

马尼拉陡胸茧蜂对甜菜夜蛾的控害潜能

孙君帅, 黄寿山*

(华南农业大学昆虫生态研究室, 广州 510642)

摘要:为评价幼虫寄生蜂马尼拉陡胸茧蜂对甜菜夜蛾的控害潜能,编制了寄主和寄生蜂的实验种群生命表,测定了马尼拉陡胸茧蜂对甜菜夜蛾幼虫的寄生功能反应。结果表明:甜菜夜蛾年龄特征生命表参数为:净生殖力(种群趋势指数) $R_0(I) = 122.0172$, 内禀增长率 $r_m = 0.1522$, 世代平均历期 $T = 40.8556$ (d), 周限增长率 $\lambda = 1.1644$; 马尼拉陡胸茧蜂寄生甜菜夜蛾幼虫的生殖力表参数为: $R_0(I) = 20.2479$, $r_m = 0.3045$, $T = 9.8788$, $\lambda = 1.3559$ 。马尼拉陡胸茧蜂对甜菜夜蛾幼虫的捕食功能反应符合 Holling II 型模型, $a = 0.8952$, $Th = 0.0205$, $Na_{\max} = 48.78$ (头)。通过生命表参数比较和功能反应模型分析,可见马尼拉陡胸茧蜂对甜菜夜蛾幼虫的寄生能力强,繁殖速率高,对甜菜夜蛾种群有较强的控制能力;从世代平均历期 T 的比较可知,在甜菜夜蛾繁殖 1 代的时间内,马尼拉陡胸茧蜂可以繁殖 4 个世代,在时间上天敌对害虫的发生是“超前的”而不是“跟随的”。因此在放蜂技术上应采取相应的对策,才能充分发挥天敌的控害潜能。

关键词:马尼拉陡胸茧蜂;甜菜夜蛾;生命表;功能反应;控害潜能

Evaluation of potential control ability of *Snellenius manilae* (Ashmead) against *Spodoptera exigua* (Hübner)

SUN Junshuai, HUANG Shoushan*

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

Abstract: The experimental population life tables of *Snellenius manilae* (Ashmead) and *Spodoptera exigua* (Hübner) were established respectively to evaluate the control potential of this parasitoid on this pest. The results showed that the parameters of *S. exigua* were as follows: Net reproduction (Population trend index) $R_0(I) = 122.0172$, Intrinsic rate of increase $r_m = 0.1522$, Average generation time $T = 40.8556$ d, Finite Rate of Increase $\lambda = 1.1644$. The parameters of *S. manilae* were as follows: $R_0(I) = 20.2479$, $r_m = 0.3045$, $T = 9.8788$ d, $\lambda = 1.3559$. The functional response of *S. manilae* rearing on *S. exigua* larvae coincided with the Holling model type-II, with the index of $a = 0.8952$, $Th = 0.0205$, $Na_{\max} = 48.78$. The above results indicated that *S. manilae* had high reproductive speed and strong parasitizing ability on *S. exigua*. In addition, shorter generation time of *S. manilae* hinted that it could control *S. exigua* effectively.

Key Words: *Snellenius manilae* (Ashmead); *Spodoptera exigua* (Hübner); life table; function response; control potential

甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* (Hübner) 是一种世界性农业害虫,在各大洲均有严重危害或成灾记录,主要危害蔬菜、棉花、花生、烟草、玉米、大豆等 35 科 108 属 138 种作物,幼虫取食范围极广,尤以蔬菜受害最重。近年来,我国广大南方地区连续多年大发生,在江苏、上海、浙江、安徽、江西、湖北、湖南、广东和贵州等各省区已成为重要蔬菜害虫之一,危害严重,尤其是 7—9 月份高温季节易暴发成灾。根据何俊华的甜菜夜蛾寄生蜂名录,甜菜夜蛾的各虫期原寄生蜂约 25 种及其重寄生蜂 8 种^[1]。

马尼拉陡胸茧蜂 *Snellenius manilae* (Ashmead) 属于甜菜夜蛾幼虫寄生蜂的一种。据 2009 年大田调查,在

基金项目:国家公益性行业计划资助项目(200803007)

收稿日期:2009-10-21; 修订日期:2009-11-26

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

适宜温度下马尼拉陡胸茧蜂对甜菜夜蛾 2 龄幼虫平均寄生率可达到 30% 左右,具有良好的大田应用前景。

关于天敌和害虫的关系问题,“天敌的跟随现象”^[2]是田间调查数据反映的常见结果。然而,从种群增长的实际考察,应该对不同种类的种群增长情况做具体分析。而这一问题是判断天敌利用价值和利用方式的重要理论问题。判断天敌与害虫在时间上是跟随还是超前,需要通过种群的历期和相关生命表参数做出相应评价。

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 Birch1948 年发表了仓库害虫的实验种群生命表^[3]以来,该方法就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。利用生命表技术及相关方法评价马尼拉陡胸茧蜂寄生甜菜夜蛾的控害潜能,国内外尚鲜见报导。为此,本文编制了甜菜夜蛾年龄特征生命表与马尼拉陡胸茧蜂寄生甜菜夜蛾的生殖力表,研究了马尼拉陡胸茧蜂寄生甜菜夜蛾幼虫的寄生功能反应。通过生命表参数的比较和功能反应分析,评价马尼拉陡胸茧蜂对甜菜夜蛾适龄幼虫的控害潜能,为马尼拉茧蜂的田间释放应用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

甜菜夜蛾采自广州白云区钟落潭镇葱田,用人工饲料^[4-7]在室内继代繁殖。马尼拉陡胸茧蜂采自被自然寄生的甜菜夜蛾幼虫,成蜂用 15% 的蜂蜜水补充营养。甜菜夜蛾及马尼拉陡胸茧蜂均在实验室繁殖多代。

1.2 生命表的编制方法

1.2.1 甜菜夜蛾年龄特征生命表编制方法

参照刘家莉^[8]的昆虫年龄特征生命表编制方法,自 2009 年 2 月 17 日至 4 月 13 日,在常温条件下,取供试甜菜夜蛾卵 209 粒作为起始虫数连续饲养。系统记录各虫态、各龄期的历期、存活数、成虫性比、雌虫产卵数,至全部雌虫产卵结束,死亡为止。分龄计算历期、存活率;计算平均单雌产卵数,按照虫期的发育顺序,列表纪录存活率、繁殖量,计算种群内禀增长率,单雌产卵数等生命表参数。

1.2.2 马尼拉陡胸茧蜂生殖力表编制方法

参照黄寿山^[9]的寄生蜂生殖力表编制思路,在 28℃ 恒温条件下,将刚羽化的马尼拉陡胸茧蜂雌雄配对,放入指形管中交配 5—6h。放置寄主(2 龄甜菜夜蛾幼虫)150 头,分别在养虫盒内用人工饲料饲喂,接入已交配完成的茧蜂,记录接蜂时间,接蜂后 24h 将蜂取出,分盒饲养寄主幼虫以便于观察并避免自相残杀,及时更换饲料,逐日观察,记录。待有明显被寄生幼虫出现后,单头饲养在指形管中,直至成蜂羽化,记录羽化时间,成蜂雌雄性比,同时将羽化的雌蜂与雄蜂配对,将雌蜂做好标记,每天供应装有 20 头适龄寄主幼虫供茧蜂寄生直至雌蜂死亡,分别统计养虫盒的寄主幼虫被寄生数量,羽化率,记录当天羽化雌雄蜂,死亡雌雄蜂头数,制作马尼拉陡胸茧蜂种群的生殖力表。由于幼虫寄生蜂实际产卵量统计困难,本文中寄生蜂的产卵量是根据从寄主幼虫体内钻出的茧蜂数量统计而得。

1.3 马尼拉陡胸茧蜂寄生甜菜夜蛾功能反应试验方法

在 28℃ 恒温条件下,试验设置 10、20、30、40、50 头和 60 头,6 个寄主密度处理,每个处理 5 次重复。将刚羽化的马尼拉陡胸茧蜂雌雄配对,放入沾有 15% 蜜糖水的棉球的指形管中让其交配 5—6h。将以上 6 个处理的寄主幼虫放入养虫盒内,用人工饲料饲喂。待寄生蜂交配完成后接入养虫盒,喂以 15% 蜜糖水,24h 后将蜂取出。逐日观察并及时更换饲料,并将密度较大的幼虫分开饲养,以避免病毒出现或幼虫间自相残杀。待有明显被寄生的幼虫出现时,移至指形管单头饲养,统计各个处理寄主幼虫被寄生数量和被寄生率。

1.4 数据分析

生命表参数的计算参照黄寿山和徐汝梅^[10]的方法。计算公式如下:

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

式中, R_0 为净生殖力, 即平均单雌产雌仔数; r_m 为内禀增长率; T 为世代平均历期; λ 为周限增长率; lx 存活到代表性年龄 x 时雌性个体的存活率; m_x 为存活到代表性年龄 x 时, 在单位时间段内存活雌性个体平均单雌产雌数。

2 结果与分析

2.1 甜菜夜蛾实验种群年龄特征生命表

由表 1 可知, 甜菜夜蛾在卵期和蛹期的存活率均低于各龄幼虫期存活率, 幼虫期的各龄存活率无显著差异。甜菜夜蛾的世代发育有着较高的内禀增长率、周限增长率及净生殖力, 每经过 1 个世代种群可增殖 (R_0) 122.0172 倍, 单雌平均产卵量达到 501.4286 粒, 种群增长迅速, 成为此害虫广泛分布以及造成严重危害的关键原因。

表 1 甜菜夜蛾实验种群年龄特征生命表

Table 1 Age-specific life table of *S. exigua* experimental population

虫期 Stage of insect	存活数/头 Survive quantity	死亡数/头 Death quantity	历期/d Period	存活率 Survival percentage
卵 Egg	209	31	3.0000	0.8517
1 龄 1st instar	178	8	3.6529	0.9551
2 龄 2nd instar	170	9	3.8409	0.9471
3 龄 3rd instar	161	1	1.0062	0.9938
4 龄 4th instar	160	7	3.0294	0.9563
5 龄 5th instar	153	6	5.4978	0.9608
预蛹 Prepupa	147	20	4.0876	0.8639
蛹 Pupa	127	30	6.9264	0.7638
成虫 Adult	97		9.8144	
世代平均历期 (T) Generation average period			40.8556	
雌性比 (P_g) Female ratio			0.5050	
单雌平均产卵量 Oviposition per female			501.4286	
内禀增长率 (r_m) Intrinsic rate of increase			0.1522	
周限增长率 (λ) Finite rate of increase			1.1644	
净生殖力 (R_0) Net reproduction			122.0172	

2.2 马尼拉陡胸茧蜂生殖力表

马尼拉陡胸茧蜂在甜菜夜蛾幼虫上繁殖的生殖力表见表 2。马尼拉陡胸茧蜂在接蜂后第 7 至 8 天羽化成蜂最多, 相应产卵量 (寄生数) 在种群羽化初期到中期较高。根据所得参数可知, 马尼拉陡胸茧蜂的内禀增长率、净生殖力较高, 每经过 1 个世代种群可增殖 (R_0) 约 20.25 倍。

2.3 寄生蜂及其寄主实验种群生命表参数的比较

表 3 为两种群实验种群生命表参数的比较。可见, 马尼拉陡胸茧蜂世代历期为 9.88d, 甜菜夜蛾世代历期为 40.86d, 即甜菜夜蛾完成 1 个世代, 马尼拉陡胸茧蜂即可完成约 4 个世代, 表明马尼拉陡胸茧蜂对甜菜夜蛾的世代发育在时间上是超前的; 内禀增长率 r_m 值是表达特定种群增长能力的重要指标, 由表 3 可知, 马尼拉陡胸茧蜂的 r_m 值 (0.3045) 为甜菜夜蛾的 r_m 值 (0.1522) 的 2 倍, 周限增长率 λ 明显高于甜菜夜蛾的周限增长率, 显示了马尼拉陡胸茧蜂的种群增长能力比甜菜夜蛾要强, 有较强的种群增长潜力和控害潜能。

2.4 马尼拉陡胸茧蜂对不同密度甜菜夜蛾幼虫的功能反应

对于不同密度的甜菜夜蛾幼虫, 马尼拉陡胸茧蜂的寄生结果见表 4。

所得数据用 Holling 功能反应 II 型圆盘方程拟合为:

$$Na = \frac{a \times T \times No}{1 + a \times Th \times No}$$

其中, N_0 为寄主密度, Na 为被寄生寄主数量, T 为用于搜寻的总时间(本试验中的 $T = 1$), a 为攻击系数(瞬间攻击率), Th 为处置时间。 a 和 Th 的计算, 参照陈福寿^[11] 的方法进行线性转换。得出马尼拉陡胸茧蜂功能反应模型:

$$Na = \frac{0.8592 \times N_0}{1 + 0.0176 \times N_0} \quad (r = 0.9982)$$

$Na_{\max} = 1/Th = 1/0.0205 = 48.78$ (头)。相应寄生功能反应曲线如图 1。

表 2 马尼拉陡胸茧蜂寄生甜菜夜蛾幼虫的生殖力表
Table 2 Fecundity table of *S. manilae* parasitic on *S. exigua* larvae

日期 Date	X/d Stage	活♀/头 Survive	l_x	产卵/粒 Egg	m_x	$l_x m_x$	$xl_x m_x$
6.10	1	0	0	0	0	0	0
.....							
6.16	7	63	1.0000	190	1.6239	1.6239	11.3675
6.17	8	62	0.9841	421	3.6563	3.5983	28.7863
6.18	9	59	0.9365	451	4.1160	3.8547	34.6923
6.19	10	57	0.9048	492	4.6478	4.2051	42.0513
6.20	11	53	0.8413	371	3.7692	3.1709	34.8803
6.21	12	40	0.6349	239	3.2173	2.0427	24.5128
6.22	13	27	0.4286	118	2.3533	1.0085	13.1111
6.23	14	20	0.3175	66	1.7769	0.5641	7.8974
6.24	15	16	0.2540	17	0.5721	0.1453	2.1794
6.25	16	7	0.1111	4	0.3077	0.0342	0.5470
6.26	17	1	0.0159	0	0.0000	0.0000	0.0000
6.27	18	0	0.0000	0	0.0000	0.0000	0.0000
Σ	-	-	-	2369	26.0406	20.2479	200.0256
世代平均历期(T) Generation average period						9.8788	
雌性比(P_{φ}) Female ratio						0.5384	
内禀增长率(r_m) Intrinsic rate of increase						0.3045	
周限增长率(λ) Finite rate of increase						1.3559	
净生殖力(R_0) Net reproduction						20.2479	
单雌平均产卵量 Oviposition per female						37.6032	

表 3 寄生蜂及其寄主实验种群生命表参数的比较
Table 3 Comparison of experimental populations life table parameters of parasitic wasp and their host

生命表参数 Life table parameters	马尼拉陡胸茧蜂 <i>S. manilae</i>	甜菜夜蛾 <i>S. exigua</i>
世代平均历期(T) Generation average period/d	9.8788	40.8556
内禀增长率(r_m) Intrinsic rate of increase	0.3045	0.1522
周限增长率(λ) Finite rate of increase	1.3559	1.1644
净生殖力(R_0) Net reproduction	20.2479	122.0172

表 4 马尼拉陡胸茧蜂对不同密度甜菜夜蛾幼虫的寄生数量
Table 4 Number of *S. exigua* larvae parasitized by *S. manilae* under the different host densities

寄主密度 Host densities (No)/头	寄生数量 Parasitic numbers/头					平均数 Average/头 $\bar{X} \pm S$
	I	II	III	IV	V	
10	7	8	9	5	8	7.40 ± 1.52
20	12	14	14	16	15	14.20 ± 1.48
30	20	19	15	18	17	17.80 ± 1.92
40	24	26	21	23	19	22.60 ± 2.70
50	25	23	26	25	20	21.80 ± 2.39
60	25	23	26	24	23	24.20 ± 1.30

由表 4 和图 1 结果可知,马尼拉陡胸茧蜂单头雌蜂 24h 平均寄生数量随寄主密度增加而增长,但寄主密度达到某一限度时,增长的速度减缓,逐渐趋于一稳定数量水平;根据图 1 的功能反应曲线,可知马尼拉陡胸茧蜂对甜菜夜蛾的寄生曲线符合 Holling II 型模型。在 28℃ 恒温条件下,理论单雌最大寄生量为适龄寄主幼虫 48.78 头。

4 结论与讨论

马尼拉陡胸茧蜂属于幼虫寄生蜂,本文借鉴赤眼蜂生殖力表^[9]的编制思路,成功编制了马尼拉陡胸茧蜂寄生甜菜夜蛾 2 龄幼虫的生殖力表。生殖力表参数的应用为分析马尼拉陡胸茧蜂的控害潜能提供了重要的理论依据。

天敌和害虫实验种群生命表参数的比较和功能反应分析,对于判别天敌的控害潜能是十分重要的。本文研究结果表明,比较甜菜夜蛾和马尼拉陡胸茧蜂的生命表参数,以及功能反应结果,可作如下推断:1 头甜菜夜蛾雌成虫经过 1 个世代(40.8556d)的发育,下 1 代增殖到 122.0172(头);1 头马尼拉陡胸茧蜂雌蜂经过 1 个世代(9.8788d)的发育,下 1 代增殖到 20.2479(头)。可见在甜菜夜蛾 1 个世代期间,马尼拉陡胸茧蜂可以增殖到 $4 \times 20.2479 = 80.9916$ (头)。由功能反应的最大捕食量 $Na_{\max} = 48.78$ (头)可知,经过 4 个世代的马尼拉陡胸茧蜂可以达到的最大捕食总量为 $80.9916 \times 48.78 = 3950.7702 > 122.0172$ (头)。因此,在理论上马尼拉陡胸茧蜂的种群发展速率相对于甜菜夜蛾的种群是超前的,而不是跟随的。但在田间自然状态下观察,马尼拉陡胸茧蜂与甜菜夜蛾的种群发展速率似乎是跟随关系,这是由于马尼拉陡胸茧蜂优先选择寄生甜菜夜蛾 2 龄幼虫,对其他龄期幼虫的寄生率较低,造成马尼拉陡胸茧蜂有 3 个世代的时间缺乏合适的寄主而导致种群衰退,从而出现田间的跟随现象。如何解决马尼拉陡胸茧蜂的超前性种群数量衰退问题,在田间应用中,如何保证适龄寄主的持续供应,克服其对甜菜夜蛾种群的依赖性,发挥其应有的控制作用,将成为今后马尼拉陡胸茧蜂大田应用的主要研究方向。

温度对甜菜夜蛾的生长发育和繁殖影响较大,不同虫期对温度的适应性存在着明显的差异。温度对甜菜夜蛾种群动态的影响,国内外已有报道^[12-15],由于实验种群来源、饲养温度、寄主食料和研究方法的不同,其结果存在一定的差异。虽然温度会影响昆虫的发育历期,但本研究的 2 种昆虫世代历期相差较大是肯定的。如甜菜夜蛾在 28℃ 条件下的世代历期约 22d^[16],同等条件下的马尼拉陡胸茧蜂世代历期(9.8788d)仍然远小于甜菜夜蛾,而出现“超前”现象。因此,并不影响“马尼拉陡胸茧蜂的种群发展速率相对于甜菜夜蛾的种群是超前的”这一判断。

关于马尼拉陡胸茧蜂的研究,卢文华^[17]测定过马尼拉陡胸茧蜂对斜纹夜蛾的寄生效应,在拟合的马尼拉陡胸茧蜂最大捕食量上也有一定差异,但马尼拉陡胸茧蜂寄生斜纹夜蛾的功能反应属于 Holling II 模型与本文结果一致。

References:

- [1] He J H, Shi Z H, Liu Y Q. List of hymenopterous parasitoids of *Spodoptera exigua* (Hübner) from China. Journal of Zhejiang University (Agric&Life Sci.), 2002, 28(5): 473-479.
- [2] Yan J J, Yao D F. The discussion of manner of timely following on nature enemy. Entomological Knowledge, 1995, 32(6): 370-371.
- [3] Birch L C. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. The Journal of Animal Ecology, 1948, 17(1): 15-26.
- [4] Huang C X, Zhu L M, Ni J P, Cao X Y. A method of rearing the beet armyworm *Spodoptera exigua* (Hübner). Entomological Knowledge, 2002, 39(3): 229-231.

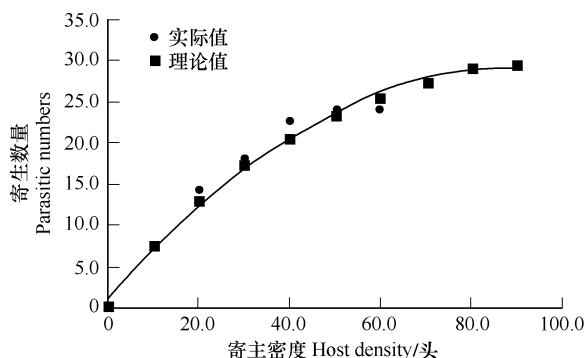


图 1 马尼拉陡胸茧蜂寄生功能反应曲线

Fig. 1 The parasitic functional response curve of *S. manilae*

- [5] Li G H, Chen Q J, Pang Y. Studies of artificial diets for the Beet Armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner). Acta Scientiarum Naturalium Universitatis SUNYatseni, 1998, 37(4):1-5.
- [6] Mu W, Wu K M, Zhang Y J, Guo Y Y, Zhang W J. Studies on rearing technique of *Spodoptera exigua* (Hübner) on artificial diet. Cotton Science, 2002, 14(5):287-290.
- [7] Xu J H, Guan X, Huang Z P. Studies on the artificial diets for Beet Armyworm. Acta Phytophylacica Sinica, 1998, 25(2):133-136.
- [8] Liu J L, Yang B, Lu Y Y, Huang S S. An improvement on life table of experimental population: example from *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter (Hemiptera: Miridae). Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(6):3206-3212.
- [9] Huang S S, Dai Z Y, Wu D Z. The establishment and application of the experimental population life tables of *Trichogramma* spp. on different hosts. Acta Phytophylacica Sinica, 1996, 23(8):209-212.
- [10] Xu R M. Insect Population Ecology. Beijing: Beijing Normal University Press, 1985: 97-100.
- [11] Chen F S, Tan T, Chen Z Q. Studies on the functional response and searching efficiency of *Aphelinus mali* (Haldeman). Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2006, 19(6):1082-1085.
- [12] Lee S D. Effect of temperature on the development of beet armyworm. Reports Rural Devd Administer, 1991, 33(2):58-62.
- [13] Ali A, Gaylor M J. Effects of temperature and larval diets on development of the beet armyworm. Environmental Entomology, 1992, 21(4):780-786.
- [14] Xu J H, Guan X, Huang Z P, Yu Y P. Effects of different temperature on development of laboratory population of *Spodoptera exigua* (Hübner). Plant Protect, 1999, 26(1):20-24.
- [15] Ma J, Chen Y N, Xiao S J, Mo G Z. Effects of temperature on growth of laboratory population of the beet armyworm. Journal of Hunan Agricultural University, 1999, 25(4):308-311.
- [16] Han L Z, Zhai B P, Zhang X Y. Life table of the laboratory population of *Spodoptera exigua* (Hübner) at different temperatures. Acta Entomologica Sinica, 2003, 46(2):184-189.
- [17] Lu W H. The parasitizing effect of *Snellenius manilae* (Ashmead) on *Spodoptera litura* (FABR.). Journal of South China Agricultural University, 1989, 10(4):35-41.

参考文献:

- [1] 何俊华,施祖华,刘银泉. 中国甜菜夜蛾寄生蜂名录. 浙江大学学报农业与生命科学版, 2002, 28(5):473-479.
- [2] 严静君,姚德富. 关于“天敌的跟随现象”的讨论. 昆虫知识, 1995, 32(6):370-371.
- [4] 黄春霞,朱丽梅,倪钰平,曹晓宇. 甜菜夜蛾的饲养方法介绍. 昆虫知识, 2002, 39(3):229-231.
- [5] 李广宏,陈其津,庞义. 甜菜夜蛾人工饲料的研究. 中山大学学报自然科学版, 1998, 37(4):1-5.
- [6] 慕卫,吴孔明,张永军,郭预元,张文吉. 甜菜夜蛾的人工饲养技术. 棉花学报, 2002, 14(5):287-290.
- [7] 徐金汉,关雄,黄志鹏. 甜菜夜蛾人工饲料研究. 植物保护学报, 1998, 25(2):133-136.
- [8] 刘家莉,杨斌,陆永跃,黄寿山. 改进实验种群生命表编制的方法——以黑肩绿盲蝽为例. 生态学报, 2009, 29(6):3206-3212.
- [9] 黄寿山,戴志一,吴达璋. 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.
- [10] 徐汝梅. 昆虫种群生态学. 北京:北京师范大学出版社, 1985: 97-100.
- [11] 陈福寿,谭挺,陈宗麒. 日光蜂寄生功能反应及寻找效应研究. 西南农业学报, 2006, 19(6):1082-1085.
- [14] 徐金汉,关雄,黄志鹏,余月萍. 不同温度对甜菜夜蛾实验种群的影响. 植物保护学报, 1999, 26(1):20-24.
- [15] 马骏,陈永年,肖素娟,莫光珍. 温度对甜菜夜蛾实验种群增长的影响. 湖南农业大学学报, 1999, 25(4):308-311.
- [16] 韩兰芝,翟保平,张孝羲. 不同温度下的甜菜夜蛾实验种群生命表研究. 昆虫学报, 2003, 46(2):184-189.
- [17] 卢文华. 马尼拉陡胸茧蜂对斜纹夜蛾的寄生效应. 华南农业大学学报, 1989, 10(4):35-41.