4 种温度(24、27、30、33℃)饲养条件下成虫飞行、产卵、交配及寿命等方面的结果。对 1 日龄(未取食)成虫 20h 飞行能力测定表明, 不同饲养温度中羽化的成虫飞行能力差异显著($P<0.05$)。其中以 27℃ 中羽化的粘虫蛾飞行距离最远(雌雄蛾分别平均为 31.06、30.88km), 飞行时间最长(雌雄蛾分别平均为 7.89、7.68h), 飞行超过 30km 个体为 42.4%, 超过 9h 为 39.4%。其它处理的各项参数高低依次为 24℃ $>$ 30℃ $>$ 33℃; 饲养温度对成虫生殖的影响也很显著($P<0.05$)。成虫产卵量、交配率和寿命均随温度的升高而下降, 而产卵前期除 27℃ 的显著缩短外, 其余差异不显著($P>0.05$)。这些结果说明, 粘虫的生殖系统比飞行系统对高温的敏感性要强, 24℃ 适宜二者的发育, 27℃ 对其生殖系统具有损害作用, 而其飞行能力最强也许是粘虫逃避高温寻求适宜的生境以利于种群繁衍或者是其飞行系统发育较快所致。而 30℃、33℃ 中成虫飞行和生殖能力进一步降低表明飞行和生殖系统均受到高温的损害作用。因此, 逃避高温是粘虫每年开春由南往北迁飞为害的主要原因之一。

关键词: 粘虫; 饲养温度; 飞行能力; 生殖

Influences of rearing temperature on flight and reproductive capacity of adult oriental armyworm, *Mythimna separata* (Walker)

JIANG Xing-Fu, LUO Li-Zhi, HU Yi (Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094, China)

Abstract: The variation of flight and reproductive capacity of adult oriental armyworm, *Mythimna separata* (Walker) (OAW) reared at the constant temperature of 24, 27, 30, and 33℃ from egg to adult stage were investigated in the laboratory. The flight capacity, based on 20-hours tethered-flight test of the unfed newly emerged moths from the rearing temperatures, was the highest at 27℃. Flight distance and duration in average for the female and male were 31.1 km and 7.9h, 30.9km and 7.7h, respectively. Proportions of the adults flying beyond 30km and 9h during the test period accounted for 42.4% and 39.4% of the total. Flight capacity in the moth rearing at 24℃ ranged second, then followed by that at 30℃ and 33℃. Reproductive capacity was also significantly affected by the temperature. Preoviposition period of the female from 27℃ was significantly shorter than that of the other treatments, even though it was insignificantly different in the remain treatments. Fecundity, mating rate and longevity of the adults were declined as the temperature increased from 24℃ to 33℃. Furthermore, all the adults rearing at 33℃ were not able to mate. Results obtained from this study presumably suggest that reproductive system is more sensitive than the flight system to the influences of high temperature and the 24℃ is suitable for the development of both reproduction and flight system in the OAW. The reproductive but not the flight system may be impaired by the temperature of 27℃. Reasons for the high flight capacity of the adults at 27℃ may be they want to escape from the harmful effect of this temperature on reproduction or their flight system develops faster. The significant decline of both flight and reproductive capacity at the temperature of 30 and 33℃ are resulted in the injured flight and reproductive systems. It is, therefore concluded that escape from the harmful effects of high tem-

perature is one of the major reasons for the OAW migrate from south to north in spring.

Key words: *Mythimna separata*; rearing temperature; flight capacity; reproduction

文章编号:1000-0933(2000)02-0288-05 中图分类号:Q958 文献标识码:A

粘虫 *Mythimna separata*(Walker)是一种典型的远距离迁飞害虫。每年在我国有 4 次较大规模的迁飞为害活动,有水平和垂直两种迁飞方式。春夏季第 1、2 两次主要是从低纬度(或低海拔)向高纬度(或高海拔)地区迁飞;秋季第 3、4 两次主要是从相反方向回迁^[1]。粘虫这种季节性生境转移和南北往返迁飞为害的规律主要是由于受到环境温度变化的制约,即在寒冷的北方不能越冬,而夏季炎热的南方又难以度夏,在长期的自然选择和进化过程中,逐步形成了这种适应环境的本能。李光博根据粘虫的耐寒性及越冬调查实况分析,并结合我国各地的气象资料,首次提出粘虫在我国东半部地区的越冬北界为 1 月份 0℃等温线或北纬 33 度^[2]。而粘虫度夏情况至今仍不十分清楚。如吴荣宗认为广东晚季水稻粘虫大发生的主要虫源可能是本地度夏的虫源^[3],而邬祥光则认为广东夏季度夏的粘虫不多,其大发生主要虫源是来自北方平原地区水平迁飞和来自高原地区垂直迁飞而来。其中一个重要依据为高温条件下饲养的粘虫幼虫死亡率很高^[4]。关于温度对粘虫未成熟期生长发育的影响,国内外已有很多报道。如林昌善^[5],邬祥光^[6],李秀珍^[7],江幸福^[8],Ponds^[9],Guppy^[10,11],Smith^[12]等。而对成虫有关生物学特性仍缺乏系统研究。既然高温对粘虫未成熟期生长发育有显著的影响,那么成虫飞行和生殖能力可能也会受到影响。值得一提的是,目前关于温度对粘虫飞行的影响研究主要是限于成虫飞行的适宜温度范围、起飞温度阈值^[13]等。即是将正常温度条件下饲养的粘虫蛾在飞行过程中给予不同的温度处理获得的,而粘虫整个世代(包括卵、幼虫、蛹及成虫)在不同温度饲养下成虫飞行能力的变化仍未见报道。温度对粘虫生殖的影响,尽管已有不少结果,但大都限于成虫产卵的适温范围,且主要是对产卵量的影响^[7,14]。为进一步明确粘虫的度夏规律,阐明其虫源性质、揭示其迁飞行为机制以及提高预测预报水平。本文系统地报道 24℃以上 4 种饲养温度对粘虫蛾飞行、产卵、交配和寿命等方面的影响,现将结果总结报告如下。

1 材料与方法

1.1 虫源及饲养温度的设置

所用虫源为 1996 年 4 月在江苏省赣榆县县城捕获的越冬代迁入成虫,由其在室内繁殖的第二代成虫产下的卵即为本实验的虫源。

实验共设 4 种恒温,依次为 24、27、30、33℃,温差幅度为±1℃。相对湿度为 80%左右,光周期为 L12:D12。4 种处理均从卵期开始,幼虫用 850ml 的玻璃瓶(65cm²×13cm)饲养,密度为 10 头/瓶。饲料为室外栽培的新鲜玉米叶。试验开始后,每天更换饲料,直到幼虫停止取食。幼虫老熟时,在瓶内加入含水量 10%~15%的土粒供其化蛹。待化蛹和成虫羽化后分别称取蛹重并测定其飞行和产卵能力。

1.2 飞行能力的测试

成虫羽化后 24h 即对其飞行能力进行测试,故测试成虫均为未取食的 1 日龄成虫。测试仪器为本室研制的昆虫飞行数据微机采集、分析系统。可自动记录昆虫飞行过程中的速度、时间及距离的变化。

测试前,先用乙醚将蛾子轻度麻醉,然后用毛笔将胸腹部连接处的毛除去,再用 502 胶(北京化工厂产品)粘接于小铜丝。测试时,将小铜丝连接于飞行磨的吊臂上。4 种处理的试虫均在温度为(24±1)℃,相对湿度为 70%左右,完全黑暗的同一条件下进行测试。测试时间为 20h(18:00~14:00)。

1.3 成虫产卵量的观测

分别将当日羽化正常的成虫配对置于 850ml 的玻璃瓶(65cm²×13cm)内,瓶底端放有瓶底大小的干海绵和 5%的蜂蜜水及长约 10cm 折叠的蜡纸(供收集卵块用),瓶口网上 120 目的尼龙纱。每天更换蜂蜜水和蜡纸,并记录蜡纸上的卵粒,直到成虫死亡。由此确定成虫的产卵前期、每日产卵量和寿命,最后统计出平均每雌总产卵量。并对死亡后雌蛾的生殖系统进行解剖,观察交配情况。

1.4 资料的统计分析

处理间的不同参数经方差分析统计后,用 Duncan 多重比较进行差异显著性测定。成虫飞行能力除用

飞行距离、时间及平均速度表示以外,还对不同处理间的强飞行个体进行分析比较。成虫生殖主要分析其产卵前期、平均每雌产卵量、交配率及雌雄蛾寿命等。另外还对不同处理的蛹重进行有关分析。

2 结果分析

2.1 对成虫飞行能力的影响

羽化后 24h 未取食的粘虫蛾已具备较强的飞行能力。在 20h 吊飞飞行中,最远飞行距离可达 82.5km,最长飞行时间可超过 17h。但饲养温度对成虫飞行能力有显著的影响(表 1)。27℃中粘虫蛾飞行能力最强,雌雄蛾平均飞行距离分别比 24℃增加了 16.5%和 21.3%,比 30℃增加了 17.5%和 22.9%,尽管 3 种温度间差异不显著($P>0.05$)。而 33℃中雌雄蛾飞行距离最少且显著少于 27℃的($P<0.05$)。雌雄蛾飞行时间与距离受温度的影响表现为相同的趋势,其数值大小依次为 27℃>24℃>30℃>33℃,而平均速度却与飞行距离和时间的变化趋势不一致。温度在 24~30℃内,雌雄蛾平均速度均随温度的升高而增快,33℃时有所下降。这些结果表明粘虫饲养温度从适宜温度(24℃)上升时,在一定范围内将会刺激粘虫蛾的飞行,但当温度超过一定范围时,其飞行能力逐渐降低。导致降低的主要原因是高温中粘虫蛾飞行时间的缩短。因此,在一定温度范围内的较高温环境中生长发育及羽化的粘虫蛾具有远距离迁飞的倾向,但温度过高对其迁飞不利。

表 1 饲养温度对粘虫蛾飞行能力的影响

Table 1 Influence of rearing temperature on flight capacity of adult oriental armyworm					
性别	温度(℃)	蛾数	飞行距离(km)	飞行时间(h)	平均速度(m/s)
Sex	Temperature	No. of adult tested	Flight distance	Flight duration	Mean speed
♀ Female	24	14	26.65±12.13ab	7.79±3.47a	0.97±0.18b
	27	18	31.06±17.85a	7.89±4.17a	1.11±0.20ab
	30	18	25.93±20.29ab	5.35±3.97ab	1.27±0.32a
	33	20	15.30±11.89b	4.45±3.37b	1.01±0.23b
♂ Male	24	13	25.46±15.92ab	6.82±4.28a	1.04±0.16a
	27	15	30.88±20.61a	7.68±3.67a	1.05±0.25a
	30	17	25.04±16.75ab	6.67±5.21a	1.14±0.37a
	33	20	15.00±9.31b	4.24±2.67a	0.99±0.28a

注:表中所列的数据为平均数±标准差。同一列中具有不同字母的为 Duncan 多重比较差异显著($P<0.05$)。下同。
Data are presented as Mean±SD. Means in the same column followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

为了进一步分析饲养温度对成虫飞行能力的影响,将不同处理的成虫飞行距离分为 4 个等级进行比较。结果(图 1)表明,24~30℃中成虫飞行小于 10km 的比例较低。超过 30km 的比例较高,其中以 27℃中强飞行个体比例最高(占 42.4%)。而 33℃中成虫有 35%的个体飞行距离小于 10km,飞行超过 30km 的个体仅占 7.5%。按不同飞行时间进行划分,则也是 30℃以下温度中成虫飞行短于 3h 的比例较低,超过 9h 的比例较高。而 33℃中成虫飞行短于 3h 的个体占 40%,超过 9h 的比例仅占 7.5%(图 2)。这些结果再次表明,饲养温度对粘虫蛾飞行能力有显著的影响。

2.2 对成虫产卵、交配及寿命的影响

饲养温度对粘虫蛾产卵有显著的影响(表 2)。其中以 24℃中成虫产卵量最多,并随温度的升高而减少。30℃中平均每雌仅能产 852.7 粒约为 24℃的一半,两者间差异达到显著水平($P<0.05$)。这与李秀珍、刘增义等报道的结果基本一致^[7,15]。雌雄蛾交配率和平均寿命也是以 24℃的数值最高,且随温度的升高而降低,33℃中雌雄蛾已失去交配能力。但产卵前期并不随温度的升高而缩短,而是 27℃中雌蛾产卵前期显著短于 24℃处理($P<0.05$),温度进一步升高时,却随温度的升高推迟产卵。由此可见,粘虫饲养温度升高对成虫生殖不利的影响主要表现为平均每雌产卵量、交配率及寿命均随着温度的升高而降低。至于 27℃中的粘虫蛾产卵前期数据显著缩短,可能是一定范围内的温度升高,成虫殖系统发育速度加快所致,但温度超过一定范围时却对其发育有所抑制。

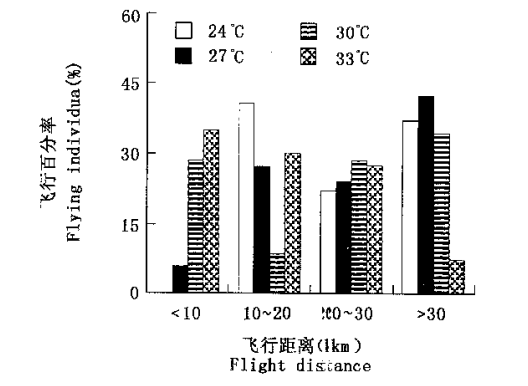


图1 饲养温度对粘虫蛾飞行距离的影响

Fig. 1 Influence of rearing temperature on the flight distance of adult oriental armyworm

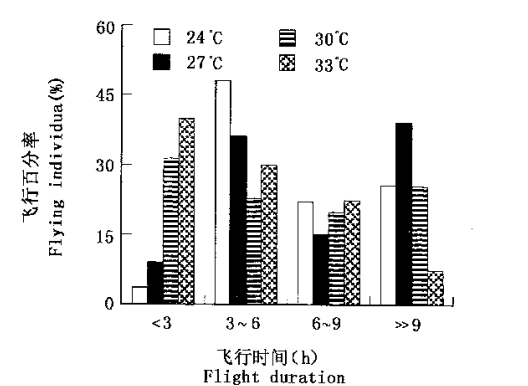


图2 饲养温度对粘虫蛾飞行时间的影响

Fig. 2 Influence of rearing temperature on the flight duration of adult oriental armyworm

2.3 成虫飞行、产卵与蛹重的关系

对不同温度中生长发育而来的粘虫蛹重测定结果表明,饲养温度对蛹重有显著的影响(表3)。温度从24℃上升到27℃,蛹重有所增加,但当温度进一步升高时,蛹重却逐渐降低,33℃时平均蛹重仅为335.4mg,显著轻于前三个温度的($P<0.05$)。

表2 饲养温度对粘虫蛾产卵、交配及寿命的影响

Table 2 Influence of rearing temperature on fecundity, mating rate and longevity of adult oriental armyworm

温度(℃)	蛾数(对)	产卵量(粒/头)	产卵前期(d)	交配率(%)	雌蛾寿命(d)	雄蛾寿命(d)
Temperature	No. of adult tested	No. of egg laid	Pre-oviposition period	Mating rate	Longevity of female	Longevity of male
24	14	1597.4±313.3a	5.5±0.8a	71.4	13.1±1.8a	14.1±7.9a
27	17	1246.4±416.5a	4.5±1.0b	47.1	10.9±2.7ab	11.5±6.3ab
30	11	852.7±645.9b	5.6±1.7a	8.3	8.6±4.9b	4.9±3.2c
33	16	645.6±499.6b	5.8±1.0a	0	8.2±4.2b	8.6±4.4bc

进一步分析蛹重与成虫飞行和产卵的关系,发现成虫飞行能力与蛹重存在一定的关系,蛹重在350~450mg之间的成虫飞行能力较强,其中以375~425mg的最强,当蛹重小于300或大于425mg时,飞行能力有所下降。这或许便是本试验27℃中粘虫蛾飞行能力最强的原因之一。但蛹重的增加并不意味着成虫产卵量增多。如27℃中粘虫蛹最重,但雌蛾平均每雌产卵量却低于24℃处理,从而表明高温对其生殖系统具有损害作用。

表3 饲养温度对粘虫蛹重的影响

Table 3 Influence of rearing temperature on pupal weight of oriental armyworm

温度(℃)	蛹数	蛹重(mg)	蛹重范围(mg)
Temperature	No. of pupae tested	Pupal weight	Pupal weight range
24	30	360.8±26.5a	307.2~426.9
27	30	367.3±34.7a	305.6~450.0
30	30	358.6±27.3a	312.9~403.3
33	30	335.4±39.8b	265.4~410.7

3 讨论

迁飞昆虫的越冬、度夏能力是其迁飞行为中两个重要的因素。明确其越冬、度夏能力将有利于摸清各地虫源的来龙去脉,为中、长期预测预报提供理论依据。但迁飞昆虫的越冬、度夏能力不仅取决于其未成熟

期的生长发育情况,而且与成虫飞行和生殖能力密切相关。就粘虫度夏能力而言,由于粘虫无滞育特性,衡量其能否度夏的标准主要有以下两个方面,第一,高温中粘虫各虫态(卵、幼虫、蛹、成虫)的存活率是直接的衡量标准。第二,高温中粘虫蛾的飞行和生殖能力是阐明其居留下来度夏或是通过迁飞寻找新生境的理论标准。关于饲养温度对粘虫未成熟期生长发育的影响,已有一些结果表明高温不利于粘虫本身的生存而增加迁飞的倾向^[6~8]。而对成虫飞行能力的影响,至今仍未有报道。本实验结果表明,高温对成虫飞行能力的不利影响主要发生在 30℃ 以上,而 27℃ 中粘虫蛾飞行能力比 24℃ 的还要强。这说明一定范围内的较高温饲养对粘虫飞行有促进作用。

温度对粘虫生殖的影响已有少数报道,如李秀珍等认为 32℃ 对其产卵有抑制作用^[7]。刘增义等认为 30℃ 时,成虫产卵就略受影响,35℃ 时几乎不产卵^[15]。本实验结果也表明,24℃ 以上成虫产卵量和交配率均急剧下降,33℃ 中雌雄蛾已不能交配,产卵量也不及 24℃ 的一半。这说明饲养温度高于 24℃ 即对成虫生殖系统有不利的作用。

综上所述,粘虫的飞行和生殖能力均受到饲养温度的显著影响,但影响程度又不完全一致。饲养温度升高对粘虫生殖比飞行的不利程度要重。造成差异的原因可能有以下两个方面,第一,昆虫生长发育(活力)和生殖有着并不完全相同的适宜温度范围。一般来说,昆虫生殖的适温范围接近生长发育的适温范围,但最适范围却比生长发育的要窄^[16]。第二,试验中用于测定飞行能力的试虫均为羽化后 24h 的粘虫蛾,高温对其飞行能力的影响主要是由于粘虫未成熟期(卵、幼虫、蛹)受温度的影响所致,而对生殖的影响却为粘虫的整个世代(卵、幼虫、蛹及成虫),两者受温度影响的时间不同。同时,正是由于这种差异说明粘虫在较高环境温度中生长发育时,其成虫将会增加远距离迁飞的倾向,以便寻找更为适宜的生境繁衍后代。而从较高温度中生长发育而来的成虫具备较强的飞行能力就保证了其远距离迁飞的可能。由此可见,粘虫幼虫在高温中具有很高的死亡率不仅是其在我国南方地区不能度夏的直接原因,而且即使由于某些特殊原因(如特殊的小环境)侥幸存活,其羽化出的成虫生殖能力仍然受到高温不利的影响。因此,粘虫在较高温度的地方度夏的机率很小,迁飞的可能性更大。

参考文献

- [1] 李光博. 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): 101~110.
- [2] 李光博. 我国粘虫研究概况及主要进展. 植物保护, 1993, **19**(4): 2~4.
- [3] 吴荣宗. 广东晚稻粘虫大发生虫源的探讨. 昆虫知识, 1963, **7**(1): 42~47.
- [4] 邬祥光. 南方粘虫之研究 VI. 再论大发生主要虫口来源—兼与吴荣宗同志商榷. 昆虫知识, 1964, 230~239.
- [5] 林昌善, 郑喆良. 有效温度法则在我国粘虫发生地理学上的检验. 昆虫学报, 1958, **8**(1): 41~56.
- [6] 邬祥光, 黄心华, 朱金亮, 等. 南方粘虫之研究 IV. 粘虫的发育起点、有效积温常数的测定及其研究方法、计算方法的比较. 昆虫学报, 1964, **13**(5): 649~658.
- [7] 李秀珍, 龚佩瑜, 吴坤君. 粘虫在不同温度下的生命表及其发育的热量需要. 昆虫学报, 1992, **35**(4): 415~421.
- [8] 江幸福, 刘悦秋, 罗礼智, 等. 高温对粘虫未成熟期生长发育的影响. 北京农学院学报, 1998, **13**(2): 20~26.
- [9] Pond D D. Life history of the armyworm, *Pseudaletia unipuncta* (Lepidoptera: Noctuidae) in New Brunswick. *Ann. Ent. Soc. America*. 1960, **53**: 661~665
- [10] Guppy J C. Life history and behavior of the armyworm, *Pseudaletia unipuncta* (Haw.) (Lepidoptera: Noctuidae) in eastern Ontario. *Can. Entomol.* 1961, **93**: 1141~1153.
- [11] Guppy J C. Some effects of temperature on the immature stages of the armyworm, *Pseudaletia unipuncta* (Lepidoptera: Noctuidae) under controlled conditions. *Can. Entomol.* 1969, **101**: 1320~1327.
- [12] Smith A M. Larval instar determination and temperature-development studies of immature stages of the common armyworm, *Mythimna convecta* (walker) (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Aust. ent. Soc.*, 1984, **23**: 91~97.
- [13] 张志涛, 李光博. 粘虫飞翔生物学特性初步研究. 植物保护学报, 1985, **12**(3): 93~100.
- [14] 郭 郭, 吴秋雁, 蔡惠罗, 等. 粘虫生殖的研究 I. 成虫的一般特性. 昆虫学报, 1963, **12**(5~6): 565~577.
- [15] 刘增义, 陈瑞鹿, 李锦春. 粘虫农业科学通讯. 1956, **3**: 167~172.
- [16] 南京农学院主编. 昆虫生态及预测预报. 北京: 农业出版社, 1985.