

荔枝蒂蛀虫 (*Conopomorpha sinensis* Bradley) 的 饲养及其实验种群生命表

王少山^{1,2}, 黄寿山^{1,*}, 梁广文¹, 曾 玲¹

(1. 华南农业大学昆虫生态研究室 广东 广州 510642; 2. 石河子大学农学院植物保护系 新疆 石河子 832003)

摘要:荔枝蒂蛀虫(*Conopomorpha sinensis* Bradley)是影响荔枝生产及出口的重要害虫。由于其具有钻蛀为害的习性,其生态学
研究薄弱。以荔枝果核、龙眼果核为饲料,在室内成功饲养了连续 3 个世代的荔枝蒂蛀虫。并编制了荔枝蒂蛀虫实验种群的特
定时间生命表和特定年龄生命表。特定时间生命表参数为:第一世代 $R_0(I) = 2.0503$, $r_m = 0.0230$; 第二世代 $R_0(I) = 7.5067$, r_m
 $= 0.0538$; 第三世代 $R_0(I) = 0.3104$, $r_m = 0.0321$ 。特定年龄生命表参数为:第一世代 $R_0(I) = 2.0594$, $r_m = 0.0217$; 第二世代 R_0
(I) $= 7.5261$, $r_m = 0.0559$; 第三世代 $R_0(I) = 0.3114$, $r_m = 0.0333$ 。研究了两类生命表参数之间的关系,并进行了相应的换算论
证。通过 $R_0 \approx I$ 的关系,在本例中,两种生命表之间的参数是可以进行换算的。生殖力表不同于特定时间生命表,它丢失了幼
期累计存活率而使 R_0 失真。

关键词:荔枝蒂蛀虫; 饲养; 生命表

文章编号:1000-0933(2008)02-0836-06 中图分类号:Q968.1, S436.629 文献标识码:A

The rearing and the laboratory population life table of litchi fruit borer (*Conopomorpha sinensis* Bradley)

WANG Shao-Shan^{1,2}, HUANG Shou-Shan^{1,*}, LIANG Guang-Wen¹, ZENG Ling¹

1 Laboratory of Insect Ecology, South China Agriculture University, Guangzhou 510640, China

2 College of Agriculture, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(2): 0836 ~ 0841.

Abstract: Litchi fruit borer (*Conopomorpha sinensis* Bradley) is an important pest which affects the litchi fruit production
and the exportation. Because it has the damaging habit of drilling. Its ecological research is weak. With the kernel of litchi
and longan as a food, litchi fruit borer has been reared continuously for three generations successfully in the room.
Furthermore, the experiment population's time-specific life table as well as the age-specific life table of the litchi fruit borer
has been established. The time-specific life table parameter is: $R_0(I) = 2.0503$, $r_m = 0.0230$ for first generation; $R_0(I) =$
 7.5067 , $r_m = 0.0538$ for second generation; $R_0(I) = 0.3104$, $r_m = 0.0321$ for third generation. The age-specific life table
parameter is: $R_0(I) = 2.0594$, $r_m = 0.0217$ for first generation; $R_0(I) = 7.5261$, $r_m = 0.0559$ for second generation; R_0
(I) $= 0.3114$, $r_m = 0.0333$ for third generation. The relations between two kinds of life table parameter have been studied,

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30471169)

收稿日期:2006-11-27; 修订日期:2007-04-30

作者简介:王少山(1968~),男,山东人,博士生,副教授,主要从事昆虫生态和害虫生态控制研究. E-mail: wang_shaoshan@163.com

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

致谢:本研究室 2006 级硕士生陈轶参加了部分饲养工作,特此致谢。

Foundation item: The project was financially supported by National Natural Science Foundation of China (No. 30471169)

Received date: 2006-11-27; **Accepted date:** 2007-04-30

Biography: WANG Shao-Shan, Ph. D. candidate, Associate professor, mainly engaged in ecology and ecological control of insect pests. E-mail: wang_
shaoshan@163.com

and the corresponding conversion proof has been carried on. In this case, the conversion of parameters between two kinds of life tables may be carried on through the $R_0 \approx I$ relations. The fecundity table is different with the time-specific life table, R_0 is distorted because of the loss of the larval accumulative survival rate.

Key Words: litchi fruit borer (*Conopomorpha sinensis* Bradley); rearing; life table

荔枝蒂蛀虫(*Conopomorpha sinensis* Bradley)是为害荔枝和龙眼的重要害虫^[1~3]。由于荔枝蒂蛀虫是寡食、钻蛀性害虫,人工饲养困难。目前仅见台湾洪巧珍等人^[4]在实验室里以荔枝果核饲养荔枝蒂蛀虫的报道。荔枝蒂蛀虫的饲养有助于进一步了解掌握荔枝蒂蛀虫的生物学和生态学特性,为荔枝蒂蛀虫的生态控制提供理论依据。

自 Morris and Miller 等人^[5]将生命表技术引入昆虫自然种群数量变动的研究工作以来,生命表方法已经成为害虫种群系统的研究基础。目前生命表方法为研究昆虫种群数量变动机制,评价各种害虫防治措施,制定数量预测模型和实施害虫科学管理提供了重要手段^[6,7]。

本文参照洪巧珍等人的方法,结合本实验室的条件,在实验室中用荔枝核和龙眼核饲养荔枝蒂蛀虫,成功的饲养了 3 个世代。在此基础上编制了荔枝蒂蛀虫实验种群生命表并进行了特定年龄和特定时间生命表之间关系的分析研究。

1 材料与方法

1.1 供试虫源与寄主植物

供试虫源:从广东省高州市荔枝园捡拾荔枝蒂蛀虫为害的落果,带回室内收集虫蛹,羽化得到成虫。

寄主植物:荔枝鲜果、荔枝果核、龙眼鲜果、龙眼果核。

1.2 实验方法

1.2.1 荔枝蒂蛀虫成虫的饲养

将羽化的成虫置于 30cm × 30cm × 30cm 的养虫笼中,饲喂 10% 的蜂蜜水。放入人工气候箱,温度设定为 26℃,光周期设定为 $L:D = 12:12$,湿度控制 80%。记录成虫寿命。

1.2.2 荔枝蒂蛀虫产卵及收集

用卫生卷纸包裹新鲜荔枝或龙眼果实,供荔枝蒂蛀虫产卵。每天更换新鲜荔枝果或龙眼果,并重新包裹卫生卷纸。产卵的卫生卷纸取下备用。记录每天的产卵量。

1.2.3 荔枝蒂蛀虫孵化率及卵孵化历期观察

将含有卵粒(1 日龄)的卫生卷纸置于直径 5cm 培养皿,再置于直径 9cm 的培养皿,然后加水于直径 9cm 培养皿中,再装入保鲜袋扎紧。放入人工气候箱孵化,温度设定为 26℃,光周期设定为 $L:D = 12:12$,湿度控制 80%。记录孵化的时间和孵化幼虫数。

1.2.4 荔枝蒂蛀虫幼虫饲养

取新鲜荔枝核或龙眼核洗净、用 75% 酒精灭菌处理 2~3min 后备用,用小刀在果核上切一小口,放入事先剪好的 1 粒卵(将收集卵的卫生卷纸剪成大小 0.2cm × 0.3cm 的小块,每块上带 1 粒卵),置于直径 15cm 的培养皿中,再置于高湿度的养虫盒内,放入人工气候箱饲养,温度设定为 26℃,光周期设定为 $L:D = 12:12$,湿度控制 80%。约 9d 后,放入 1cm × 2cm 对折的小纸片供荔枝蒂蛀虫化蛹。记录化蛹时间及化蛹数目。

1.2.5 荔枝蒂蛀虫蛹羽化及羽化历期观察

将荔枝蒂蛀虫蛹置于直径 15cm 的培养皿中,放入人工气候箱,温度设定为 26℃,光周期设定为 $L:D = 12:12$,湿度控制 80%,让其羽化。记录羽化时间、羽化数量及其性比。

2 结果

2.1 组建荔枝蛀虫实验种群生殖力表

通过室内饲养,成功繁殖 3 个世代。将记录所得的数据经过处理,组建了荔枝蛀虫实验种群生殖力表

(表1)。由表1可以求得生殖力表各个参数(表2)。参数计算参照徐汝梅的方法^[8]。

表1 荔枝蒂蛀虫实验种群生殖力表

Table 1 Laboratory population fecundity of *Conopomorpha sinensis* Bradley

x	第一世代 First generation 2006. 6. 7 ~ 6. 28				第二世代 Second generation 2006. 7. 1 ~ 7. 29				第三世代 Third generation 2006. 8. 2 ~ 8. 30			
	l_x	m_x	$l_x m_x$	$x l_x m_x$	l_x	m_x	$l_x m_x$	$x l_x m_x$	l_x	m_x	$l_x m_x$	$x l_x m_x$
22	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
23	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
24	1	0.1215	0.1215	2.9160	1	0	0	0	1	0	0	0
25	1	0.5421	0.5421	13.5525	1	0	0	0	1	0	0	0
26	1	0.7384	0.7384	19.1984	1	0	0	0	1	0	0	0
27	1	0.9300	0.9300	25.1100	1	0	0	0	0.9571	0	0	0
28	0.9907	1.0424	1.0327	28.9158	1	0.1905	0.1905	5.3340	0.9429	0	0	0
29	0.9630	1.0191	0.9814	28.4604	1	0.2286	0.2286	6.6294	0.9429	0	0	0
30	0.9167	0.4231	0.3879	11.6357	1	0.2159	0.2159	6.4470	0.9429	0	0	0
31	0.8426	0.7709	0.6496	20.1364	1	0.7364	0.7364	22.8284	0.9000	0.1044	0.0940	2.9140
32	0.7870	0.8372	0.6589	21.0840	1	1.2570	1.2570	40.2240	0.9000	0.1268	0.1141	3.6512
33	0.6667	1.2968	0.8646	28.5310	1	0.9269	0.9269	30.5877	0.8857	0.3183	0.2819	9.3027
34	0.5648	1.4562	0.8225	27.9637	0.8919	0.4129	0.3683	12.5220	0.8714	0.3081	0.2685	9.1290
35	0.4259	2.1614	0.9205	32.2189	0.8649	3.5088	3.0348	106.2180	0.8429	0.5494	0.4631	16.2085
36	0.3148	2.8798	0.9066	32.6362	0.8378	6.5317	5.4723	197.0028	0.8286	0.8748	0.7249	26.0964
37	0.2130	1.9310	0.4113	15.2182	0.8108	2.2081	1.7903	66.2411	0.7571	0.5762	0.4362	16.1394
38	0.1481	1.6087	0.2382	9.0534	0.7838	2.2518	1.7650	67.0700	0.7143	0.7611	0.5437	20.6606
39	0.0741	1.7034	0.1262	4.9227	0.7568	5.3859	4.0760	158.9640	0.5143	0.3002	0.1544	6.0216
40	0.0463	3.2301	0.1496	5.9821	0.6757	6.4644	4.3680	174.7200	0.4143	0	0	0
41	0	0	0	0	0.5135	4.3271	2.2220	91.1020	0.3714	0.1634	0.0607	2.4887
42					0.4054	3.7271	1.5120	63.5040	0.2286	0.2936	0.0671	2.8182
43					0.3243	0.5090	0.1651	7.0993	0.1571	0.2990	0.0470	2.0210
44					0.2703	0	0	0	0.1143	0.1762	0.0201	0.8844
45					0.2162	1.7030	0.3682	16.5890	0.0571	1.0571	0.0604	2.7180
46					0.1351	0	0	0	0.0286	1.6443	0.0470	2.1620
47					0.0541	4.4631	0.2415	11.3505	0.0143	1.4094	0.0202	0.9494
Σ			10.4820	327.5354			28.9388	1084.4632			3.4033	124.1651

表2 荔枝蒂蛀虫实验种群生殖力表参数

Table 2 Parameters of laboratory population fecundity table of *Conopomorpha sinensis* Bradley

项目 Item	第一世代 First generation	第二世代 Second generation	第三世代 Third generation
平均世代历期 Average generation period (T)	31.2474	37.4744	36.4837
净生殖力 Net reproduction (R_0)	10.4820	28.9388	3.4033
内禀增长率 Intrinsic rate of increase (r_m)	0.0752	0.0898	0.0336
周限增长率 Finite rate of increase (λ)	1.0781	1.0940	1.0342

$$T = \frac{\sum x l_x m_x}{\sum l_x m_x}; R_0 = \sum l_x m_x; r_m = \frac{\ln R_0}{T}; \lambda = e^{r_m}$$

2.2 荔枝蒂蛀虫实验种群特定年龄生命表的组建

将荔枝蒂蛀虫分为4个虫态时期,各虫态的历期划分如下,卵历期:从收集的1日龄卵开始到卵孵化为

止。幼虫历期:从卵接入荔枝或龙眼核开始到幼虫出核为止减去卵的历期即记做幼虫的历期。因荔枝蒂蛀虫幼虫钻蛀取食,难以观测幼虫分龄,固未进行幼虫分龄。蛹历期:从幼虫出核到蛹羽化为蛹期。成虫历期(寿命):从羽化开始到死亡为止,并记录每个时期的存活数。经过数据统计,组建荔枝蒂蛀虫实验种群特定年龄生命表(表3)。

表3 荔枝蒂蛀虫实验种群特定年龄生命表

Table 3 Age-specific life table of *Conopomorpha sinensis* Bradley in laboratory

虫态 Stages	第一世代 First generation		第二世代 Second generation		第三世代 Third generation	
	历期 Development period	存活率 Survival percentage	历期 Development period	存活率 Survival percentage	历期 Development period	存活率 Survival percentage
卵 Eggs (E)	2.3330 ± 0.1030	0.4350	2.4528 ± 0.1520	0.3757	2.6472 ± 0.2382	0.3418
幼虫 Larvae (L)	8.7345 ± 0.2812	0.5237	8.5829 ± 0.1988	0.8205	7.8028 ± 0.7467	0.4335
蛹 Pupae (P)	8.1333 ± 0.3055	0.8588	8.6333 ± 0.2886	0.8416	9.2767 ± 2.6560	0.6154
幼期累计存活率(Σ)		0.1956		0.2594		0.0912
成虫 Adult (A)	14.1621 ± 4.3753		16.4571 ± 5.7404		15.2593 ± 4.0715	
性比 Sex ratio		0.5047		0.5068		0.5000
产卵量 Oviposition		20.8611		61.7568		7.2429
种群趋势指数(I)		2.0594		7.5261		0.3114
Index of population trend						

$$S_x = S_E \times S_L \times S_P; T = t_E + t_L + t_P + t_A$$

3 结论与讨论

3.1 用荔枝核或龙眼核在实验室里进行荔枝蒂蛀虫的饲养是成功的

3.1.1 参照洪巧珍等人的方法,在2005年预试验饲养完成一个世代的基础上,2006年用荔枝果核和龙眼果核连续饲养了3个世代。产第一个世代卵的成虫是田间采集的蛹羽化而得的。用新鲜荔枝果供成虫产卵。产第二个世代卵的成虫是室内用荔枝果核饲养幼虫化蛹后羽化而得。用新鲜龙眼果供成虫产卵,龙眼品种为“石侠”。产第三个世代卵的成虫是室内用龙眼果核饲养幼虫化蛹后羽化而得。用新鲜龙眼果供成虫产卵,龙眼品种为“土龙眼”。

3.1.2 荔枝蒂蛀虫室内饲养过程有两个关键点:一是荔枝蒂蛀虫成虫产卵及卵的收集。荔枝蒂蛀虫成虫只产卵在新鲜的荔枝果和龙眼果壳上,所以要用新鲜的荔枝果或龙眼果;但包裹荔枝果或龙眼果的卫生卷纸对荔枝蒂蛀虫产卵有很大的影响,经过试验:收集卵时,用广州中顺纸业集团有限公司生产的几个品牌的卫生卷纸能够很好的收集到荔枝蒂蛀虫的卵。二是荔枝果核或龙眼果核接卵前的处理。剥取的荔枝果核和龙眼果核虽经冲洗干净,但表面仍然有糖分残留,接卵后,要在高温高湿环境下10d左右,很容易滋生霉菌,影响幼虫出核甚至直接导致幼虫死亡,所以要经过75%酒精灭菌处理2~3min,才能成功饲养。

3.1.3 寄主植物对荔枝蒂蛀虫饲养的影响:在相同的温度、湿度和光照的条件下,连续饲养了3个世代的荔枝蒂蛀虫,每个世代所得到的两种生命表的重要参数都有很大的差异。从试验中观察认为主要是由于供试的寄主植物差异引起的。因为饲养荔枝蒂蛀虫无论用的果和核都要是新鲜的,但荔枝和龙眼成熟时间有先后,所以在不同的时段我们只有“因地制宜”选用不同的植物材料来饲养,造成世代之间各统计数据差异显著。这与洪巧珍报道的分别用荔枝核、新鲜荔枝嫩叶和莱豆(lima bean)饲养,荔枝蒂蛀虫的成虫寿命、产卵量及存活率有显著差异是一致的。

3.2 关于生命表参数计算方法的讨论

3.2.1 生殖力表与特定时间生命表的异同

不统计幼期存活率而编制的特定时间生命表,实质上是生殖力表。生殖力表中求得的 T 、 R_0 、 r_m 、 λ 参数

中,仅 T 是正确的;而 R_0 、 r_m 、 λ 均因丢失了幼期的 S_x 而失真。纠正的方法是在生殖力表中,加入相应的 S_x 。例如本文中第一代生殖力表中的 $R_0 = 10.4820$;而特定年龄生命表中的 $I = 2.0594$,上述误差,来自生殖力表中未计入 S_x ($S_x = S_E \times S_L \times S_P = 0.4350 \times 0.5237 \times 0.8588 = 0.1956$)。将 S_x 乘以生殖力表中的 R_0 ,则 $R_0 \times S_x = 10.4820 \times 0.1956 = 2.0503$,与 I 相差仅为 0.0091,即误差不足 1%。同理第二、三世代的校正计算误差分别为:0.0194;0.0010,均小于 2%。可见这种误差可能来自运算过程中的近似计算和精确度取舍,而 R_0 (是新一代的雌性幼体出生数与上一代的雌性幼体数出生数的比值)与 I (是新一代的卵量与上一代卵量的比值)两者在生物学意义上应当是同质的^[9~12]。

3.2.2 特定时间生命表与特定年龄生命表参数之间的换算及其意义

在昆虫生命表的研究中,实验种群两种生命表在生物学意义上是同质的,在特定时间生命表的编制过程中,成虫产卵量的统计过程即是生殖力表的编制过程。然而特定年龄生命表中,各虫态历期末纳入生命表参数的统计,所以特定年龄生命表只能给出 I 值 1 个种群参数。丢失了 T 、 r_m 等重要的种群参数。特定时间生命表的编制方法,自 Leslie-Birch (1949~1953 年)创立以来^[13],一直沿用至今。其优点在于特定时间生命表可以提供 T 、 R_0 、 r_m 、 λ 等 4 个重要的种群参数,为种群趋势的分析研究带来便利。生物学意义上 $R_0 \approx I$,通过这种关系,也可以求得特定年龄生命表的 r_m 值,使得特定年龄生命表不仅可以反映种群世代的倍增情况,也能反映种群的瞬时增长速率。本文中两种生命表参数换算的结果见表 4,其误差由 T 的统计差异引起。可见采用 $R_0 \approx I$ 的关系,可以由特定年龄生命表中的 I 值计算瞬时增长速率 r_m 值,为特定年龄生命表的应用提供方便。

表 4 两种实验种群生命表参数

Table 4 Parameters in the two different laboratory population life tables

	特定时间生命表 Time-specific life table			特定年龄生命表 Age-specific life table		
	第一世代 First generation	第二世代 Second generation	第三世代 Third generation	第一世代 First generation	第二世代 Second generation	第三世代 Third generation
T	31.2474	37.4744	36.4837	33.3629	36.1261	34.9860
$R_0(I)$	2.0503	7.5067	0.3104	2.0594	7.5261	0.3114
r_m	0.0230	0.0538	0.0321	0.0217	0.0559	0.0333
λ	1.0233	1.0553	1.0326	1.0219	1.0575	1.0339

3.3 荔枝蒂蛀虫实验种群生命表参数:通过编制特定时间生命表和特定年龄生命表方法的相互验证,本文报道的荔枝蒂蛀虫实验种群生命表参数见表 4。由表 4 参数可见,虽然成功饲养了 3 个世代的荔枝蒂蛀虫,但本实验所提供的条件尚非最佳, r_m 只是特定饲养条件下的瞬时增长率。

References:

- [1] Huang Y Z, Jiang S H, Yang C J, et al. Analysis on the species composition and nutrition structure of insect community in lichee orchard. Journal of Shenzhen Polytechnic, 2004, 23(2): 208.
- [2] Yang Z D, Tang Y, Xie L Q. Current Research Status of litchi fruit borer (*Conopomorpha sinensis* Bradley). Guangxi Gardening, 2003, (4): 14.
- [3] Huang Z S, Hong Q Z. Gracillariid insect pests attacking litchi and longan in Taiwan. Plant Protection Bulletin Taipei, 1996, 38(1): 75-78.
- [4] Hong Q Z, Jiang B Y, Huang Z S. Rearing techniques, eclosion and mating behavior of litchi fruit borer, *Conopomorpha sinensis* Bradley (Lepidoptera: Gracillariidae). Plant Protection Bulletin Taipei, 2002, 44(2): 90-92.
- [5] Morris R F, Miller C A. The development of life tables for the spruce budworm. Can. J. Zool, 1954, 32: 283-301.
- [6] Zhang X X. Insect Ecology and Forecast (second). Beijing: China Agriculture Press, 1995. 73-74.
- [7] Ding Y Q. Mathematical Ecology of Insect. Beijing: Science Press, 1994. 155.
- [8] Xu R M. Insect Population Ecology. Beijing: Beijing Normal University Press, 1985. 97-100.
- [9] Xu C T, Huang S S, Liu W H, et al. Establishment and analysis of laboratory population life table of *Trichogramma dendrolimi* developed on *Antherea pernyi* eggs. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(11): 1947-1950.

- [10] Dan J G, Liang G W, Pang X F. Studies on the laboratory population of diamondback moth under different temperatures. *Journal of South China Agricultural University*, 1995, 16(3): 11—16.
- [11] Xu C T, Huang S S, Liu W H, *et al.* The establishment and analysis of the experimental population life table about *Trichogramma* spp. reproduced on artificial eggs. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(10): 2195—2198.
- [12] Birch L C. The Intrinsic Rate of Natural Increase of an Insect Population. *The Journal of Animal Ecology*, 1948, 17(1): 15—26.
- [13] 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.

参考文献:

- [1] 黄衍章, 江世宏, 杨长举, 等. 荔枝园昆虫群落种类组成与营养结构分析. *华中农业大学学报*, 2004, 23(2): 208.
- [2] 杨振德, 唐艳, 谢立群. 荔枝蒂蛀虫的研究概况及其防治新途径. *广西园艺*, 2003, (4): 14.
- [3] 黄振声, 洪巧珍. 台湾为害荔枝及龙眼之细蛾种类. *植物保护学会会刊*, 1996, 38(1): 75~78.
- [4] 洪巧珍, 江碧媛, 黄振声. 荔枝细蛾(*Conopomorpha sinensis* Bradley)之饲养技术及其羽化交尾行为. *植物保护学会会刊*, 2002, 44(2): 90~92.
- [6] 张孝曦. 种群生命表的组建. 见: 张孝曦主编. *昆虫生态及预测预报* (第二版). 北京: 中国农业出版社, 1995. 73~74.
- [7] 丁岩钦. 种群生命表. 见: 丁岩钦著. *昆虫数学生态学*. 北京: 科学出版社, 1994. 155.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [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.
- [11] 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.
- [13] 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.