

改进实验种群生命表编制的方法 ——以黑肩绿盔盲蝽为例

刘家莉, 杨 斌, 陆永跃, 黄寿山*

(华南农业大学昆虫生态研究室 广州 510642)

摘要: 采用指形管单头饲养的方法, 编制了稻飞虱的重要捕食性天敌黑肩绿盔盲蝽取食替代寄主米蛾卵的实验种群生命表。通过直接统计和加权平均 2 种方法的对比, 推导出各虫龄历期的计算公式。针对特定时间生命表和特定年龄生命表两种编制方法中存在的不足进行了分析, 并提出了可行的解决办法, 即在特定时间生命表中导入幼期存活率, 在特定年龄生命表中根据推导出的历期公式计算各个虫龄的历期, 得到世代平均历期 $T(T = \sum t_x + t_A)$, 进而得到 r_m 值。通过对两种生命表编制方法的完善, 为昆虫实验种群生命表的编制和参数的计算提供了方便和完整的计算方法。

关键词: 特定年龄生命表; 特定时间生命表; 改进; 黑肩绿盔盲蝽

文章编号: 1000-0933(2009)06-3206-07 中图分类号: Q145, Q968.1, S436.629 文献标识码: A

An improvement on life table of experimental population: example from *Cyrtorrhinus lividipennis* Reuter (Hemiptera: Miridae)

LIU Jia-Li, YANG Bin, LU Yong-Yue, HUANG Shou-Shan*

Laboratory of Insect Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(6): 3206 ~ 3212.

Abstract: *Cyrtorrhinus lividipennis* is a vital predator of planthoppers in rice fields, The life table of experimental population of *C. lividipennis*, rearing on replacement prey *Corcyra cephalonica* eggs was improved. In laboratory, nymphal durations of *C. lividipennis* were calculated by means of a new method. The limitations of two kinds of life tables, time-specific life table and age-specific life table were analysed and resolved. The limitation of time-specific life table could be solved by adding the survival rate of immature stages. In age-specific life table, the durations of each stage and the whole generation could be calculated by a formulary deduced from the life table, and r_m could be got from the generation duration. The two kinds of life tables were improved and perfect, and became more convenient for use by these methods.

Key Words: time-specific life table; age-specific life table; improvement; *Cyrtorrhinus lividipennis*

编制昆虫的实验种群生命表是从理论上解析昆虫种群特性的重要手段, 自 1953 年 Birch 发表了仓库害虫的实验种群生命表以来^[1,2], 其开发的特定时间生命表 (time-specific life table) 的经验计算方法, 为昆虫种群特征的解析提供了有力的科学分析工具^[3,4]。特别是 r_m 值的参数计算与应用, 成为该方法最具科学价值的重要参数。但在生命表的两种编制方法中都存在自己的缺陷, 特定时间生命表的编制与计算相对比较繁琐, 要求时间和观察的连续性和不可间断性, 且由于不统计幼期存活率, 只能得到生殖力表, 而并不是反应整个昆虫发育状态的完整意义上的生命表。特定年龄生命表在编制方法上虽较为简便, 但不能计算最重要的生命表参数 r_m 值。如何完善两种生命表在编制方法上的缺陷, 更合理的运用生命表来评价昆虫种群动态, 本文进行

基金项目: 国家支撑计划资助项目 (2008BADA5B02)

收稿日期: 2008-02-01; 修订日期: 2008-07-07

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: sshuang@scau.edu.cn

了详细的探讨。

黑肩绿盔盲蝽 *Cyrtorrhinus lividipennis* Reuter 是东南亚水稻主要害虫稻飞虱和稻叶蝉的重要捕食性天敌^[5], 国内外至今未见有对其人工饲养方面的研究报道。本文以米蛾 *Corcyra cephalonica* (Stainton) 卵为寄主, 室内人工大量饲养黑肩绿盔盲蝽, 并成功编制了黑肩绿盔盲蝽的实验种群生命表。利用该生命表实验数据, 探讨了利用特定年龄生命表参数计算昆虫内禀增长率 r_m 的可行性, 为昆虫实验种群生命表的编制寻求简便易行的操作方法。

1 材料

水稻品种: 水稻品种为秋优 998, 种子在室内催芽后, 分批播于无虫玻璃房, 待长至分蘖期供试验用。

虫源: 黑肩绿盔盲蝽采自华南农业大学增城教学实习基地, 在室内以米蛾卵饲养至成虫后, 雌雄配对放入玻璃管, 同时放入分蘖期的水稻秆及米蛾卵卡, 供其产卵, 室内饲养出的第一代供试验用。

米蛾卵卡: 室内用木盒饲养米蛾, 然后用绿色的泡沫板切成 $2\text{cm} \times 0.7\text{cm}$ 大小, 用胶水沾上米蛾卵供试验用。

2 方法

2.1 黑肩绿盔盲蝽卵的孵化

采自增城教学实习基地的若虫, 室内以米蛾卵饲养至成虫后, 雌雄配对放入长 15cm , 直径为 1.5cm 的玻璃管中, 同时放入卵卡及水稻秆供其产卵, 每天更换稻秆。将更换出的稻秆在显微镜下用解剖针将产在其上的卵挑出, 放入培养皿中, 培养皿底部放入两张滤纸, 用蒸馏水打湿, 再放入脱脂棉球保湿, 用保鲜膜盖住培养皿, 并在保鲜膜上扎上小孔, 适时为棉花球加水保持湿度。5d 后逐日观察卵的孵化情况, 待到有卵孵化, 则立即将刚孵化出的若虫移出转入指形管中单头饲养, 直到连续 3d 没有卵孵化为止。

2.2 黑肩绿盔盲蝽的饲养方法

用长 5.5cm , 直径为 1cm 的指形管。每管放入一头刚刚孵化出的黑肩绿盔盲蝽若虫, 管底放入棉花球用于保湿, 管内放入卵卡, 以脱脂棉塞住管口, 置于室温 26°C 中。适时为棉花球加水, 以保持一定的湿度。每隔 2 日更换一次卵卡, 以保证米蛾卵的新鲜。每日观察若虫发育状况, 根据蜕皮情况记录其龄期, 并及时将皮挑出以便观察。待到羽化为成虫后, 雌雄配对放入长 15cm , 直径为 1.5cm 的玻璃管中, 同时放入卵卡及长度为 10cm 左右的稻秆供其产卵, 每日更换稻秆, 并及时在解剖镜下计数产卵量。

2.3 黑肩绿盔盲蝽各虫态历期的推导

在群体饲养时, 在饲养容器中放入一定数量的卵, 逐日观察昆虫的生长发育。根据昆虫的发育进度, 统计每日不同龄期的数量变化得出一矩阵(表 1), 据此推导出从卵期发育到某一龄期的历期公式(公式 1)。公式根据每日新增虫数与天数之间的关系推导计算, 例如: T_3 为从卵期发育到 3 龄若虫的历期, 即卵期到 2 龄若虫的历期, 在公式中即反应为从 3 龄若虫出现开始, 统计计算每日新增的 3 龄若虫数量与天数直至无新增虫数, 累计求平均值即为 T_3 :

$$T_x = \frac{\sum_i [(\sum_j L_{j(i-1)} - \sum_j L_{ji} - \sum_{j=1}^i D_{ji}) \times (i-1)]}{\sum_i (\sum_j L_{j(i-1)} - \sum_j L_{ji} - \sum_{j=1}^i D_{ji})} \quad (1)$$

式中, T_x 为从卵期发育到 x 龄若虫的历期(即从卵期到 $x-1$ 龄), 取值从一开始; L_{ji} 为第 i 天 j 龄若虫数; i 为发育天数, 取值范围为出现 x 龄若虫开始到 $x-1$ 龄若虫为零为止; j 为龄期, 从零开始, 零表示卵期, 取值范围为 0 到 $x-1$; D_{ji} 为第 i 天的死虫数, 但只计算龄期小于或等于 x 龄的死亡虫数。由此得出某龄的历期 t_x , $t_x = T_{x+1} - T_x$, $t_E = T_1$ (t_E 为卵期); 世代发育历期 $T = \sum t_x + t_A$, (t_A 为成虫的平均寿命)。

具体计算方法以求 2 龄若虫历期为例由公式 1 求 T_3 和 T_2 :

$$t_2 = T_3 - T_2$$

表 1 黑肩绿盔盲蝽各龄期发育进度记录表

Table 1 Developmental process of different stages of *Cyrtorrhinus lividipennis*

发育天数 Days (d)	卵 Egg	1 龄(L ₁) 1 st instar	2 龄(L ₂) 2 nd instar	3 龄(L ₃) 3 rd instar	4 龄(L ₄) 4 th instar	5 龄(L ₅) 5 th instar	成虫 Adult	死虫数 Death
1	96							0
2	96							0
3	96							0
4	96							0
5	96							0
6	95	1						0
7	87	9						0
8	72	24						0
9	58	31	5					2(L ₁ [*])
10	49	39	6					0
11	44	28	17	4				1(L ₂ [*])
12	43	15	27	6				2(L ₁ [*])
13	43	9	21	15	3			0
14	43	3	13	25	6			1(L ₁ [*])
15	43	0	6	29	10			2(L ₂ [*]), (L ₃ [*])
16	43		4	12	21	7		1(L ₃ [*])
17	43		1	6	28	9		0
18	43		0	5	15	20	2	2(L ₄ [*])
19	43			0	10	25	6	1(L ₄ [*])
20	43				7	24	9	1(L ₄ [*])
21	43				2	20	18	0
22	43				0	13	27	0
23	43					7	31	2(L ₅ [*])
24	43					1	33	2(L ₅ [*])
25	43					0	35	0
26	43					0	36	0

* : 若虫死亡时的龄期 the instar of death

$$T_3 = \frac{\sum_i [(\sum_j L_{j(i-1)} - \sum_j L_{ji} - \sum_{j=1}^i D_{ji}) \times (i-1)]}{\sum_i (\sum_j L_{j(i-1)} - \sum_j L_{ji} - \sum_{j=1}^i D_{ji})}$$

i 的取值范围是 [11, 17]

j 的取值范围是 [0, 2]

$$\begin{aligned} & [(49 + 39 + 6) - (44 + 28 + 17) - 1] \times 10 + [(44 + 28 + 17) - (43 + 15 + 27) - 2] \times \\ & 11 + [(43 + 15 + 27) - (43 + 9 + 21)] \times 12 + [(43 + 9 + 21) - (43 + 3 + 13) - 1] \times \\ & 13 + [(43 + 3 + 13) - (43 + 6) - 1] \times 14 + [(43 + 6) - (43 + 4)] \times 15 + [(43 + 4) - \\ & (43 + 1)] \times 16 + [(43 + 1) - 43] \times 17 \\ \text{则 } T_3 = & \frac{[(49 + 39 + 6) - (44 + 28 + 17) - 1] + [(44 + 28 + 17) - (43 + 15 + 27) - 2] + \\ & [(43 + 15 + 27) - (43 + 9 + 21)] + [(43 + 9 + 21) - (43 + 3 + 13) - 1] + [(43 + 3 + \\ & 13) - (43 + 6) - 1] + [(43 + 6) - (43 + 4)] + [(43 + 4) - (43 + 1)] + [(43 + 1) \\ & - 43]}{=} = 12.9565 \end{aligned}$$

同理可得 $T_2 = 10.8333$

则 $t_2 = T_3 - T_2 = 12.9565 - 10.8333 = 2.1232$

3 结果与分析

3.1 以米蛾卵为寄主的黑肩绿盔盲蝽实验种群特定时间生命表

在原有组建成的黑肩绿盔盲蝽生殖力表的基础上, 导入幼期存活率 $\sum s_i = 0.3750$, 方法为: 在原有的 l_x

上乘以幼期累计存活率即 $l'_x = l_x \times \sum s_i$, 编制出完整的实验种群特定时间生命表(表 2), 由表 2 可以求得生命表各个参数(表 3)。参数计算参照徐汝梅^[6]方法, 俞晓平^[7]在试验中得出黑肩绿盔盲蝽取食褐飞虱卵在水稻上的产卵量为 75.6, 而本文以米蛾卵为食观察到的黑肩绿盔盲蝽单雌产卵量为 35.0526, 产卵量有所减少, 且在本次实验中, 卵的孵化率也仅有 0.5521, 这些是造成 r_m 减小的重要因素, 这可能跟寄主卵营养成分或实验过程中孵化条件有关。

表 2 黑肩绿盔盲蝽实验种群特定时间生命表

Table 2 Time-specific life table of *Cyrtorrhinus lividipennis* in laboratory

X	活 ♀ survive	死 ♀ death	l_x	E	E'	m_x	$l_x m_x$	X $l_x m_x$	l'_x *	$l'_x m_x$
1										
⋮										
18	19	0	1.0000	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3750	0.0000
19	19	0	1.0000	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3750	0.0000
20	19	0	1.0000	2	1.1112	0.0585	0.0585	1.1697	0.3750	0.0219
21	19	0	1.0000	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3750	0.0000
22	19	0	1.0000	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3750	0.0000
23	19	0	1.0000	31	17.2236	0.9065	0.9065	20.8496	0.3750	0.3399
24	18	1	0.9474	47	26.1132	1.4507	1.3744	32.9862	0.3553	0.5154
25	16	2	0.8421	125	69.4500	4.3406	3.6552	91.3810	0.3158	1.3707
26	15	1	0.7895	93	51.6708	3.4447	2.7196	70.7098	0.2961	1.0199
27	10	5	0.5263	64	35.5584	3.5558	1.8714	50.5288	0.1974	0.7018
28	8	2	0.4211	37	20.5572	2.5697	1.0821	30.2982	0.1579	0.4058
29	8	0	0.4211	58	32.2248	4.0281	1.6962	49.1908	0.1579	0.6361
30	7	1	0.3684	45	25.0020	3.5717	1.3158	39.4746	0.1382	0.4934
31	5	2	0.2632	26	14.4456	2.8891	0.7604	23.5729	0.0987	0.2852
32	4	1	0.2105	24	13.3344	3.3336	0.7017	22.4551	0.0789	0.2631
33	4	0	0.2105	12	6.6672	1.6668	0.3509	11.5784	0.0789	0.1316
34	3	1	0.1579	24	13.3344	4.4448	0.7018	23.8624	0.0592	0.2632
35	3	0	0.1579	18	10.0008	3.3336	0.5264	18.4231	0.0592	0.1974
36	3	0	0.1579	12	6.6672	2.2224	0.3509	12.6330	0.0592	0.1316
37	3	0	0.1579	4	2.2224	0.7408	0.1170	4.3280	0.0592	0.0439
38	2	1	0.1053	3	1.6668	0.8334	0.0878	3.3348	0.0395	0.0329
39	2	0	0.1053	6	3.3336	1.6668	0.1755	6.8450	0.0395	0.0658
40	2	0	0.1053	6	3.3336	1.6668	0.1755	7.0206	0.0395	0.0658
41	2	0	0.1053	5	2.7780	1.3890	0.1463	5.9967	0.0395	0.0548
42	2	0	0.1053	8	4.4448	2.2224	0.2340	9.8288	0.0395	0.0878
43	1	1	0.0526	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0197	0.0000
44	1	0	0.0526	1	0.5556	0.5556	0.0292	1.2859	0.0197	0.0110
45	1	0	0.0526	15	8.3340	8.3340	0.4384	19.7266	0.0197	0.1644
46	0	1	0.0000	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

$$l'_x = l_x \times \sum s_i$$

3.2 以米蛾卵为寄主的黑肩绿盔盲蝽特定年龄生命表

利用公式(1)计算出黑肩绿盔盲蝽不同龄期的历期, 并根据实验记录不同时期的存活数组建黑肩绿盔盲蝽的实验种群特定年龄生命表^[8-10](表 4)。

3.3 两种实验种群生命表参数的比较

同一组数据用两种生命表编制方法进行计算, 验证得出结果(表 5), 可知通过历期公式(1)计算出的特定年龄生命表的世代历期与特定时间生命表计算出的世代历期仅相差 0.5d, 可能是由计算时的精度(四舍五

人)引起的。而在特定年龄生命表历期计算过程中,历期公式法和直接统计法求出的各龄期历期虽然有细微的差距,这可能是若虫在发育过程中,不同龄期死亡的若虫造成的,但世代历期总和相差不大,可忽略不计。

表 3 黑肩绿盔盲蝽实验种群生命表参数

Table 3 Paramaters of laboratory population life table of *Cyrtorrhinus lividipennis*

项目 Item	黑肩绿盔盲蝽 <i>Cyrtorrhinus lividipennis</i>
平均世代历期 Average generation period (T)	28.6245
净生殖力 Net reproduction (R_0)	7.3033
内禀增长率 Intrinsic rate of increase (r_m)	0.06827
周限增长率 Finite rate of increase (λ)	1.0707

$$T = \frac{\sum Xlx mx}{\sum lx mx}; R_0 = \sum l'x mx; r_m = \frac{\ln R_0}{T}; \lambda = e^{r_m}$$

表 4 黑肩绿盔盲蝽实验种群特定年龄生命表

Table 4 Age-specific life table of *Cyrtorrhinus lividipennis* in laboratory

虫期 Stage of insect	起始虫数 Beginning quantity	死亡虫数 Death quantity	历期 t_i Development period (d)	存活率 S_i Survival percentage
卵 Eggs (E)	96	43	7.7736	0.5521
1 龄 1 st instar	53	5	3.0597	0.9057
2 龄 2 nd instar	48	2	2.1232	0.9583
3 龄 3 rd instar	46	2	2.2480	0.9565
4 龄 4 th instar	44	4	2.2955	0.9091
5 龄 5 th instar	40	4	2.9444	0.9000
成虫 Adult (A)	36		8.6316	
幼期累计存活率 (\sum) Accumulative total of immaturity				0.3750
世代历期 (T) Generation period			$T = t_E + t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_A = 29.2398$	
单雌平均产卵量 Oviposition per female			$F P_F = 35.0526$	
雌性比率 Female ratio			$P_{\text{♀}} = 0.5556$	
种群趋势指数 (I) Index of population trend			$I = S_E S_1 S_2 S_3 S_4 S_5 F P_F P_{\text{♀}} = 7.3034$	
内禀增长率 (r_m) Intrinsic rate of increase			0.0680	
周限增长率 (λ) Finite rate of increase			1.0704	

$$r_m = \frac{\ln I}{T}$$

由此可知以公式(1)通过表 1 的数据计算出各虫期的发育历期是可行的,且证明了公式(1)的可靠性(表 5)。

4 结论与讨论

4.1 黑肩绿盔盲蝽是水稻主要害虫稻飞虱和稻叶蝉的重要捕食性天敌,而有关其人工饲养,国内外尚未见报道。本文采用替代寄主米蛾卵成功在室内进行了人工饲养,为水稻害虫的生物防治提供了新的可行途径。

4.2 生命表编制方法的讨论

(1)两种生命表编制方法的不足

自 Morris 和 Watt^[11,12] 等人将生命表技术引入昆虫自然种群数量变动的研究中以来,生命表方法成为害虫种群系统的研究基础,其中特定时间生命表和特定年龄生命表是对生命表的两种不同的计算方法,但特定时间生命表由于丢失了幼期存活率这一重要参数,得到的往往只是生殖力表,且在生殖力表中除历期 T 真实外, R_0 、 r_m 、 λ 均被扩大而失真;特定年龄生命表中由于未将历期纳入生命表参数统计,因而只能得到种群趋势指数 I ,而无法求得 r_m 、 λ 这些重要参数,但 I 值并不能反映出昆虫的瞬时增长速率。

表 5 两种实验种群生命表参数比较

Table 5 Parameters in the two different laboratory population life tables

参数 Parameter	特定年龄生命表 Age-specific life table		特定时间生命表 Time-specific life table
	直接统计法 Statistic	公式代入法 Formulary	
卵期 t_E (Eggs period)	7.7736	7.7736	-
1 龄历期(t_1) period of 1 st instar	3.0377	3.0597	-
2 龄历期(t_2) period of 2 nd instar	2.1304	2.1232	-
3 龄历期(t_3) period of 3 rd instar	2.2444	2.2480	-
4 龄历期(t_4) period of 4 th instar	2.3250	2.2955	-
5 龄历期(t_5) period of 5 th instar	3.2294	2.9444	-
成虫期(t_A) Adult period	8.6316	8.6316	-
平均世代历期(T) Average generation period	29.3721	29.2398	28.6245
净生殖力(R_0) Net reproduction/ 种群趋势指数(I) Index of population trend	7.3034	7.3034	7.3033
内禀增长率(r_m) Intrinsic rate of increase	0.0677	0.0680	0.0683
周限增长率(λ) Finite rate of increase	1.0700	1.0704	1.0707

(2) 两种生命表编制方法的完善

特定时间生命表的编制中,在原有求得的生殖力表的基础上,导入幼期累计存活率 $\sum s_i$, 即 $R_0 = \sum (l_x \times \sum s_i) m_x$, $l'_x = l_x \times \sum s_i$, 则 $R_0 = \sum l'_x m_x$; 特定年龄生命表的编制中,若试验设计为单头饲养,则历期可通过直接统计计算得出。若试验设计为群体饲养,可根据每日不同龄期的数量变化制作如表 1 的矩阵表,依据公式(1)求得各龄期的历期及世代历期,再由公式 $r_m = \ln I/T$ 和 $\lambda = e^m$ 进而求得 r_m 、 λ 。至此,两种生命表都可以求得真实的反应昆虫生长发育的 4 个重要参数,实验者可根据试验条件及试验设计选择一种适合的计算方法。但两种生命表的编制前提是该昆虫的成虫期不大于其幼期的历期之和,即该昆虫在试验期间不发生世代重叠现象,世代是离散的,不连续的。

4.3 本文通过对昆虫发育进度中每日不同龄期数量变化矩阵得出在群体饲养时昆虫世代历期的计算公式(2.1),此公式是基于生物学意义下进行的数学逻辑运算,通过与单头饲养直接统计的结果进行对比,证明了公式(2.1)的可靠性。这为昆虫在群体饲养情况下的发育历期计算提供了有益的参考。

References:

- [1] Lin C S. The theory and experiment study of animal population change II. the innate capacity for increase of *Tribolium confusum* (H.). Acta Zoologica Sinica, 1964, 16(3): 323—328.
- [2] Birch L C. The Intrinsic Rate of Natural Increase of an Insect Population. The Journal of Animal Ecology, 1948, 17(1): 15—26.
- [3] Ding Y Q. Mathematical Ecology of Insect. Beijing: Science Press, 1994. 155.
- [4] Huang S S. Establishment and application of laboratory population life of *Trichogramma dendrolimi*. Acta Phytophylacica Sinica, 1996, 23(3): 209—212.
- [5] Chen J M, Cheng J A, He J H. Research outline on *Cyrtorhinus lividipennis*. Entomological Knowledge, 1992, 29(6): 370—373.
- [6] Xu R M. Insect Population Ecology. Beijing: Beijing Normal University Press, 1985. 97—100.
- [7] Yu X P, Hu C, K L Heong. Effects of various non-rice hosts on the growth, Reproduction and predation of mired bug, *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter. Chinese Journal of Rice Science, 1996, 10(4): 220—226.
- [8] Xu C T, Huang S S, Liu W H, et al. Establishment and analysis of laboratory population life table of *Trichogramma dendro-limi* developed on *Antheraea pernyi* eggs. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14 (11): 1947—1950.
- [9] Xu C T, Huang S S, Liu W H, et al. The establishment and analysis of the experimental population life table about *Trichog-ramma* spp. reproduced

on artificial eggs. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(10): 2195—2198.

- [10] Dan J G, Liang G W, Pang X F. Studies on the laboratory population of diamondback moth different temperatures. *Journal of South China Agricultural University*, 1995, 16(3): 11—16.
- [11] Morris R F. Predictive population equations based on key-factors. *Mem. Ent Soc Can*, 1963, 32: 16—21.
- [12] Watt KEF. Mathematical population models for five agricultural crop pests. *Mem Ent Soc Can*, 1963, 32: 83—91.

参考文献:

- [1] 林昌善. 动物种群数量变动的理论与实验研究 II. 杂拟谷盗的内禀增长能力(r_m)的研究. *动物学报*, 1964, 16(3): 323~328.
- [3] 丁岩钦. 种群生命表. 见: 丁岩钦著. *昆虫种群生态学*. 北京: 科学出版社, 1994. 155.
- [4] 黄寿山. 赤眼蜂实验种群生命表的编制与应用. *植物保护学报*, 1996, 23(3): 209~212.
- [5] 陈建明, 程家安, 何俊华. 黑肩绿盲蝽的国内外研究概况. *昆虫知识*, 1992, 29(6): 370~373.
- [6] 徐汝梅. 种群的内禀增长力. 见: 徐汝梅主编. *昆虫种群生态学*. 北京: 北京师范大学出版社, 1985. 97~100.
- [7] 俞晓平, 胡萃, K L Heong. 黑肩绿盲蝽在寄主植物、飞虱和叶蝉卵上的生长和发育. *中国水稻科学*, 1996, 10(4): 220~226.
- [8] 徐春婷, 黄寿山, 刘文惠, 等. 柞蚕卵繁殖赤眼蜂实验种群生命表的编制与分析. *应用生态学报*, 2003, 14(11): 1947~1950.
- [9] 徐春婷, 黄寿山, 刘文惠, 等. 人工卵繁殖赤眼蜂实验种群生命表的研究. *生态学报*, 2003, 23(10): 2195~2198.
- [10] 但建国, 梁广文, 庞雄飞. 不同温度条件下小菜蛾实验种群的研究. *华南农业大学学报*, 1995, 16(3): 11~16.