

亚非草蛉的生物学及其对柑桔潜叶蛾幼虫的捕食效应研究

陈润田 陈育汉 黄明度

(广东省昆虫研究所)

摘 要

在实验室条件下,亚非草蛉的平均发育历期为:卵期3.1天,幼虫8.9天,成虫寿命雌虫101.7天、雄虫61.8天,产卵前期8.4天。每雌虫平均产卵量400.3粒。最大产卵量746粒。产卵高峰期为羽化后的16—24天。亚非草蛉对湿度的适应范围较广,但幼虫的死亡率与湿度的关系大。

亚非草蛉幼虫一生捕食柑桔潜叶蛾幼虫数平均为149.1头,其日捕食量随龄期的增大而增加。温度对草蛉幼虫的捕食效应具有显著的影响,在35℃时达到最高的捕食效应,而在15℃以下和40℃以上,则受到明显的限制。湿度对草蛉捕食潜叶蛾幼虫的影响呈logistic曲线。草蛉对潜叶蛾幼虫密度的功能反应属Holling I型反应。草蛉幼虫对其自身密度的功能反应可用Watt模型模拟。草蛉对潜叶蛾幼虫的捕食作用率随捕食者个体间的相互干扰作用的增加而下降,两者之间的关系随草蛉幼虫数的增加呈幂函数下降曲线。

田间观察及室内试验结果表明,亚非草蛉是柑桔潜叶蛾的一种重要的捕食性天敌。

柑桔潜叶蛾(*Phyllocnistis citrella*)是柑桔新梢期的重要害虫,广泛分布于我国的柑桔产区。据黄明度等研究柑桔潜叶蛾自然种群生命表得知,捕食性天敌是影响其种群数量变动的重要因素。草蛉是柑桔潜叶蛾幼虫的重要捕食性天敌。其中亚非草蛉(*Chrysopa boninensis*)是广州地区柑桔园的优势种群,对柑桔潜叶蛾的种群消长起着很大的作用。

国内外利用草蛉防治棉花和蔬菜害虫已有大量的报道并取得成功。在草蛉的生物学、人工饲养繁殖和农药毒力测定方面亦已有大量报道,草蛉作为生物防治作用物在控制害虫方面也有较多的研究。然而,草蛉作为柑桔潜叶蛾的天敌则未见报道,对草蛉的生态学和行为等方面的研究也极少。本文着重探讨了亚非草蛉幼虫的生物学及其对猎物密度和自身密度的功能反应以及生态因子对捕食作用的影响,以期通过这些研究,为进一步在柑桔潜叶蛾的综合治理中发挥亚非草蛉的作用提供理论依据。

一、材料和方法

1. 试验虫源

亚非草蛉幼虫是经室内繁殖的第3—4代。功能反应试验以及干扰试验前禁食一天。柑桔潜叶蛾幼虫采自柑桔园,幼虫连同被潜食的叶片用胶纸粘附在玻璃圆筒的内壁上供试。

2. 试验条件

所用的玻璃筒为圆柱形,大小为:φ7×10厘米,φ10×10厘米,φ10×20厘米。试验所

用温箱以接触点温度计控制温度,误差不超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$,湿度试验是用KOH配成不同浓度的溶液置于玻璃干燥器内。误差不超过 $\pm 5\%$ 。

3. 亚非草蛉的生物学特性及生活习性

室内作单管饲养和观察。

4. 湿度对亚非草蛉发育及存活率的影响

把所需虫态的草蛉幼虫分别置于不同湿度条件下观察。每处理数7—10头,重复2次。

5. 亚非草蛉幼虫对柑桔潜叶蛾幼虫的捕食能力

从草蛉幼虫孵化之日起,每日计量加入3龄潜叶蛾幼虫,次日统计剩余的食物量,并观察生长发育情况。

6. 对猎物密度的功能反应

每实验容器中分别放入1头二龄亚非草蛉幼虫,每容器的柑桔潜叶蛾幼虫数分别为10、20、30、40、50、60头柑桔潜叶蛾幼虫,重复5次并于24小时后记录剩余幼虫数。

7. 亚非草蛉对自身密度的功能反应

每实验容器中分别放入110头柑桔潜叶蛾幼虫,三龄的亚非草蛉幼虫数分别为每容器1、3、5、7、9头。重复5次,并于24小时后记录剩余幼虫数。

8. 干扰实验

亚非草蛉幼虫密度为每容器1、3、5、7、9头,柑桔潜叶蛾幼虫密度相应为每容器12、36、60、84、108头。重复5次,24小时后记录剩余幼虫数。

实验数据均用FX-702 p袖珍电子计算机处理。

二、结果及分析

1. 亚非草蛉的生物学特性

1) 亚非草蛉的生活史 在温度 $26.4^{\circ}\text{C} \pm 0.9$ 的条件下,卵的平均历期为3.1天。卵的孵化主要在夜间进行。幼虫的平均历期为8.9天,其中一龄幼虫3.2天,二龄幼虫2.4天,三龄幼虫3.3天。蛹的平均历期为9.2天(表1)。

表1 亚非草蛉世代历期(天) (观察数:50头)

Table 1 Life history of *Chrysopa boninensis* (days) (No: 50 individuals)

卵 历 期		幼 虫 期							
		一龄幼虫		二龄幼虫		三龄幼虫		幼虫全期	
范围	平均	范围	平均	范围	平均	范围	平均	范围	平均
3—6	3.1 ± 0.5	3—6	3.2 ± 0.5	2—4	2.4 ± 0.6	2—5	3.3 ± 0.7	7—11	8.9 ± 0.8
蛹 期		产卵前期		完成一世代 历期		性比		试验期间温湿度	
								温度($^{\circ}\text{C}$)	湿度($\%$)
范围	平均	范围	平均	平均数	(♀/♂)	范围	平均	范围	平均
8—15	9.2 ± 1.8	4—15	8.4 ± 3.4	23.8	1:1.27	24.9—28.0	26.4 ± 0.9	79—88	84.9 ± 2.5

2) 亚非草蛉成虫的寿命及生殖力 在温度 $25-28^{\circ}\text{C}$,相对湿度60—80%范围下观察12对亚非草蛉成虫的寿命及生殖力的结果见表2。

从结果可知, 亚非草蛉的雌虫一生产卵量最高达764粒。平均为400.3粒卵。雌虫产卵高峰在羽化后的第16—24天, 产卵持续历期最长为122天, 最短为35天。成虫雄虫寿命较短, 平均为61.83天, 雌虫寿命平均为101.7天。

表2 亚非草蛉成虫的寿命及生殖力 (12对)

Table 2 Preoviposition period, fecundity and longevity of *Chrysopa boninensis*

结 果	产卵前期	产 卵 期	产卵量 (粒/头)	成虫寿命 (天)	
				雄 虫	雌 虫
范 围	4—15	35—122	106—764	17—118	45—155
$\bar{X} \pm SD$	8.42 ± 3.40	82.67 ± 24.69	400.33 ± 172.07	61.83 ± 37.53	101.67 ± 30.59

亚非草蛉成虫虽然具有咀嚼式口器, 但在室内饲以蚜虫、桔全爪螨、潜叶蛾幼虫及柑桔木虱等均未见取食, 田间观察多是以花粉和蜜露为食。

3) 温度对亚非草蛉发育及存活率的影响 湿度对亚非草蛉的发育及存活率的影响见表3。Tauber等(1982)研究湿度对两种草蛉*Chrysopa carnea*和*C. rufilabris*的生殖力、成虫前发育以及存活率的影响, 认为相对湿度是影响草蛉地区分布的主要环境因子, 在生物防治中相对湿度应该考虑作为检验种间的竞争关系以及评价它们作为生物防治作用物时的最基本的非生物因子。从本实验的结果中可知, 湿度对草蛉的卵孵化率以及成虫羽化率的影响并

表3 湿度对亚非草蛉存活率的影响 (每温度试验虫数: 65 ± 5 头)

Table 3 Influence of humidity on survivorship in *Chrysopa boninensis*

试验项目	相 对 湿 度 (%)						
	40	50	60	70	80	90	100
卵孵化率 (%)	76.32	79.22	79.83	77.15	82.74	85.42	77.56
幼虫期存活率 (%)	61.77	64.49	79.48	80.56	79.49	75.30	55.40
羽化率 (%)	81.11	84.75	81.96	92.91	93.81	94.07	85.79
性比 (♀/♂)	1:0.84	1:1.27	1:1.57	1:0.80	1:1.08	1:0.62	1:0.66

不显著 ($P > 0.05$), 而对幼虫的存活率则有较大的影响。变量分析 (Q 检验)的结果表明, 亚非草蛉幼虫存活率在相对湿度60—90%内无差异。在高于90%和低于50%时, 存活率则下降。从结果中还可以知道, 草蛉的性比与湿度的关系不大。亚非草蛉的个体发育能适应较大的湿度范围, 这是与我国华南的气候条件相适应的。

2. 亚非草蛉幼虫对柑桔潜叶蛾的捕食能力

草蛉是广食性的昆虫。在整个幼虫期, 捕食柑桔潜叶蛾二至三龄幼虫最多为179头, 最少为120头, 平均为149.1头。从一龄到三龄中期, 其捕食量的变化是随着草蛉幼虫龄期的增长而捕食量逐渐加大, 日捕食量最大平均为14.4头。但到三龄后期化蛹前, 捕食量下降 (见图1)。

3. 亚非草蛉同龄幼虫对不同年龄的柑桔潜叶蛾幼虫的捕食量

亚非草蛉幼虫对潜叶蛾不同年龄幼虫的捕食量见表4。从表4可知, 草蛉幼虫对不同年龄的猎物是具有一定的选择性的。在同样条件下, 同龄的草蛉幼虫捕食潜叶蛾不同龄幼虫的总物质重量的差异是十分明显的。对柑桔潜叶蛾二龄幼虫的捕食量等于捕食一龄幼虫的4.38倍, 对三龄幼虫增加到11.06倍, 对四龄幼虫则增加达29.29倍。

表 4 亚非草蛉幼虫对潜叶蛾不同年龄幼虫的捕食量

Table 4 Predation quantity to different stage of *P.citrella* larvae by *C.boninensis*

潜叶蛾幼虫期	潜叶蛾幼虫平均重量(毫克/10头)	平均被捕食量(头)	24小时被捕食的物质总重量(毫克)
一龄幼虫	0.04	12.10 ± 2.26	0.48
二龄幼虫	0.19	11.03 ± 3.61	2.10
三龄幼虫	0.64	8.30 ± 2.36	5.31
四龄幼虫	2.28	6.25 ± 2.11	14.06

表 5 温度对草蛉幼虫的捕食效应的影响

Table 5 Influence of temperature on predation efficiency by *C.boninensis*

温度 (T℃)	10	15	20	25	30	35	40
捕食量 Na (头)	1.4	4.1	6.4	6.4	7.8	8.5	4.3

4. 温度对亚非草蛉幼虫捕食柑桔潜叶蛾幼虫的影响

温度影响草蛉幼虫对潜叶蛾幼虫的捕食效应的结果见表 5。

将表中的数据作散点图(见图 2), 捕食效应的变化呈抛物线型:

试验结果表明, 温度对亚非草蛉幼虫捕食潜叶蛾幼虫的效应具有较显著的影响。在 15—35℃ 范围内捕食效应随温度的升高而增加, 在 35℃ 时达到最高值, 而在 40℃ 时, 捕食效应则下降很快。低于 15℃ 时, 草蛉活动减弱, 捕食效应迅速下降(见图 2)。

对上述结果进行变量分析表明, 温度对草蛉幼虫捕食柑桔潜叶蛾幼虫的效应具有十分显著的影响 ($p < 0.01$)。Q 检验表明, 捕食量以 35℃ 时为最大, 在 20—35℃ 范围内捕食量都较高。在温度低于 15℃ 时和高于 40℃ 时, 草蛉的捕食能力下降。在试验中观察到, 草蛉幼虫在 10℃ 时几乎不能取食。这是因为低温影响草蛉的活动能力和持续的高温使草蛉热昏迷甚至死亡, 从而影响其本身的捕食能力。可见草蛉的捕食效应是与温度对其本身的活动能力的影响相一致的。

5. 湿度对亚非草蛉捕食柑桔潜叶蛾幼虫的影响

湿度对亚非草蛉幼虫捕食柑桔潜叶蛾幼虫的影响见表 6。

把表中的试验数据作图(图 3), 湿度对亚非草蛉捕食潜叶蛾幼虫的影响呈 logistic 曲线关系。

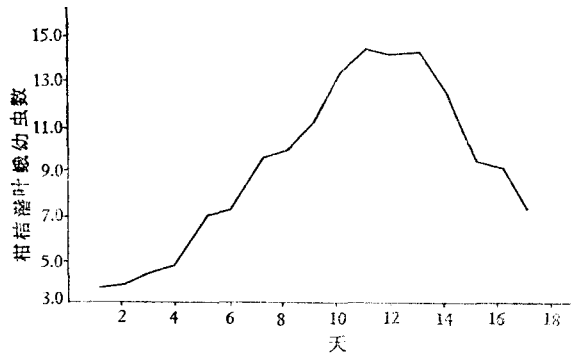


图 1 亚非草蛉幼虫逐日捕食潜叶蛾幼虫数量曲线

Fig. 1 Daily number of prey consumed by larvae of *C.boninensis*

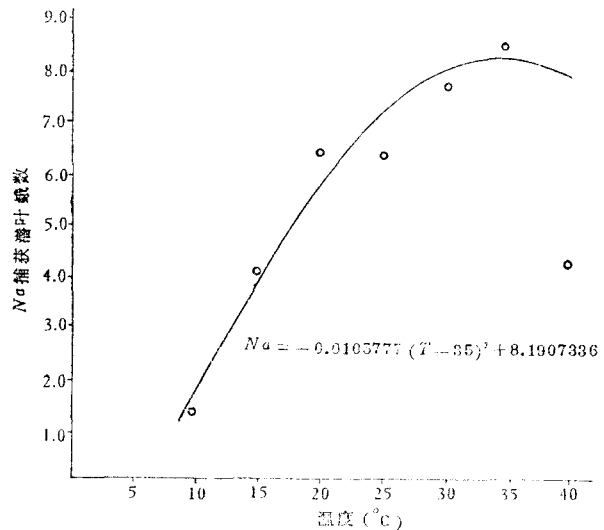


图 2 温度对草蛉捕食潜叶蛾幼虫的影响

Fig. 2 Influence of temperature on predation efficiency by *C.boninensis*

表 6 湿度对亚非草蛉捕食潜叶蛾幼虫的影响

Table 6 Influence of humidity on predation efficiency of *C. boninensis*

相对湿度 (%)	40	50	60	70	80	90	100
捕食量 (头)	5.5	6.2	7.5	7.9	8.2	8.6	8.6

从图 3 可见, 湿度亦影响亚非草蛉幼虫捕食潜叶蛾幼虫的效应, 在一定范围内其捕食量随湿度的增加而增加, 在相对湿度大于 90% 以上时, 其捕食量的增加缓慢。变量分析表明, 在试验的湿度范围内, 除了高湿条件下 (相对湿度 90%, 100%) 与较低的湿度 (相对湿度 40%) 外, 其余的湿度 (相对湿度 50—80%) 下, 草蛉捕食潜叶蛾幼虫量的差异不显著。

6. 对柑桔潜叶蛾幼虫密度的功能反应

根据亚非草蛉幼虫对柑桔潜叶蛾幼虫密度的功能反应的试验结果 (见表 7) 作散点图, 可看出为 Holling II 型反应, 用 Holling 圆盘方程对试验资料进行数学模拟。图 4 所示为以最小二乘法求得的草蛉对潜叶蛾幼虫密度的功能反应的模拟结果。

表 7 亚非草蛉对柑桔潜叶蛾幼虫密度的功能反应

Table 7 The functional response of *C. boninensis* to *P. citralla*

猎物密度 (头)	10	20	30	40	50	60
被攻击猎物数 (头)	5.4	6.6	7.5	7.9	8.4	9.0

对上述结果进行变量分析表明, 亚非草蛉对柑桔潜叶蛾幼虫密度的功能反应差异不显著 ($p > 0.05$)。

7. 亚非草蛉幼虫对自身密度的功能反应

亚非草蛉对自身密度的功能反应的试验结果见表 8。

Watt (1959) 的干扰与竞争模型可较好地描述亚非草蛉幼虫密度的功能反应的试验结果 (见图 5)。从图 5 可以看到, 在固定柑桔潜叶蛾幼虫密度的情况下, 亚非草蛉幼虫的捕食量有随其自身密度的增加而下降的趋势。然而变量分析的结果表明, 在各密度下的捕食量没有明显的差异 ($p > 0.05$)。这可能是, 虽然草蛉幼虫具有自相残食的生物学特性, 但在一定

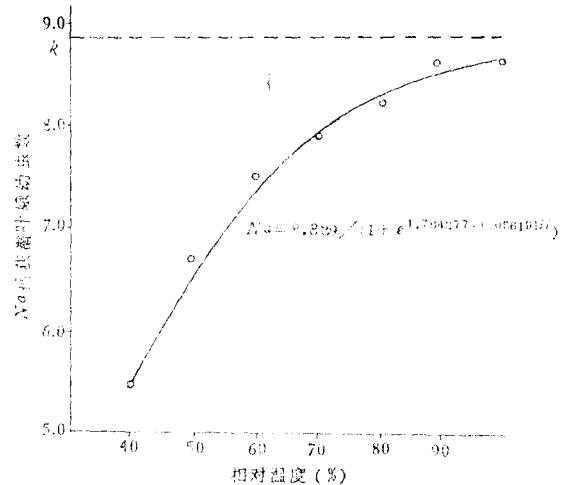


图 3 湿度对亚非草蛉捕食潜叶蛾幼虫的影响

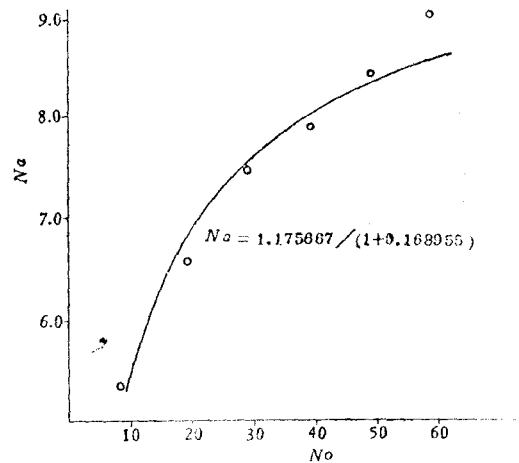
Fig. 3 Influence of humidity on predation efficiency of *C. boninensis*

图 4 亚非草蛉对柑桔潜叶蛾幼虫密度的功能反应

Fig. 4 the functional response of *C. boninensis* to *P. citralla*

表 8 不同草蛉密度对捕食效应的影响

Table 8 The functional response to *C. boninensis* larvae density

草蛉幼虫密度 (P)	1	3	5	7	9
草蛉捕食潜叶蛾幼虫数 (A)	10.6	9.5	9.2	8.7	8.2

的空间活动范围内以及充足的食物条件下, 这种相互间的竞争作用并不是很剧烈的。

8. 相互干扰对亚非草蛉幼虫捕食作用率的影响

捕食者在一定的空间内, 常对邻近同种的其它个体的存在有着明显的反应, 这种相互干扰作用常随捕食者的密度增加而使对猎物的捕食作用率(E)下降。早期模型中, E假定为一常数。即

$$E = Na / (N \cdot P) \quad (a)$$

其中P为捕食者密度, Na为被捕食的猎物数量, N为猎物密度。

而在Holling II型反应中E不再是常数。利用Watt(1959)数学模型对E值模拟:

$$E = QP^{-m} \quad (b)$$

表 9 相互干扰对亚非草蛉幼虫捕食作用率的影响

Table 9 Influence of mutual interference on predation rate of *C. boninensis*

潜叶蛾密度N	12	36	60	84	108
捕食者密度P	1	3	5	7	9
被捕食的猎物数Na	8.6	5.8	4.8	3.3	3.0
捕食作用率E	0.716667	0.483333	0.40	0.2750	0.250

实验数据中各E值可通过方程(a)获得(见表9), 再用方程(b)进行模拟。

得: $Q = 0.7622331$ $m = 0.48112088$

模拟结果可很好地描述实验数据(见图6)。

从图6可见, 随着两者密度的增加, 相互干扰作用愈明显, 捕食作用率下降。

三 讨 论

综上试验结果表明, 亚非草蛉能适应较大的温度和湿度范围, 在一定的温、湿度范围内, 其生长发育及捕食效应无显著影响。这是亚非草蛉在亚热带的柑桔园作为草蛉的优势种群存在的原因之一。

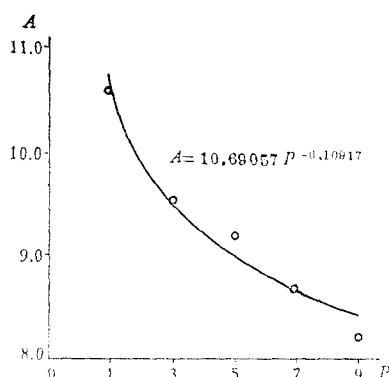


图 5 亚非草蛉幼虫密度的功能反应

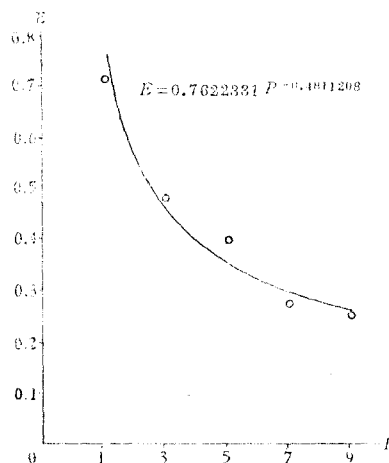
Fig. 5 The functional response to *C. boninensis* larvae density

图 6 相互干扰对亚非草蛉幼虫捕食作用率的影响

Fig. 6 Influence on mutual interference to predation rate of *C. boninensis*

在一定密度范围内, 亚非草蛉捕食效应稳定在某一捕食水平上, 并不由于其自身密度的增加而提高其捕食作用率, 我们进行的田间散放草蛉初步试验结果也显示了这一现象。由此可以认为, 对草蛉的利用, 应以保护为主, 只有在低密度时, 才辅以适量的人工散放。这样, 当能较好地发挥其控制柑桔潜叶蛾的作用。明确草蛉作为柑桔潜叶蛾的重要天敌以及对其生物学, 生态学的研究是有重要的实践意义的。

参 考 文 献

- 刘秀琼, 曾仁光 1981 柑桔潜叶蛾 (*Phyllocnistis citrella*) 幼虫期的描述. 华南农学院学报 2(2):51—55.
- 西北农学院棉虫研究组 1977 草蛉生物学特性及饲养利用的初步研究. 昆虫知识14(3):80—84.
- 武汉师范学院生物系天敌昆虫研究小组 1976 草蛉幼虫对棉花害虫的捕食能力及食物对其个体发育的影响. 昆虫学报 19(3):309—317.
- 赵敬钊 1982 中华草蛉生物学及其种群消长的研究. 昆虫天敌 4(2):31—37.
- Barnes, B.N. 1975 The life history of *Chrysopa zastrowi* Esb.-Pet. (Neuroptera:Chrysopidae). *J. Entomol. Sout. Afr.* 38(1):47—53.
- Brettell, J.H. 1979 Green lacewings (Neuroptera:Chrysopidae) of cotton fields in central Rhodesia. 1. Biology of *Chrysopa boninensis* Okamoto and toxicity of certain insecticides to the larva. *Rhod. J. agric Res.* 17:141—150.
- 1982 Green lacewings (Neuroptera:Chrysopidae) of cotton fields in certra Zimbabwe. 2. Biology of *Chrysopa congrua* Walker and *C. pudica* Navas and toxicity of certain insecticides to their larvae. *Zimbabwe J. agric. Res.* 20:77—83.
- Hassell, M.P. and G.C. Varley 1969 New inductive population model for insect parasitism and its bearing on biological control. *Nature. lond.* 223:1133—1137.
- Holling, C.S. 1959a The componets of predation as revealed by a stuty of small mammal predation of the European pine sawfly. *Can. Ent.* 91:293—320.
- 1959b Some characteristics of simple type of predation and parasitism. *Can. Ent.* 91:385—398.
- Morris, R.F. 1963 The effect of predator age and prey defense on the funtional response of *Podisus maculiventris* Say to the density of *Hyphantria cunea* Drury. *Can. Ent.* 95:1009—1020.
- Nanta, B. and S. Pathomrat 1976 Study on life history and predation efficiency of green lacewing, *Chrysopa basalis* Walker. *Thai. Agr. Sci.* 9:165—179.
- Ridgway, R.L. 1968 Field-cage releases of *Chrysopa carnea* for supression of populations of the bollworm and tobacco budworm on cotton. *J. Econ. Entomol.* 61:892—898.
- Ru, N. et al. 1975 Biology of *Chrysopa lanata* (Neuroptera:Chrysopidae). *Ann. Ent. Soc. Am.* 68(2):187—190.
- Solomon, M.E. 1949 The natural control of animal populations. *J. Anim. Ecol.* 18:1—35.
- Tauber, M.J. and C.A. Tauber 1983 Life history traits of *Chrysopa carnea* and *Chrysopa rufilabris* (Neuroptrea:Chrysopidae) influence of humidity. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 76(2):282—285.
- Tao Chia-chu and Shui-Chen Chiu 1971 Biological control of citrus, vegetables and tobacco aphids. *Taiwan Agr. Res. Inst. Spec.* (10):36—81.
- Tulisalo, U. and T. Tuovinen 1975 The green lacewing *Chrysopa carnea* Stephens (Neuroptera:Chrysopidae) used to control the green peach aphid *Myzus persicae* Sulzer and the patato aphid *Macrosiphum euphorbiae* Thomas (Homoptera:Aphididae) on greenhouse green peppers. *Ann. Entomol. Fenn.* 41(3):14—102.
- Tulisalo, U. et al. 1977 Biological control of aphids with *Chrysopa carnea* on parsley and green pepper in the greenhouse. *Ann. Entomol. Fenn.* 43(4):97—100.
- Watt, K.E.F. 1959 A mathenmatial model for the effect of densities of attacked and attacking species on the number attacked. *Can. Ent.* 91(3):129—144.

BIOLOGY OF GREEN LACEWING *CHRYSOPA BONINENSIS* AND ITS PREDATION EFFICIENCY TO CITRUS LEAF-MINER *PHYLLOCNISTIS CITRELLA*

Chen Runtian Chen Yuhan Huang Mingdu

(Guangdong Entomological Institute)

The life history and the predation efficiency of *Chrysopa boninensis* was studied under laboratory condition. The mean duration of the eggs required 3.1 days to hatch, the 1st instar lasted 3.2 days, the 2nd 2.4 days, and the 3rd 3.3 days, giving a larval stage of 8.9 days. The pupal stage lasted 9.2 days. Males lived a mean of 61.8 days and females a mean of 101.7 days. The pre-oviposition period averaged 8.4 days. A mean of 400.3 eggs was laid by each female, the maximum being 746 eggs. Females laid the greatest number of eggs during the period from 16—24 days after emergence. *C. boninensis* was well adapted to wide variety of relative humidity and only the percentage of cocooning was affected by humidity.

An average of 149.1 larvae of the citrus leaf-miner, *Phyllocnistis citrella*, were consumed with each green lacewing larva, with the increase of age of larvae the predation capacity was gradually increased. The optimum temperature for the predation efficiency is 35°C, under 15°C and over 40°C, it was very low. The result can be described by the following equation:

$$N_a = 0.0105775(T - 35)^2 + 8.1907336$$

The effect of humidity on the predation efficiency can be described by using Logistic curve:

$$N_a = 8.829 / (1 + e^{1.784277 - 0.056191H})$$

The functional response of the green lacewing to citrus leaf-miner was the Holling's II type, which can be described by using Holling's disc equation:

$$N_a = 1.1756671N / (1 + 0.1689855N)$$

Mutual interference affected the predation efficiency of *C. boninensis*. The functional response to itself density can be described by using Watt's equation:

$$A = 10.6905696p^{-0.1091787}$$

and the predation rate was:

$$E = 0.7622331p^{-0.4811209}$$