

# 温度对棉黑蚜生长发育和繁殖的影响

孙艳<sup>1,2</sup>, 冯丽凯<sup>1</sup>, 张学坤<sup>1</sup>, 刘政<sup>1\*</sup>

(1. 新疆农垦科学院植物保护研究所, 石河子 832000; 2. 中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193)

**摘要** 在室内 5 个温度梯度(18、21、24、27、30℃)下, 组建棉黑蚜的实验种群生命表, 探讨温度对棉黑蚜在棉花寄主上生长发育、存活和繁殖的影响。结果表明: 18、21、24、27、30℃ 时, 棉黑蚜若虫的总发育历期分别为 10.46、7.4、6.07、4.98、4.52 d; 成虫寿命分别为 25.4、21.5、18.4、13.8、13.3 d; 成虫产蚜量分别为 57.5、68.9、64.8、49.6、30.8 头。随着温度的升高, 棉黑蚜若虫的发育历期、成虫寿命显著缩短, 产蚜量随温度升高先增加后减少。种群的内禀增长率在 27℃ 最大。温度对棉黑蚜的生长发育和繁殖有显著影响, 本研究结果对棉黑蚜预测预报和综合防治具有重要意义。

**关键词** 棉黑蚜; 温度; 棉花; 发育历期; 繁殖力

中图分类号: S 435.622 文献标识码: A DOI: 10.3969/j.issn.0529-1542.2017.03.019

## Effects of temperature on development and reproduction of *Aphis atrata*

Sun Yan<sup>1,2</sup>, Feng Likai<sup>1</sup>, Zhang Xuekun<sup>1</sup>, Liu Zheng<sup>1</sup>

(1. Institute of Plant Protection, Xinjiang Academy of Agricultural and Reclamation Sciences, Shihezi 832000, China;  
2. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Beijing 100193, China)

**Abstract** The developmental duration, survival and fecundity of *Aphis atrata* were investigated under five constant temperatures (18, 21, 24, 27 and 30℃) in the laboratory. The results showed that the nymph developmental durations under the temperature of 18, 21, 24, 27 and 30℃ were 10.46, 7.4, 6.07, 4.98, and 4.52 d, respectively, and adult developmental durations were 25.4, 21.5, 18.4, 13.8, and 13.3 d, respectively. The average numbers of progeny were 57.5, 68.9, 64.8, 49.6, and 30.8 at 18, 21, 24, 27, and 30℃, respectively. The developmental durations of *A. atrata* at different stages became shorter with increasing temperature from 18 to 30℃, but the average aphid production increased firstly and then decreased with increasing temperature from 18 to 30℃. The intrinsic rate of increase ( $r_m$ ) of *A. atrata* population was highest at 27℃. Temperature had significant effects on developmental duration, survival and fecundity of *A. atrata*. These results may provide parameters for development of a reliable pest population prediction system and management strategy.

**Key words** *Aphis atrata*; temperature; cotton; developmental duration; fecundity

新疆是我国重要的优质棉基地, 新疆棉花生产和出口在全国乃至世界都占有不可替代的地位。棉花蚜虫是影响新疆棉花生产的重要因素之一, 棉黑蚜 *Aphis atrata* Zhang 是棉花苗期的重要害虫。在我国, 棉黑蚜仅分布于西北内陆棉区的新疆、宁夏和甘肃。全新疆棉黑蚜都有分布, 其中北疆发生较南疆为重。棉黑蚜主要以成虫、若虫在叶背和嫩茎上吸食植物汁液, 导致作物叶片卷缩、幼苗萎蔫, 甚至枯死。在棉花上, 棉黑蚜群集于棉苗嫩头、子叶、真

叶反面, 吸食汁液, 导致幼叶弯曲皱缩, 生长点枯萎脱落, 棉株矮化畸形, 生长停滞 15 d 以上, 花蕾减少, 产量下降<sup>[1]</sup>。棉黑蚜取食过程中分泌的蜜露则诱发霉菌产生, 覆盖在棉花茎叶和嫩梢表面, 影响其正常的光合作用, 同时还传播病毒病, 使得棉花产量和品质严重下降<sup>[2]</sup>。

温度影响蚜虫的生长发育和种群动态<sup>[3-4]</sup>。调查发现 5 月中上旬棉黑蚜进入棉田, 之后迅速繁殖, 到 6 月中旬时达到种群最高峰, 7 月初种群数量迅

收稿日期: 2016-08-04 修订日期: 2016-11-02

基金项目: 新疆农垦科学院青年基金(YQJ201505); 植物病虫害生物学国家重点实验室开放基金(SKLOF201511)

\* 通信作者 E-mail: lzh8200@126.com

速减少,甚至消失,期间温度可能对棉黑蚜的种群消长起到至关重要的作用。有关棉黑蚜的研究集中于命名<sup>[5-6]</sup>、形态和鉴别特征<sup>[7-8]</sup>、染色体组型分析<sup>[9]</sup>、防治<sup>[10-12]</sup>、诱导抗性<sup>[1]</sup>,温度对棉黑蚜生长发育的影响以及种群参数的研究相对缺乏。本试验研究了不同温度下棉黑蚜个体发育和繁殖情况,建立了棉黑蚜实验种群生命表,旨在为新疆地区棉黑蚜成灾机理、预测测报及防治工作提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试虫源

试验所需的棉黑蚜于 2015 年 6 月中旬采自新疆农垦科学院试验田棉花嫩叶(棉花整个生育期末施农药),在光照培养箱内用棉花嫩叶饲养 3 代以后作为供试材料,饲养条件为:温度(24±1)℃,湿度 60%±5%,光周期 L//D=14 h//10 h。为了防止种群拥挤,每隔 2 d 将新产若蚜转移至新采集的棉花嫩叶上直到试验开始,选取棉黑蚜成虫作为母体试验材料。

### 1.2 供试植物和温度设置

供试棉花品种‘海高-49 号’,由石河子大学李国英老师繁育。在新疆农垦科学院试验田内种植供试棉花品种(棉花整个生育期末施农药),待棉花长至 7、8 片真叶时,采摘棉花叶片饲养棉黑蚜。试验在 PQX-330B-22HM 型人工气候箱(宁波莱福科技有限公司)内进行,试验温度设置为恒温 18、21、24、27、30℃,湿度为 60%±5%,光周期 L//D=14 h//10 h。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 若虫发育历期

从培养的棉黑蚜种群中随机选择无翅雌成虫若干头,并转移到离体的棉花圆形叶片上生产若蚜。选取 24 h 内新产若蚜(尽可能为不同克隆)用于试验,各温度处理用新生产的若蚜 60 头。用软毛笔刷将若蚜分别单头转移到新鲜叶片背面,将叶片放置底部铺有湿润滤纸的培养皿(直径 6 mm)内并编号。将各处理的单头棉黑蚜放置在人工气候培养箱内进行实验室饲养。如棉黑蚜个体在 24 h 内死亡不计入试验数据。培养皿内滤纸每天加湿,每 2~3 d 更换一次棉花叶片。棉黑蚜若虫每天观察一次分别记录蜕皮和死亡情况。

#### 1.3.2 雌成虫寿命和繁殖力

从棉黑蚜若蚜经过 4 次蜕皮成为成蚜开始,每

天记录成蚜的死亡数和日产蚜数,同时将每天新产的若蚜移除,直到所有处理中蚜虫全部死亡时停止观察和记录。与若虫发育和存活试验相似,整个试验过程中每 2~3 d 更换 1 次新鲜幼嫩的棉花叶片。

### 1.4 数据处理

通过构造生命表所示每个年龄间隔( $x$ )时间下每天特定年龄存活率( $l_x$ )和繁殖率( $m_x$ )来表现温度对棉黑蚜生活史的影响。通过 Birch<sup>[13]</sup>提出的方法计算生命表相应参数:净繁殖力( $R_0$ )、平均世代周期( $T_0$ )和内禀增长率( $r_m$ )。不同温度下棉黑蚜各龄期发育时间、寿命、繁殖率等采用 SPSS 17.0 进行单因素方差分析(ANOVA),如果差异显著再进行多重比较(LSD,  $P<0.05$ ),软件 Origin 7.5 作图。每头蚜虫都需要记录以下数据:从出生到开始产蚜时间,日繁殖数量,日死亡率。

$$R_0 = \sum l_x m_x$$

$$T_0 = \sum (x l_x M_x) / \sum l_x m_x$$

$$\sum e^{-r_m x} l_x m_x = 1$$

## 2 结果与分析

### 2.1 不同温度下棉黑蚜各龄若虫的发育历期

从图 1 看出,在 18~30℃ 范围内棉黑蚜若虫均能完成发育,发育历期随温度升高而缩短。温度对各个龄期若虫的发育有显著影响。各龄若虫龄期均在 18℃ 下最长,1~4 龄若虫龄期分别为(2.95±0.07)、(2.30±0.07)、(2.44±0.07)、(2.77±0.08)d; 30℃ 下最短,1~4 龄若虫期分别为(1.08±0.04)、(1.03±0.02)、(1.12±0.04)、(1.33±0.06)d。各龄若虫期除了在 27℃ 与 30℃ 下差异不显著外,其他各温度下均有显著差异。整个若虫期在 5 个不同温度条件下均有显著差异。

### 2.2 雌成虫寿命和繁殖力

温度对棉黑蚜雌成虫寿命和繁殖力影响也较大(图 2),随温度升高,雌成虫寿命逐渐缩短。雌成虫平均寿命由 18℃ 的 25.41 d 缩短至 30℃ 的 13.27 d,除了 27℃ 与 30℃ 下差异不显著外,其他各温度下雌成虫寿命均有显著差异。雌成虫繁殖力随温度升高先增加后降低。其中以 21℃ 时繁殖力最高,为 68.9 头,但与 24℃ 无显著差异,27℃ 时成虫的繁殖力有明显下降。平均每头雌成虫产蚜量在 18、21、24、27、30℃ 时分别为 57.5、68.9、64.8、49.6、30.8 头。

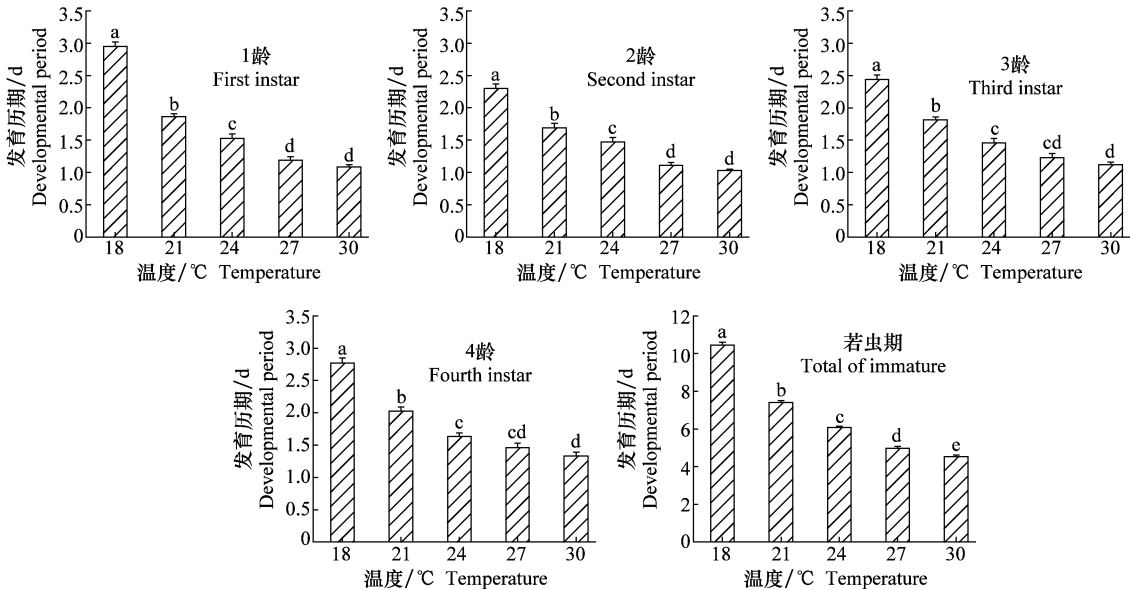


图 1 5 个恒定温度下棉花寄主上棉黑蚜若虫不同龄期发育历期

Fig. 1 Developmental periods of *Aphis atrata* nymphs on cotton at five constant temperatures

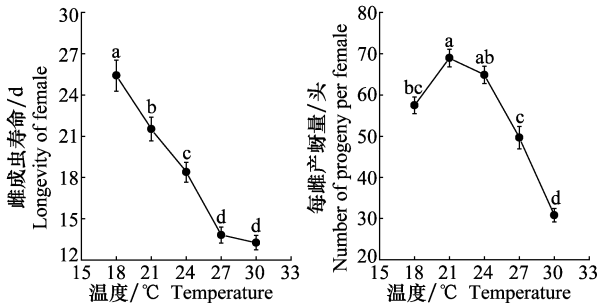


图 2 棉花上棉黑蚜雌成虫寿命、繁殖力(每雌产蚜量)

Fig. 2 Mean longevity, fecundity of *Aphis atrata* female on cotton

2.3 温度对种群生命参数的影响

通过组建不同温度条件下棉黑蚜的实验种群生命表,计算出各主要生命参数(图 3)。棉黑蚜在不同温度下的净增殖率曲线如图,在 18~30℃ 范围内,净增殖率以 21℃ 为最高 (67.68),在其他温度下,净

增殖率均有不同程度的降低,平均世代周期以 30℃ 最短 (8.53 d)。内禀增长率随温度升高而上升,在 27℃ 时达到最大,而后下降。

3 讨论

温度是重要的环境因子,对蚜虫的生长发育、存活和繁殖有显著影响<sup>[14-15]</sup>。本研究发现,在 18~30℃ 范围内,棉黑蚜若虫、成虫均能正常发育,且若虫发育历期和成虫寿命随温度的升高而缩短,各龄若虫期及成虫寿命均在 18℃ 时最长,30℃ 时最短。各龄若虫期 27℃ 和 30℃ 之间差异不显著,其他各温度下发育历期有显著差异。整个若虫期的发育历期在各温度下均有显著差异。本研究探讨了温度对棉黑蚜在棉花寄主上的发育和繁殖的影响,基本明确了棉黑蚜若虫的发育历期、成虫寿命和繁殖力。

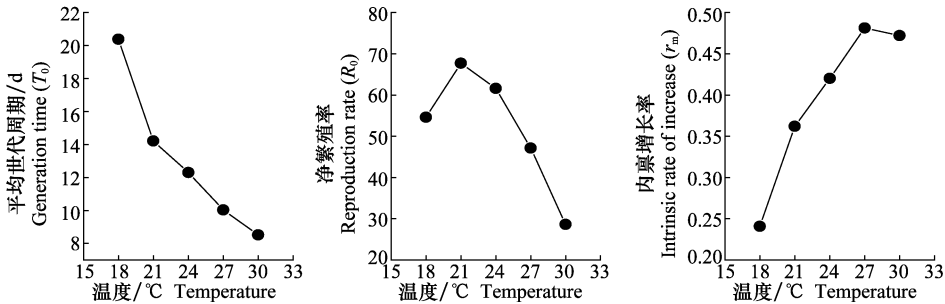


图 3 棉花上棉黑蚜种群生命表参数

Fig. 3 Life table parameters of *Aphis atrata* on cotton

在昆虫种群生态学中,生命表提供了最完整的有关种群存活、发展、龄期差异,繁殖以及种群生长参数的信息<sup>[17]</sup>。昆虫生物学特性的评价指标除了比较昆虫的生长发育、寿命、取食和产卵能力等<sup>[18]</sup>,还包括内禀增长率 $r_m$ 和净增殖率 $R_0$ 等昆虫种群动态参数<sup>[19-21]</sup>。内禀增长率是反映特定环境条件下种群增长能力的重要参数<sup>[22]</sup>,较高的生殖力或较快的发展速度均可导致种群较高的内禀增长率,在本研究中,随温度升高,雌成虫寿命逐渐缩短,每雌产蚜量随温度升高先增加后减少,平均每雌产蚜量 21℃ 达到最高。净增殖率以 21℃ 为最高(67.68),内禀增长率在 27℃ 时达到最大,而后下降。这主要是因为 30℃ 下,虽然发育快,但由于雌成虫寿命缩短,繁殖力显著下降,致使其内禀增长率降低(0.472)。温度是影响昆虫生长发育的重要环境因素,研究温度与昆虫生长发育参数之间的关系,能为害虫监测预警提供依据。上述研究结果为科学分析棉黑蚜的种群动态,准确预测其在田间发生危害时期提供了理论依据。

## 参考文献

- [1] 芦屹,李晶,王佩玲.棉黑蚜为害诱导棉花抗蚜性的研究[J].植物保护,2011,37(4):116-119.
- [2] Blackman R L, Eastop V F. Aphids on the world's crops: an identification and information guide [M]. New York: Wiley, 1984.
- [3] Messenger P S. Use of the life tables in a bioclimatic study of an experimental aphid-braconid wasp host-parasite system [J]. Ecology, 1964,45:119-131.
- [4] Howe R W. Temperature effects on embryonic development in insects [J]. Annual Review Entomology, 1967,12:15-42.
- [5] 张广学,钟铁森.豆蚜复合体研究及二新亚种记述[M]//中国科学院.动物学集刊.北京:科学出版社,1981:39-43.
- [6] 张慧红.甜菜蚜种下分化与豆蚜复合体分类地位研究——基于形态与分子数据[D].西安:陕西师范大学,2010.
- [7] Mamta Trivedi, Rajendra Singh. Systematics and nymphal characteristics of black bean aphid, *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae) [J]. International Journal of Life Sciences Biotechnology

- and Pharma Research, 2013, 3 (1):204-208.
- [8] Stoetzel M B, Miller G L, O'Brien P J, et al. Aphids (Homoptera: Aphididae) colonizing cotton in the United States [J]. Florida Entomologist, 1996,79(2):193-205.
- [9] 尹立中,木哈代斯.新疆垦区蚜虫种类的鉴定[J].石河子农学院学报,1989(2):49-58.
- [10] 王忠新.特殊年份棉黑蚜的发生规律及其防治[J].农村科技,2008(6):40.
- [11] 许浩然.乐斯本防治棉黑蚜棉铃虫棉花红蜘蛛的效果[J].新疆农业科技,1986(5):38.
- [12] 石河子地区棉花害虫综防课题组.化学防治棉黑蚜(*Aphis atrata* Zhang)增产效益的测定[J].石河子农学院学报,1983(00):24.
- [13] Birch L C. The intrinsic rate of natural increase of an insect population [J]. Journal of Animal Ecology, 1948, 17(1): 15-26.
- [14] Dixon A F G. Aphid ecology: life cycles, polymorphism and population regulation [J]. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 1977,8: 329-353.
- [15] Dixon A F G. Parthenogenetic reproduction and the rate of increase in aphids [M]//Minks A K, Harrewijn P. Aphids their biology, natural enemies and control. Elsevier, Amsterdam, 1987: 269-287.
- [16] Blackman R L, Eastop V F. Aphids on the world's crops: An identification and information guide [M]. 2nd ed. New York: John Wiley and Sons, 2004:1-466.
- [17] Gabre R M, Adham F K, Chi H. Life table of *Chrysomya megacephala* (Fabricius) (Diptera: Calliphoridae) [J]. Acta Oecologica, 2005,27(3):179-183.
- [18] Brown A S S, Simmonds M S J, Blaney W M. Relationship between nutritional composition of plant species and infestation levels of thrips [J]. Journal of Chemical Ecology, 2002, 28 (12):2399-2409.
- [19] Richards O W. The theoretical and practical study of natural insect populations [J]. Annual Review Entomology, 1961,6(1): 147-162.
- [20] Varley G C, Gradwell G R. Recent advances in insect population dynamics [J]. Annual Review Entomology, 1970,15(1):1-24.
- [21] Tsai J H, Wang J J. Effects of host plants on biology and life table parameters of *Aphis spiraecola* (Homoptera: Aphididae) [J]. Environmental Entomology, 2001,30(1):45-50.
- [22] Southwood T R E, Henderson P A. Ecological Methods [M]. 3rd ed. Oxford: Blackwell Science, 2000.

(责任编辑:田 喆)