

温度对深点食螨瓢虫实验种群的影响

沈妙青 郭振中^u 熊继文
(贵州农学院植保系 贵阳 550025)Q969.496.8
S474.2

摘要 在5种温度下观察了深点食螨瓢虫各虫态的生长发育及成虫产卵的情况,由此拟合了各虫态的发育速率和温度的关系模型,求出了各阶段的发育起点温度和有效积温,组建了4种温度下的实验种群繁殖特征生命表,并算出了内禀增长能力、稳定年龄组配、瞬时出生率和瞬时死亡率等参数值。

关键词: 深点食螨瓢虫,种群,发育,生命表,温度。

INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE EXPERIMENTAL
POPULATION OF *Stethorus punctillum*

Shen Miaoqing Guo Zhenzhong Xiong Jiwen

(Department of Plant Protection, Guizhou Agricultural College, Guiyang, 550025, China)

Abstract The growth of each developmental stage and oviposition of adults of *Stethorus punctillum* were observed under five constant temperatures. From this, we fitted the models for the relationship between developmental rate and temperature, and calculated threshold temperature and effective accumulative temperature for each stage. we established fertility tables of experimental populations of *S. punctillum*, and at each temperature computed the intrinsic rate of natural increase, stable age distribution, instantaneous birth rate and instantaneous death rate, etc.

Key words: *Stethorus punctillum*, population, development, fertility table, temperature.

食螨瓢虫(*Stethorus* Weise, Coccinellidae)是叶螨的重要天敌,其种类多,分布广,遍布古北区、东洋区、澳洲区、新北区和热带区^[1]。许多国家结合当地的实际种类对食螨瓢虫在基础研究和田间应用等方面作了大量的工作。中国^[2-5],美国^[6-7],加拿大^[8]和意大利^[9]等十多个国家都对食螨瓢虫的生物学进行了详细研究。田间应用的不少实例显示了食螨瓢虫在控制叶螨中的良好效果和可喜的发展前景^[2,10-15]。其中较有代表性的有:黄邦侃等在1983~1986在福州成功地进行了腹管食螨瓢虫(*S. siphonulus* Kapur)的保护利用和移殖释放控制全爪螨(*Panonychus citri* McGregor)的试验,示范面积133.3多公顷,取得了明显的经济和生态效益^[10]。在意大利利用深点食螨瓢虫(*S. punctillum* Weise)很好地控制了苹果全爪螨(*P. ulmi* (Koch))的发生^[13]。在美国的宾夕法尼亚州于1971~1976年间利用斑点食螨瓢虫(*S. punctum* Leconte)有效地控制了苹果叶螨,并在苹果叶螨防治计算机决策系统中最大限度地利用了斑点食螨瓢虫的自然控制作用^[10]。正因为食螨瓢虫在田间应用中的良好表现,使得美国等国家从国外引种利用^[10-15]。

收稿日期:1996-02-02,修改稿收到日期:1996-08-02。

在生态学领域较多的工作集中在食螨瓢虫的功能反应^[4,17,18],数值反应^[19],选择反应^[20],空间分布型^[21]及取样方法^[22]和捕食活动中时间分配^[23]等。上述研究显然都很必要,但是食螨瓢虫作为变温动物,温度对它的一切生命活动都有直接的作用。所以,研究温度对食螨瓢虫的影响既有理论价值又有实际意义。然而这方面的比较系统报道却很少^[24~26]。有关报道一般只涉及某些温度对食螨瓢虫某些生命阶段的影响,且均未涉及深点食螨瓢虫。深点食螨瓢虫是国内外许多地方的优势种,很有利用价值。

本文在多个温度下,系统地观察深点食螨瓢虫的生长发育情况,进行了全温区的模拟分析,还采用多个温度下生命表研究了该种瓢虫的增殖能力与温度的关系。以更加全面地反映温度对此瓢虫的影响,这对预测其发生、发展的动态,更好地在叶螨的生物防治和综合治理中利用这种天敌将起到积极的作用。

1 材料与方法

试验分别在19℃、22℃、25℃、28℃和31℃5种温度下进行,温差幅度为±0.5℃,相对湿度约8%,每天给予13h光照。

各处理均用同一天产的卵,在19℃到31℃5种温度供试的卵数分别为38、33、45、43和41粒。卵到成虫羽化期间每天观察两次(8:00和20:00),记载卵孵化数及幼虫蜕皮、化蛹和死亡等情况。并在20:00观察时更换饲料,饲料是新鲜的桔全爪螨,数量充足。幼虫饲养在试管中,每管一头,成虫羽化后在双目解剖镜下分辨雌雄,配对后饲养在约150cm³的四周带通气孔的塑料盒内,每盒1对。每天在20:00记录产卵数和存活情况,并更换饲料。饲料种类同上,观察直到全部成虫死亡。

2 结果与分析

2.1 温度对生长发育的影响

2.1.1 温度对发育历期的影响 比较深点食螨瓢虫在5种温度下的发育历期(表1)可知,在19~31℃范围内卵期,一龄到三龄幼虫的发育历期几乎都是随温度的升高而缩短,其它各发育阶段在温度由28℃升到31℃时历期反而延长。

深点食螨瓢虫各个发育阶段的发育起点温度和有效积温见表2。

表1 不同温度下深点食螨瓢虫的平均发育历期(d)

Table 1 Average development time for *S. punctillum* at different constant temperatures

温度(℃) Temperature	卵期 Egg	幼虫 Larva				幼虫期 Whole lar- va stage	蛹期 Pupa	产卵前期 Preoviposi- tion period	世代 Generation
		1龄 1st instar	2龄 2nd instar	3龄 3rd instar	4龄 4th instar				
19	5.53	4.27	3.56	3.69	5.55	17.07	8.89	12.80	47.29
22	6.15	3.40	2.18	2.78	4.55	12.91	6.70	9.40	35.16
25	4.81	2.97	2.03	2.26	3.31	10.57	4.77	5.75	25.90
28	3.70	1.60	1.51	6.63	2.91	7.65	3.56	5.07	19.98
31	3.16	1.62	1.28	1.38	3.53	7.81	4.37	6.00	21.34

表2 深点食螨瓢虫各发育阶段的发育起点温度和有效积温

Table 2 Developmental threshold (DT) and day-degree (DD) requirements for life stages of *S. punctillum*

发育阶段 Life stage	发育起点温度(℃) DT	有效积温(日度) DD	r
卵期 Egg	12.31	59.07	0.99**
幼虫期 Larva	10.75	145.58	0.97**
蛹期 Pupa	13.71	52.04	0.99**
产卵前期 Preoviposition period	14.06	67.94	0.98**
世代 Generation	11.36	368.43	0.95**

* * 极显著。

2.1.2 温度与发育速率的关系

根据表1中的数据,先将发育历期(N)换算成发育速率(V), $V=1/N$ 。然后用 Logistic 方程拟合深点食螨瓢虫各虫态的发育速率和温度的关系如下,其曲线参见图1~图5。

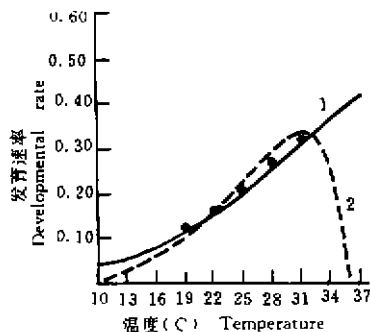


图1 深点食螨瓢虫卵期发育速率与温度的关系
Fig. 1 Relationship between egg developmental rate of *S. punctillum* and temperature
1, Logistic; 2, 王如松等人的模型
Model of Wang Rusong *et al*

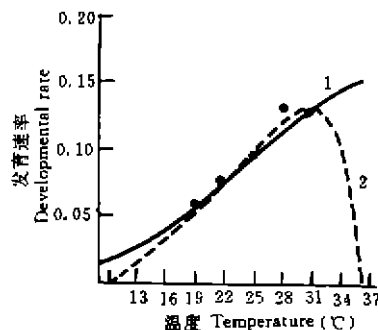


图2 深点食螨瓢虫幼虫期发育速率与温度的关系
Fig. 2 Relationship between larva developmental rate of *S. punctillum* and temperature
图例同图1 Legend see Fig. 1

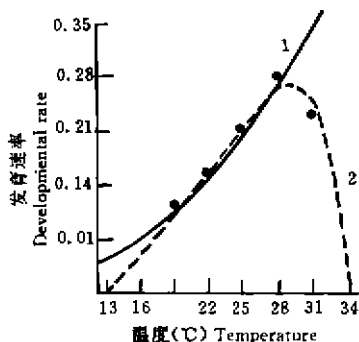


图3 深点食螨瓢虫蛹期发育速率与温度的关系
Fig. 3 Relationship between pupa developmental rate of *S. punctillum* and temperature
图例同图1 Legend see Fig. 1

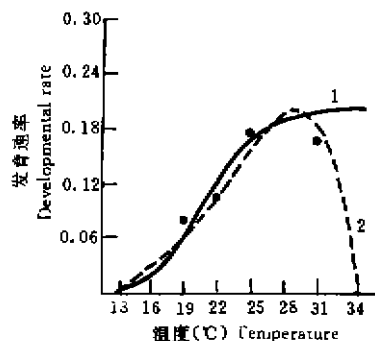


图4 深点食螨瓢虫产卵前期发育速率与温度的关系
Fig. 4 Relationship between developmental rate of preoviposition period of *S. punctillum* and temperature
图例同图1 Legend see Fig. 1

卵 期 $V=0.5421/[1+\exp(3.8669-0.1365t)]$ ($r=0.99^{**}$)

幼 虫 期 $V=0.1732/[1+\exp(3.6756-0.1588t)]$ ($r=0.96^{**}$)

蛹 期 $V=0.6552/[1+\exp(4.3482-0.1442t)]$ ($r=0.99^{**}$)

产卵前期 $V=0.2035/[1+\exp(9.2283-0.4485t)]$ ($r=0.98^{**}$)

世 代 $V=0.1053/[1+\exp(4.1187-0.1431t)]$ ($r=0.99^{**}$)

上述 Logistic 方程较好地描述了深点食螨瓢虫的发育速率在较低温度下随温度增加而升高,在较高温度下随温度增加而逐渐趋于平缓的情况,但不能反映出高温下发育速率下降的特征。在此进一步采用王如松等提出的全面反映昆虫发育速率与温度关系的复合数字模型^[17]来拟合。

$$V(T)=\frac{K}{1+\exp[-r\cdot(T-T_o)]}\cdot\left[1-\exp\left(-\frac{T-T_L}{\delta}\right)\right]\left[1-\exp\left(-\frac{T_H-T}{\delta}\right)\right]$$

其中, K 为高温下潜在的饱和发育速率, r 是发育速率随温度变化的指数增长率, T_L 、 T_H 各为最低、最高临界发育温度, T_o 为最适发育温度; δ 为边界层的宽度,其相对大小反映了昆虫对极端温度的不同忍耐程度。

以表1算得的发育速率(V),采用 Marquardt 阻尼最小二乘法迭代,得出了上述模型中各参数值(表3),并由计算机作拟合曲线图(图1~图5)。模拟结果显示深点食螨瓢虫从卵期到产卵前期最高临界发育温度在34.19~35.68℃之间,超过此温区将不再发育;最低临界发育温度在9.74~12.20℃之间;最适发育温度在24.96~26.11℃之间。从整个世代看,其最低临界发育温度,最适发育温度和最高临界发育温度分别为10.02℃、26.22℃和34.02℃。

表3 王如松等(1982)关于昆虫发育速率与温度关系模型的参数估计

Table 3 Evaluation of parameters of the model by Wang Rusong *et al.*(1982) about the relationship between insect developmental rate and temperature

发育阶段 Life stage	K	r	T_0	T_L	T_H	δ	Q
卵期 Egg	0.52	0.19	26.11	10.39	35.61	2.16	2.78×10^{-4}
幼虫期 Larva	0.21	0.16	24.96	9.74	35.68	2.44	1.29×10^{-4}
蛹期 Pupa	0.51	0.17	26.10	12.40	34.19	2.61	9.74×10^{-5}
产卵前期 Preoviposition period	0.35	0.22	25.00	12.20	34.29	3.01	3.58×10^{-4}
世代 Generation	0.09	0.17	26.22	10.02	34.02	1.93	7.72×10^{-4}

注:Q——观察值与估计值的均方根误差。The mean square deviation of observed value and estimate value

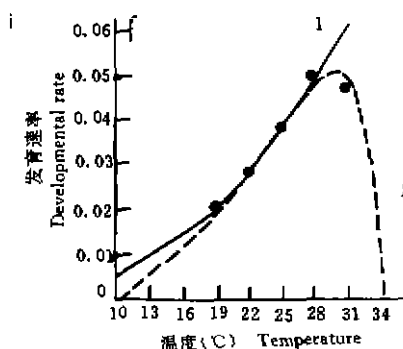


图5 深点食螨瓢虫世代发育速率与温度的关系。

Fig. 5 Relationship between generation developmental rate of *S. punctillum* and temperature.

图例同图1 Legend see Fig. 1

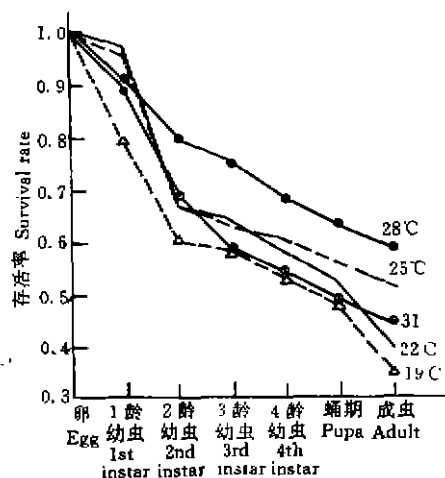


图6 深点食螨瓢虫的存活率与温度的关系

Fig. 6 Relationship between survival rate of *S. punctillum* and temperature

2.2 温度对存活率的影响

实验表明,深点食螨瓢虫的存活率与温度有着密切的关系(图6)。由图6可知,卵的孵化率在22℃和25℃以下高,分别为97.0%和95.6%,并且在3龄幼虫以前两温度下的存活率很接近。由于22℃下蛹期的存活率明显地低于25℃,所以发育到成虫时,25℃下的存活率(51.1%)要显著地高于22℃(39.4%)。28℃下尽管卵的孵化率(90.7%)要低于22℃和25℃,但以后各期的存活率较高,最终发育到成虫时的存活率最高(58.1%)。19℃下卵孵化率和1龄幼虫的存活率都低,分别为79.0%和76.7%,发育到成虫时的存活率仅为34.2%。可见,低温可以通过降低未成熟期的存活率而不利于深点食螨瓢虫种群的增长。

2.3 4种温度下的繁殖特征生命表

2.3.1 内禀增长能力 r_m 的计算 由试验资料,根据 Birch 和吴坤君的方法^[28]组配了深点食螨瓢虫在22℃、25℃、28℃和31℃的实验种群繁殖特征生命表。本文仅列出28℃的生命表为代表(表4)。

表4 28℃下深点食螨瓢虫实验种群生殖力表

Table 4 Fertility table for experimental population of *S. punctillum* at 28℃

年龄(d) Age x	存活率 Survival rate L_x	平均产雌数 Mean female offsprings m_x	$L_x m_x$	$x L_x m_x$
0	1.0000	0	0	0
16.5	0.5581	0	0	0
19.5	0.5581	4.50	2.5115	48.9733
22.5	0.5581	12.75	7.1158	160.1049
25.5	0.5581	4.75	2.6510	67.5999
28.5	0.5581	3.00	1.6743	47.7176
31.5	0.5023	5.94	2.9837	93.9854
34.5	0.5023	4.84	2.4311	83.8741
37.5	0.4465	5.31	2.3709	88.9093
40.5	0.4465	6.25	2.7906	113.0203
43.5	0.4465	5.47	2.4424	106.2424
46.5	0.3907	4.06	1.5862	73.7603
49.5	0.3907	5.31	2.0746	102.6935
52.5	0.3907	2.03	0.7931	41.6389
55.5	0.3907	0.94	0.3673	20.3828
58.5	0.3907	0.94	0.3673	21.4846
61.5	0.3349	3.54	1.1855	72.9111
64.5	0.3349	3.33	1.1152	71.9315
67.5	0.2791	1.88	0.5247	35.4178
70.5	0.2791	0.21	0.0586	4.1321
73.5	0.2791	0.63	0.1758	12.9237
76.5	0.2791	1.88	0.5247	40.1402
79.5	0.2791	1.25	0.3489	27.7356
82.5	0.2791	1.46	0.4075	33.6176
85.5	0.2791	0.63	0.1758	15.0337
88.5	0.2233	0.33	0.0737	6.5215
91.5	0.1675	0.25	0.0419	3.8316
94.5	0			
Σ			36.7921	1394.5837

4种温度下,瓢虫种群的内禀增长能力、周限增长率、净增殖率和世代平均周期见表5。从表中可知,28℃时种群内禀增长能力 r_m 最大,其它温度依次为31℃、25℃和22℃。25℃时雌虫各生殖力指标均高于28℃或31℃,但28℃或31℃的 r_m 都比25℃的大,这是因为内禀增长能力不仅与昆虫的产卵量有关,而且还取决于它的存活率、发育速率和产卵速率。4种温度下,食螨瓢虫的内禀增长力与温度的关系可用王如松等提出的模型模拟,估计的参数如下,拟合曲线见图7。

$$\begin{array}{lll}
 K=0.34 & r=0.31 & T_o=27.33 \\
 T_L=9.99 & T_H=32.95 & \delta=4.88
 \end{array}$$

其观察值与估计值的均方根误差为 1.51×10^{-4} 。

从模拟结果可看出,对内禀增长能力来说其有效温度约在10~33℃之间,而其最适温度为27.33℃。

2.2.2 稳定年龄组配和瞬时出生率、瞬时死亡率 在一定的环境条件下,每个昆虫种群在不同发育阶段都有特定的死亡率和出生率,如果一个昆虫种群始终在恒定的环境中繁衍,食物等不受限制,也不受同种其它个体和异种生物(包括天敌)的影响,那么最终该种群将达到一个稳定的年龄分布,这时它的瞬时出生率和瞬时死亡率才趋于恒定,两者之差就是该种群的瞬时增长速率,即内禀增长能力。因此,在测定种群的内禀增长能力时,有必要说明种群的稳定年龄组配和瞬时出生率、瞬时死亡率。

表6是按 Birch 的方法和有关公式计算出了4种温度下深点食螨瓢虫实验种群稳定年龄组配、瞬时出生率和瞬时死亡率。由表可知,各温度下深点食螨瓢虫的卵期和幼虫期所占的比例最大,成虫期次之,蛹最小。幼虫期是发挥捕食作用的最重要时期,其比例大,说明其总体捕食量大。

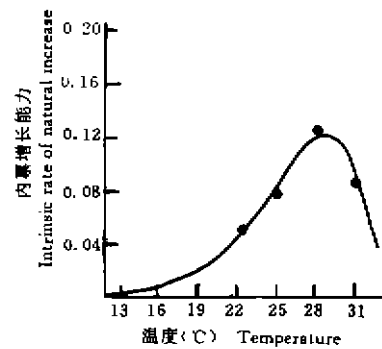


图7 深点食螨瓢虫的内禀增长能力和温度的关系
Fig. 7 Relationship between the intrinsic rate of natural increase of *S. punctillum* and temperature

表5 不同温度下深点食螨瓢虫实验种群生命表参数

Talbe 5 Life table parameters of experimental population for *S. punctillum* at different constant temperatures

温度(°C) Temperature	近似 r_m Approximate r_m	精确 r_m Exact r_m	λ	T	R_0
22	0.0366	0.0511	1.0524	92.2843	29.3466
25	0.0405	0.0769	1.0799	94.9746	46.7981
28	0.0951	0.1234	1.1313	37.4409	36.7921
31	0.0795	0.0839	1.0875	27.1954	8.6838

表6 不同温度下深点食螨瓢虫实验种群稳定年龄组配和瞬时出生率(b)、瞬时死亡率(d)

Talbe 6 Stable age distribution, instantaneous natality and instantaneous mortality for the experimental population of *S. punctillum* at different constant temperatures

温度(°C) Temperature	b	d	各发育期在稳定年龄组配中所占的比例(%) Proportion of each life stage in the stable age distribution			
			卵 Egg	幼虫 Larva	蛹 Pupa	成虫 Adult
22	0.8001	0.7490	37.72	37.10	7.93	17.24
25	1.2057	1.1288	34.13	42.22	6.89	16.76
28	0.5644	0.4410	43.23	38.01	6.69	12.07
31	0.5055	0.4216	37.11	38.38	10.20	14.32

参 考 文 献

- 1 庞雄飞. 广东拱颞瓢虫属新种记述. 动物分类学报, 1996 (3): 67~70
- 2 曹赤阳, 束春娥. 食螨瓢虫生物学特性及其对红叶螨控制作用的初步观察. 江西农业科技, 1982 (1): 27~30
- 3 江汉华, 陈晓社, 刘忠平等. 深点食螨瓢虫 *Stethorus punctillum* Weise 生物学研究. 湖南农学院学报, 1984 (2): 17~22
- 4 朱文炳, 何洪俊, 鲍庆才. 食螨瓢虫生物学及生态学特性研究. 西南农业大学学报, 1988, 10(2): 193~198

- 5 沈妙青,郭振中,熊继文.深点食螨瓢虫的生物学特性研究.贵州农学院学报,1994,13(1),32~35
- 6 Colburn R B and Asquith D. Observations on the morphology and biology of the ladybeetle *Stethorus punctum*. *Ann. entomol. Soc. Am.* 1971,64:1217~1221
- 7 Oatman E R, Badgley M E and Plarner G R. Predators of the two-spotted spider mite on strawberry. *California Agriculture*, 1985,39,9~12
- 8 Putman W L. The bionomics of *Stethorus punctillum* Weise (Coleoptera: Coccinellidae) in Ontario. *Can. Entomol.* 1955, 87,9~23
- 9 Pasualini E and Antropoli A. *Stethorus punctillum*. *Informatore Fitopatologico*, 1994,44(5),33~36
- 10 黄邦侃,罗肖南,宋寿龄.利用腹管食螨瓢虫控制柑桔全爪螨的研究.植物保护学报,1988,15(1),1~6
- 11 杨孝龙,沈妙青,郭振中等.贵州食盾蚧瓢虫、食螨瓢虫及其保护利用研究.贵州农学院学报,1992,11(2),47~57
- 12 李隆术,何洪俊,郭依泉.四川食螨瓢虫田间发生规律研究.西南农业大学学报,1988,10(4),199~204
- 13 Pasqualini E, Malavolta C and Minelli A. Effectiveness of *Stethorus punctillum* Weise (Coleoptera: Coccinellidae) as a predator of *Panonychus ulmi* Koch (Acarina: Tetranychidae) on apple at different times of year. *Bollettino dell'Istituto di Entomologia della Universita degli Studi di Bologna*, 1987,41,277~283
- 14 Haney P B, Luck R F and Moreno D S. Increases in densities of the citrus red mite, *Panonychus citri* (Acarina: Tetranychidae), in association with the Argentine ant *Iridomyrmex humilis* (Hymenoptera: Formicidae), in southern California citrus. *Entomophaga*, 1987,32(1),49~57
- 15 Charles J G, Collyer E and White V. Integrated control of *Tetranychus urticae* with *Phytoseiulus persimilis* and *Stethorus bifidus* in commercial raspberry gardens. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*, 1985,13(4),385~393
- 16 Gordon R D. *Stethorus nigripes* Kapur new to North America, and a new synonym in *Stethorus* Weise (Coleoptera: Coccinellidae). *Southwestern Entomologist*, 1993,18(1),67~68
- 17 罗肖南,张晓慧,林态礼.腹管食螨瓢虫对桔全爪螨食量及功能反应.福建农学院学报,1989,18(1),42~49
- 18 Larry A H, Asquith D and Mowery P D. The functional responses of *Stethorus punctum* to densities of the European red mite. *Environmental Entomology*, 1977,6(1),85~90
- 19 Orman T and Bakanligi K. Studies on interaction between damage to apple by the buckthorn red spider mite, *Tetranychus viennensis* Zacher (Acarina: Tetranychidae) and its predator *Stethorus punctillum* Weise (Coleoptera: Coccinellidae). *Arastima Yayinlari Serisi Yayin*, 1989,60:92
- 20 Houck M A. Prey preference in *Stethorus punctum* (Coleoptera: Coccinellidae). *Environmental Entomology*, 1986,15(4),967~970
- 21 沈妙青,郭振中,熊继文.深点食螨瓢虫空间格局的研究.贵州农业科学,1994(5),1~5
- 22 江国强,罗肖南.腹管食螨瓢虫、桔全爪螨种群空间分布型及其混合种群抽样技术的研究.生态学报,1989,9(3),277~279
- 23 Houck M A. Time and resource partitioning in *Stethorus punctum* (Coleoptera: Coccinellidae). *Environmental Entomology*, 1991,20(2),494~497
- 24 Peterson P G, McGregor P G, Springett B P et al. Development of *Stethorus bifidus* in relation to temperature; implications for regulation of gorse spider mite populations. *Proceedings of the Forty Seventh New Zealand Plant Protection Conference*, Waitangi Hotel, New Zealand, 9~11 August, 1994, 103~106
- 25 Shih C I T, Lin P J and Chang T W. Biology, predation, life table and intrinsic rate of increase of *Stethorus loi* Sasaji. *Plant Protection Bulletin Taipei*, 1991,33(3),290~300
- 26 Ahmed Z I and Ahmed R F. Biological studies of predators *Stethorus gilvifrons* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) on the strawberry mite *Tetranychus turkestanii* Ugarov and Nikolski (Acariformes: Tetranychus). *Journal of Biological Science Research*, 1989,20(1),22~33
- 27 王如松,兰仲雄,丁岩钦.昆虫发育速率与温度关系的数学模型研究.生态学报,1982,2(1),47~56
- 28 吴坤君,陈玉平,李明辉.温度对棉铃虫实验种群生长的影响.昆虫学报,1980,23(4),358~368