

葱蝇实验种群生命表及矩阵模型的组建与分析*

周鑫,陈斌,杜相东,何正波,李廷景

(重庆师范大学昆虫与分子生物学研究所,重庆市高校动物生物学重点实验室,重庆高校生物活性物质工程研究中心,活性物质生物技术教育部工程研究中心,重庆400047)

摘要 本研究对实验室内饲养的葱蝇种群数量进行了动态预测,旨在为自然种群的研究提供参考。在实验室饲养从日本引进的葱蝇,建立了稳定的实验室种群,编制和分析了该种群的生命表。结果表明,葱蝇实验种群的存活曲线为II型曲线,说明葱蝇的卵、幼虫、蛹以及成虫的存活率都比较稳定;种群趋势指数(λ)为9.81,世代总存活率为12%。同时,用组分分析的方法分析了各虫态对种群趋势指数贡献的大小。结果表明,对种群趋势指数起主要作用的虫期为蛹期,而成虫产卵前期作用最小。此外,利用不等期年龄组的种群矩阵模型组建方法,并参考所编制的实验种群生命表,组建了葱蝇实验种群矩阵模型。本研究认为,利用该矩阵模型可对实验室里饲养的葱蝇种群动态进行简单预测。

关键词 葱蝇;实验种群;生命表;矩阵模型

中图分类号:Q958.1;S436.3

文献标识码:A

文章编号:1672-6693(2011)02-0019-04

葱蝇(*Delia antiqua*),俗称“蒜蛆”。隶属于双翅目(Diptera)、花蝇科(Anthomyiidae)、地种蝇属(*Delia*)^[1]。主要危害洋葱、大蒜、大葱、韭菜等百合科葱属作物的鳞茎等地下部分,由此引起植物根茎腐烂、叶片枯黄,最终导致凋萎、死亡^[2-4]。该害虫广泛分布于青海、新疆、内蒙、河南、河北、陕西、辽宁等省(市、自治区)。国外也有很多的报道,但均以北半球温带地区最为常见^[5]。通过对葱蝇研究的相关报道来看,除上述葱蝇的生物学特性以外,其生态学、分子生物学等特性目前也有一些报道,如葱蝇的滞育诱导条件、温度和光周期对滞育的影响、冬滞育和夏滞育不同发育期的专化基因以及抗寒、耐热以及免疫基因的研究^[6-10]。但对葱蝇生命表,特别是自然种群的生命表的组建等工作尚未见报道。本文在前人所报道的生物学特性等研究的基础之上,制作了葱蝇实验种群的生命表,以期能为进一步分析探讨葱蝇实验种群的数量动态、自然种群的预测预报以及防治工作奠定基础。

1 实验材料与方法

1.1 供试虫源与饲料原料

供试虫源为日本东京大学Ishikawa教授所赠,

由重庆师范大学昆虫与分子生物学研究所培养起来的实验室品系。所用饲料原料参见文献[11]。

1.2 主要仪器

培养葱蝇所用主要仪器为购于上海锐丰仪器仪表有限公司的GC250H型微机人工气候箱、重庆永生仪器厂的SHH-250GSP型人工气候箱及加湿器。

1.3 饲养条件

供试葱蝇各阶段的光周期均为16h光照:8h黑暗。成虫饲养温度为(23±1)℃,相对湿度为50%~70%;卵孵化温度、幼虫饲养温度、蛹形成和羽化成虫的温度均为(20±0.5)℃,并保持低湿度即可。葱蝇饲养与观察的整个过程均在人工气候箱中进行,其饲养及其饲料的配制方法参照文献[11]。

1.4 实验方法

1.4.1 卵的历期及其孵化情况观察 从供试的葱蝇卵中选取100个卵,用湿润的排笔蘸取后接种到1片人工饲料上。饲料片的规格为3cm×4cm×1cm。在接种卵的饲料上加上同样大小的另一片人工饲料,盖上所有接种的实验虫卵。然后将该饲料片放入幼虫饲养盒内饲养。幼虫饲养盒为直径160mm、高60mm的塑料盒。饲料片在放入饲养盒以前,应在饲养盒底部铺上1~2cm厚的湿润细沙。

* 收稿日期 2010-11-11 修回日期 2011-02-24

资助项目:国家自然科学基金(No.30870340)、重庆市教委科学技术研究项目(No.KJ100620)

作者简介:周鑫,男,硕士研究生,研究方向为昆虫学;通讯作者:陈斌,E-mail:z_bin@hotmail.com

每天上午 8 点和晚上 8 点各进行 1 次观察,记录卵的孵化情况。当卵孵化后,将幼虫放入另一份人工饲料上,再放入另一个饲养盒内。

1.4.2 幼虫的历期及化蛹情况观察 当幼虫开始化蛹时,需用网筛进行筛蛹。筛蛹时,把自来水水温调节至幼虫的饲养温度,加入幼虫饲养盒内轻轻搅动,然后用网筛过滤及分离出幼虫和蛹。幼虫重新放入幼虫饲养盒内,蛹放入底部放有湿润滤纸的培养皿内,并做上标记。

1.4.3 蛹历期及成虫的羽化情况观察 每天观察培养皿内蛹的情况,葱蝇羽化后,需对其进行性别鉴定,并对其进行雌雄配对。其操作过程为将该雌蝇放入提前放有食物的葱蝇饲养盒内,1 个盒子装 1 只雌蝇。然后在该饲养盒内放入 1 只雄蝇,对该饲养盒定时观察,记录雌蝇的产卵量以及雌蝇的存活时间等信息。

1.4.4 生命表的组建、分析以及矩阵模型的建立 利用观察到的数据,组建葱蝇实验种群生命表。根据组建的生命表,对种群存活曲线、种群趋势指数进行分析。最后建立葱蝇实验种群矩阵模型。

2 结果与分析

2.1 生命表及分析

根据实验的观察结果,在参考有关文献的基础上^[12-15],以虫期组建了葱蝇实验种群生命表,其结果见表 1。其中 x 表示发育年龄阶段, L_x 表示 x 期开始时的存活数量, D_x 为 x 期间的死亡数, $100qx$ 为死亡百分数乘以 100, S_x 为 x 期间的存活率。 T 为平均发育历期。“雌蝇 $\times 2$ ”的 L_x 为成虫数的 L_x 乘以雌性比再乘以 2。“‘正常雌蝇’ $\times 2$ ”的 L_x 为“雌蝇 $\times 2$ ”的 L_x 乘以平均产卵量再除以标准产卵量。标准产卵量为观察到的雌蝇的最大产卵量。下代期望卵量为“‘正常雌蝇’ $\times 2$ ”的 L_x 除以 2 再乘以标准产卵量。世代总存活率为成虫的 L_x 除以上一代初始卵量再乘以 100%。

2.1.1 存活曲线 根据葱蝇实验种群生命表数据,以虫期为横轴,以葱蝇存活数(L_x)的对数($\lg L_x$)为纵轴,绘制葱蝇实验种群的存活曲线(图 1)。Deevey 将生物种群的存活曲线分成 3 类^[16],I 型、II 型与 III 型。其中 I 型曲线呈现明显的上拱趋势,即死亡主要发生在老年个体;II 型曲线为一条平稳下降的直线;III 型曲线呈现明显的下降趋势。由图 1 可以看出,葱蝇实验种群存活曲线约呈现为 II 型曲线,即

说明葱蝇的卵、幼虫、蛹以及成虫的存活率都比较稳定。

表 1 葱蝇实验种群生命表

Tab. 1 Life table for experimental population of *Delia antiqua*

	卵	幼虫	蛹	成虫	雌蝇 $\times 2$	“正常雌蝇” $\times 2$
L_x	100	48	33	12	13.44	9.21
D_x	52	15	21	-1.44	4.23	
$100qx$	52.00	31.25	63.64	-12.00	31.47	
S_x	0.480 0	0.687 5	0.363 6	1.120 0	0.685 3	
T	3	15	18	21		
	平均产卵量	标准产卵量	下代期望卵量	雌性比/%	世代总存活率/%	种群趋势指数(I)
L_x	146	213	980.87	56	12	9.81
D_x						
$100qx$						
S_x						
T						

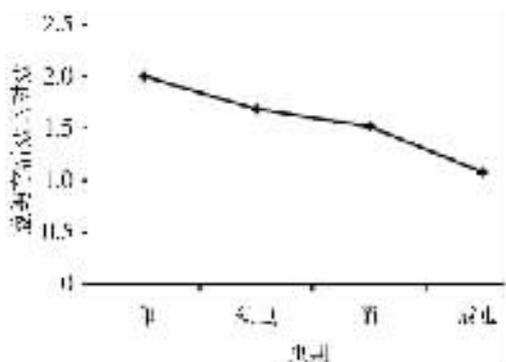


图 1 葱蝇实验种群存活曲线

Fig. 1 The survivorship curve of *Delia antiqua* laboratory population

2.1.2 种群趋势指数及其影响因素的分析 种群趋势指数(Trend index of population I)是研究种群数量动态的一个重要指标,它主要反映下代种群数(N_{t+1})与当代种群数量(N_t)的比例变化^[17],即存在关系

$$I = N_{t+1}/N_t \quad (1)$$

本研究生命表中种群趋势指数即为下代期望卵量除以上代初始卵量。由此可见,当 $I = 1$,下一代种群数量与当代相同;当 $I > 1$,下一代种群数量增多;当 $I < 1$,下代种群的数量减少。表 1 中种群趋势指数为 9.81,反映出该葱蝇实验种群约呈 10 倍增长。

Watt 和 Morris 在 1963 年根据一特定年龄生命表提供的信息,提出了种群数量发展趋势的数学模

型,即 Morris-Watt 模型^[18-19]。该模型认为种群趋势指数是各个发育阶段存活率(S_i)、标准产卵量(F)和雌性比(P_{φ})的函数。用公式表示为

$$I = \prod_{i=1}^n S_i \times F \times P_F \times P_{\varphi} \quad (2)$$

其中 P_F 为达到标准产卵量的成虫占产卵雌虫的百分数,即“正常雌蝇” $\times 2$ ”的 L_x 除以“雌蝇 $\times 2$ ”的 L_x 。在本研究中(1)、(2)式计算出的 I 值相同。

在(2)式中 I 与 S_i 、 F 、 P_F 、 P_{φ} 有关,在这4个有关因子中,除 F 为人为规定外,其它均会因不同条件发生变化,从而使 I 值发生变化。为了分析葱蝇各个虫态对 I 值的影响,找出起主要作用的虫期,利用吴千红等^[21]提出的组分分析公式予以分析。该组分分析公式为

$$M_{S_i} = I_{S_i} / I = 1 / S_i$$

其中 M_{S_i} 表示去除一存活率(S_i)后的种群趋势指数 I_{S_i} 与原种群趋势指数 I 比值。从该式可以看出 S_i 值越大,则 M_{S_i} 越小,表示 S_i 对 I 值大小的影响相对的小;反之 S_i 越小, M_{S_i} 则越大,表示对 I 值的大小影响相对较大。根据该葱蝇生命表中的数据可以得出各 M_{S_i} 值分别为 2.08、1.45、2.78 和 0.89,其中 M_{S_3} 最大,而 M_{S_4} 是蛹期,说明本研究中影响 I 值最大的时期为蛹期,而成虫产卵前期影响最小。

2.2 矩阵模型的建立

由于矩阵模型不仅可以估计出在任意时间内所有 x 年龄的个体数量,还可以估计出 x 年龄的个体在种群中所占的比例,所以它被广泛应用于分析与预测种群数量动态,并成为种群研究中常用的方法之一。根据该葱蝇特定年龄生命表数据,参考并应用相关文献提出的不等期年龄组的种群矩阵模型建立的方法^[20-21],组建了葱蝇的矩阵模型。

2.2.1 矩阵模型的时间间期 时间间期为各个虫期平均发育历期 T 的最大公约数。在该葱蝇生命表中,全世代历期为 57,各个虫期时间间距依次为 3、15、18 和 21。其最大公约数(Δt)为 3。时间间期计算公式为

$$d_i = T_i / \Delta t$$

其中 T_i 为各个虫期的历期, d_i 为时间间期个数。本研究中葱蝇的卵期、幼虫期、蛹期、成虫期可以分别分为 1、5、6、7 个时间间期。

2.2.2 矩阵模型各时间间期的存活率 假设在第 i 个虫期内,其存活率为 S_i ,该虫期划分为 d_i 个时间间期,各 i 时间间期内的存活率为 S'_1 、 S'_2 、 S'_3 、...、 S'_{d_i} 。则各调查时间间期的存活率与该虫期的存活率的关系式为

$$S'_1 \times S'_2 \times S'_3 \times \dots \times S'_{d_i} = S_i$$

又因同一个虫期内各个时间间期的存活率相等,故存在关系

$$S'_1 = S'_2 = S'_3 = \dots = S'_{d_i} = S_i^{\Delta t / T_i}$$

根据该葱蝇特定年龄生命表数据 $\Delta t = 3$,各个虫期各时间间距的存活率为

卵期

$$0.480 0^{3/3} = 0.480 0$$

幼虫期

$$0.687 5^{3/15} = 0.927 8$$

蛹期

$$0.363 6^{3/18} = 0.844 8$$

2.2.3 矩阵模型各时间间期的生殖力 假设成虫的平均发育历期为 T_m ,成虫期产卵量即生殖力为 f ,其中 $f = F \times P_F \times P_{\varphi}$,并设每一个时间间距的生殖力相等。成虫期的时间间距为 d_i ,其中 $d_i = T_i / \Delta t$ 。则每个时间间期的生殖力为

$$f / d_i = F \times P_F \times P_{\varphi} \times \Delta t / T_m$$

根据该葱蝇特定年龄生命表及以上公式可计算出葱蝇成虫期各时间间距的生殖力为 11.68。

2.2.4 葱蝇实验种群矩阵模型 由以上各步骤计算所得的数据以及结合 Leslie 矩阵模型,建立了该葱蝇实验种群的矩阵模型(图2)。

3 讨论

本研究中有关项目是否能顺利进行以及实验结果是否准确,关键在于葱蝇的饲养过程。当葱蝇开始羽化时,需在饲养葱蝇的笼子内放入干酵母粉、干蔗糖和水作为食物。此外要随时保持食物的清洁,以免影响葱蝇的生长和产卵。当葱蝇羽化后大约 3 d 开始产卵,产卵盒内需装入潮湿的粗砂,并加入几片鲜洋葱诱导葱蝇产卵。在卵和幼虫饲养过程中还应注意饲养盒内细沙的湿度要在合适的范围内,湿度过大会影响幼虫的生长,过大会使饲养盒内微生物生长旺盛,饲料会加速腐败,不利于实验进行。除了气候箱内的温度、光照等因素设定稳定外,整个实验室内的室温要保持在 20℃ 左右,否则过大的温差会导致实验结果不准确。

从该生命表可见,从蛹到成虫阶段有 21 个蛹没有变成成虫,这可能是光强度等因素所引起,其中具体原因还需要进一步的研究。此外,该实验种群种群趋势指数为 9.81,表明了葱蝇可在实验室条件下大量繁殖。另外,本文建立了葱蝇实验种群的矩阵模型,可用于实验室内饲养的葱蝇种群数量预测。

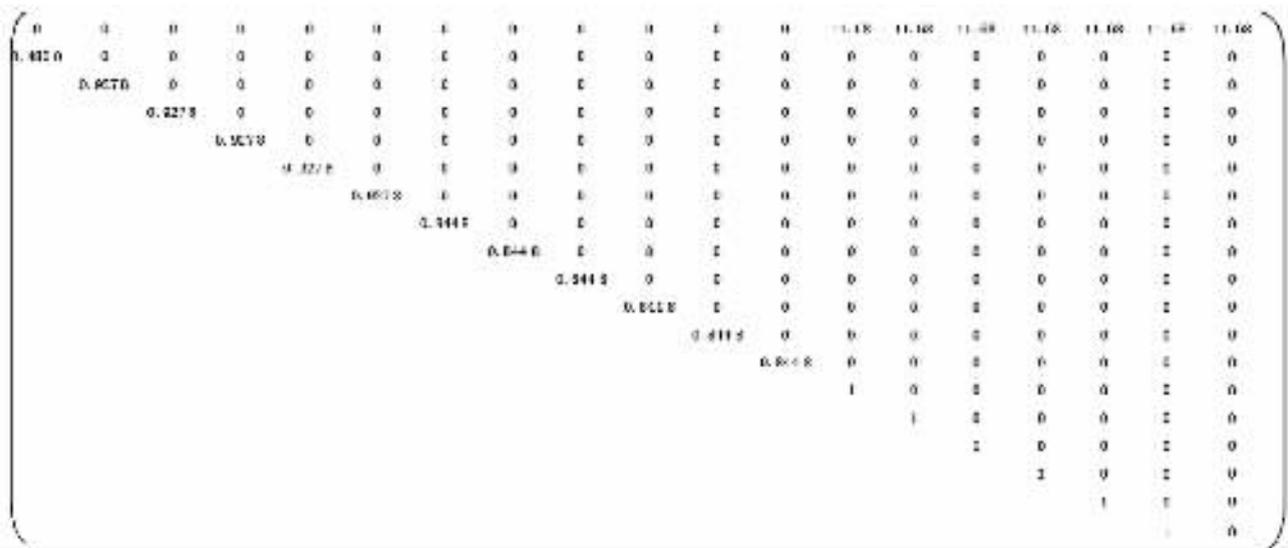


图2 葱蝇实验种群矩阵模型

Fig.2 The matrix model of *Delia antiqua* laboratory population

应该看到的是,由于本研究所得生命表只在实验室优越条件下精心培养下所获得,还不能完全反映影响各虫态死亡的原因,并且在如温度、光周期等环境因素变动下,种群变动所受影响如何且能否反映自然种群动态还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 忻介六,杨庆爽,胡成业,等.昆虫形态分类学[M].上海:复旦大学出版社,1985.
- [2] 王永卫,徐继明.葱蝇的发生与防治[J].新疆农垦技术,1990,3:17-18.
- [3] 滕学强,何振昌.葱蝇生物学特性的观察研究[J].沈阳农业大学学报,1989,20(2):89-94.
- [4] 张云霞,薛明,宋增明.葱蝇 *Delia antiqua*(Meigen)的研究进展[J].山东农业大学学报:自然科学版,2003,34(3):455-458.
- [5] Poprawski T V, Robert P H, Maniania N K. Susceptibility of the onion maggot to the mycotoxin deströictive E[J]. Appl Ent Zool, 1985, 20(70):801-802.
- [6] Ishikawa Y, Tsukada T. Effect of temperature and photoperiod on the larval development and diapause induction in the onion fly, *Hylemya antiqua* meigen(Diptera:anthomyiidae)[J]. Appl Ent Zool, 1987, 22:610-617.
- [7] Nomura M, Ishikawa Y. Biphasic effect of low temperature on completion of winter diapause in the onion maggot, *Delia antiqua*[J]. J Insect Physiol, 2000, 46:373-377.
- [8] Nomura M, Ishikawa Y. Dynamic changes in cold hardiness, high-temperature tolerance and trehalose content in the onion maggot, *Delia antiqua*(Diptera:anthomyiidae), associated with the summer and winter diapause[J]. Appl Ent Zool, 2001, 36:443-449.
- [9] Chen B, Kayukawa T, Monteiro A, et al. The expression of the HSP90 gene in response to winter and summer diapause and thermal-stress in the onion maggot, *Delia antiqua*[J]. Insect Mol Biol, 2005, 14:697-702.
- [10] Chen B, Monteiro A, Kayukawa T, et al. Molecular analysis of diapause and thermal-stress response in the onion maggot, *Delia antiqua*[J]. Entom Res, 2007, 37(Suppl):19-20.
- [11] 陈斌,黎万顺,冯国忠,等.葱蝇的实验室饲养、生物学特性及滞育诱导[J].重庆师范大学学报:自然科学版,2010,27(2):9-13.
- [12] 尹汝湛.昆虫生命表的制作与分析[J].植物保护,1980,6(1):31-38.
- [13] 尹汝湛.昆虫生命表数据的分析和利用[J].植物保护,1980,6(2):31-37.
- [14] 庞雄飞,梁广文.害虫种群系统的控制[M].广东:广东科技出版社,1995:15-23.
- [15] 吴千红,邵则信,苏德明.昆虫生态学实验[M].上海:复旦大学出版社,1991:131-141.
- [16] Deevey E S Jr. Life tables for natural populations of animals[J]. Quart Rev Biol, 1947, 22(4):283-314.
- [17] 生态学名词审定委员会.生态学名词[M].北京:科学出版社,2006:190.
- [18] Watt K E F. Mathematical models for use in insect pest control[J]. Can Ent Suppl, 1961, 19:52.
- [19] Morris R F, Miller C A. The development of life tables for the spruce budworm[J]. Can J Zool, 1954, 32:283-301.
- [20] 鄧军锐.侧多食跗线螨实验种群生命表研究[J].贵州大学学报:农业与生物科学版,2002,21(5):339-343.
- [21] 庞雄飞.建立种群矩阵模型的简易方法[J].华南农学院学报,1981,2(2):75-92.

Animal Sciences**Establishment and Analysis of Life Table and Matrix Model for
Experimental Population of *Delia antiqua***

ZHOU Xin , CHEN Bin , DU Xiang-dong , HE Zheng-bo , LI Ting-jing

(Engineering Research Center for Bioactive Substance Biotechnology of Ministry of Education , Chongqing Engineering
Research Center of Bioactive Substances , Key Laboratory of Animal Biology , Institute of Entomology and Molecular
Biology , Chongqing Chongqing Normal University , Chongqing 400047 , China)

Abstract : The onion maggot *Delia antiqua* is an ideal model species for the study of the molecular mechanism of insect diapause. This study investigated the life cycle of the onion maggot , *D. antiqua* , with life table of experimental population to understand population growth , population dynamics and population forecast. The experimental population of the onion maggot has been reared under constant laboratory conditions with the artificial diet. And the life table has been established with standard ecological method. The results showed that the population trend index(I) reached 9.81 , overall survival for generations reached to 12% , and the experimental population survivorship curve was obviously type II survivorship curve which indicated that the survival rates of eggs , larvae , pupas and adults were stable. The component analysis formula was used to analyze the contribution of every stage to the index of population trend. The result indicated the pupa stage was the main effect stage , and the preoviposition adult stage had a minimal effect. The insect population matrix model of the *D. antiqua* had been established with the method of nonequal development time. With the matrix model , age distribution of every stage and the population variation with the sequence of time could be predicted.

Key words : *Delia antiqua* ; experimental population ; life table ; matrix model

(责任编辑 方 兴)