

温度对真水狼蛛发育和繁殖的影响

彭 宇^{1*}, 赵敬钊¹, 刘凤想¹, 胡 萃²

(1. 湖北大学生命科学学院, 武汉 430062 2. 浙江农业大学植保系, 杭州 310029)

摘要 报道了温度对真水狼蛛发育和繁殖的影响。在 20~32℃ 恒温条件下, 随着温度的升高历期逐渐变短。真水狼蛛在武汉地区一年可发生 2~3 代。幼蛛发育到成熟所需蜕皮次数与温度有关, 在各种温度下, 均以蜕皮 6 次的个体最多。28℃ 恒温条件下, 产卵率最高, 孵化率最高, 30℃ 下单雌产卵量最大。母蛛携带幼蛛的时间随温度的升高而缩短。根据真水狼蛛在 6 种恒温下的幼蛛存活率、雌蛛产卵率、产卵量和孵化率组建了真水狼蛛在不同温度条件下的实验种群增长表。在 6 种温度下, 其种群数量均呈上升趋势, 其中以 28℃ 时种群数量增长最快, 繁殖一代种群数量可增加 73.52 倍。

关键词 真水狼蛛; 发育; 繁殖力; 温度

Effect of temperature on postembryonic development and fecundity of *Pirata piraticus*

PENG Yu¹, ZHAO Jing-Zhao¹, LIU Feng-Xiang¹, HU Cui² (1. School of Life Science, Hubei University, Wuhan 430062, China 2. Department of Plant Protection, Zhejiang Agricultural University, Hangzhou 310029, China)

Abstract The postembryonic development and fecundity of *P. piraticus* were investigated at 6 constant temperatures. At 20~32℃, the duration shortened with rising of temperature. In Wuhan area, the spider happened 2~3 generations in one year. The molting times of the spider was influenced by temperature and most of the spider molted 6 times. Both ovipositing rate and hatching rate were the largest at 28℃, while the biggest number of eggs laid by one female occurred at 30℃. When temperature rose from 20℃ to 35℃, the maternal spiders carried their spiderlings for a shorter period. A table for growth index of experimental population was given and the highest growth index was at 28℃.

Key words *P. piraticus*; postembryonic development; fecundity; temperature

文章编号: 1000-093X(2000)04-0177-07 中图分类号: Q895 文献标识码: A

在众多的环境因子中, 温度是影响动物发育、存活和繁殖力的主要因子^[1]。研究温度对蜘蛛发育和繁殖的影响对于蜘蛛的人工饲养、了解蜘蛛的种群动态及保护利用蜘蛛控制害虫具有十分重要的意义^[2]。真水狼蛛 *Pirata piraticus* 是稻田生态系统中常见的害虫天敌^[3], 常瑾等研究了其对稻褐飞虱 *Nilaparvata lugens* 的捕食作用^[4]。本文报道了温度对其发育和繁殖的影响。

1 材料与方法

1.1 温度对发育的影响 从田间采回真水狼蛛成蛛, 室温饲养在玻璃指管内(12cm × 4cm), 喂以果蝇 *Drosophila* sp.、摇蚊 *Tendipes* sp. 等。雌雄配对, 以待雌蛛产卵。当幼蛛从卵袋爬出后, 立即将雌蛛和爬至体上的幼蛛一起转移到不同温度的恒温箱内, 温箱内的相对湿度控制在 60%~80%。待幼蛛分散开始营独立生活时, 任意挑选 50 头进行单管饲养, 食物为果蝇和摇蚊。每天清洗玻璃指管, 记载幼蛛的蜕皮日期、发育历期、存活状况等。

* 现在南京农业大学植物保护系博士后流动站工作, 邮编 210095

收稿日期: 1998-12-04; 修订日期: 1999-08-04

作者简介: 彭宇(1967~), 男, 湖北江陵人, 副教授。主要从事害虫生物防治及天敌抗药性研究。

1.2 温度对繁殖的影响 从田间采回真水狼蛛亚成蛛,在室温下饲养,待脱下最后一次皮后,雌雄配对。24h 后,将雌、雄分开,并将雌蛛放在与历期试验相同的恒温箱内,喂以果蝇和摇蚊等。每天喂食、喂水 1 次,检查并记载产卵情况。

2 结果与分析

2.1 温度对真水狼蛛发育的影响

2.1.1 温度对幼蛛发育历期的影响 在所试验的各种温度下均以 2 龄幼蛛的历期为最长,1 龄为最短,其历期长短顺序为 2 龄>6 龄>5 龄>4 龄>3 龄>1 龄(表 1)。2 龄幼蛛在 15℃ 恒温条件下,50 头均未脱皮,最后全部死亡。在 37℃ 时,虽然 2 龄幼蛛能蜕皮,但在 4 龄时全部死亡。在 20~32℃ 范围内,发育历期随温度的升高变短,在 35℃ 恒温条件下历期反而延长。雌蛛和雄蛛的历期没有明显的区别,这一结果与细毛水狼蛛^[5]、黄褐新圆蛛^[6]、前齿肖蛸^[7]、三突花蛛^[8]等蜘蛛不同,雌蛛的历期长于雄蛛。

表 1 真水狼蛛在不同恒温下的发育历期(d)

Table 1 The developmental time of <i>P. piraticus</i> at different constant temperatures						
发育阶段	温 度 Temperature (℃)					
Developmental stage	20	25	28	30	32	35
卵期 Egg stage	12.68	8.0	6.0	5.67	5.0	4.67
幼蛛期 Spiderling						
1 龄 1st instar	9.0	6.0	5.0	4.8	4.5	6.0
2 龄 2nd instar	19.35±2.25	13.63±2.03	13.02±1.87	11.79±0.52	10.84±2.04	12.49±1.29
3 龄 3rd instar	9.27±0.61	6.21±0.24	5.86±0.40	5.00±0.75	4.80±0.56	6.82±0.99
4 龄 4nd instar	10.90±1.12	7.68±0.52	6.21±1.00	5.60±1.18	5.39±0.80	7.11±0.71
5 龄 5nd instar	16.75±3.57	12.44±1.35	11.81±1.26	10.33±0.67	10.29±0.96	9.33±0.94
6 龄 6nd instar	18.22±6.77	13.18±3.26	12.81±2.39	10.67±3.15	10.25±1.04	10.35±2.12
全幼蛛期 ^①	83.49	59.14	54.71	48.19	46.07	52.10
产卵前期 ^②	16.25±4.21	13.17±3.18	7.84±1.25	9.52±1.31	9.82±1.09	10.00±2.15
全代历期 ^③	112.42	80.31	68.55	63.38	60.89	69.05

①Whole spiderling ②Preoviposition ③Whole generation

2.1.2 温度对幼蛛存活率的影响 幼蛛的存活率与龄期和温度有关(见表 2)。从 6 种温度综合情况来看,2 龄幼蛛的存活率最高,5 龄幼蛛的存活率最低。各龄期存活率的顺序为 2 龄>3 龄>4 龄>6 龄>5 龄。存活率的高低受温度影响明显,存活率最高的温区是 25~30℃,平均达 93.5%。温度过高对幼蛛生长不利,如在 37℃ 恒温下,幼蛛仅仅发育到 4 龄期就全部死亡。

2.1.3 发育起点温度与有效积温 按照李典谟等的直接最优法^[9],计算出真水狼蛛各发育时期的发育起点温度和有效积温见表 3。武汉市 1995 年的日平均气温为 17.4℃^[10],有效积温为 365×(17.4~4.88℃)=4569.8 日度,因此,真水狼蛛在武汉地区一年可发生的代数 为 4569.8/1703.96≈2.68,即一年发生 2~3 代。按武汉地区多年(1951~1970)平均总积温为 6168.50 日度^[11]来计算,则平均有效积温为 4387.3 日度,据此计算全年可发生 4387.3/1703.96≈2.57 代。

表 2 不同温度下真水狼蛛的幼蛛存活率(%)

Table 2 The survival rate of spiderlings of <i>P. piraticus</i> at different temperatures(%)							
龄期	温 度 Temperature (℃)						平均*
Instar stages	20	25	28	30	32	35	Average
2 龄 2nd instar	92.5	100	100	97.96	96.88	93.02	96.73
3 龄 3rd instar	89.19	97.62	97.14	95.83	83.87	75.00	89.78
4 龄 4th instar	75.76	97.56	94.12	89.13	82.76	76.67	86.00
5 龄 5th instar	64.00	87.50	87.50	85.37	79.17	56.62	76.68
6 龄 6th instar	87.5	88.57	92.86	91.43	84.21	68.23	85.63
平均 Average	87.79	94.25	94.32	91.94	85.38	74.09	

* 37℃ 下幼蛛的存活率没有计算在内。The average does not include the survival rate of spiderling at 37℃

表 3 真水狼蛛不同发育时期的发育起点温度(℃)和有效积温(日度)

Table 3 The lower threshold and thermal constant for different stages of *P. piraticus*

发育期 DS	卵期 ES	幼蛛期 Spiderling stage						产卵 前期 PO	全代 WG
		1 龄	2 龄	3 龄	4 龄	5 龄	6 龄		
		1st ins.	2nd ins.	3rd ins.	4th ins.	5th ins.	6th ins.		
LT	11.90	9.15	3.75	9.96	14.93	5.66	4.04	8.58	4.88
TC	102.52	107.5	291.75	111.48	85.46	248.97	290.72	208.70	1703.96

DS :Developmental stage ;ES :Egg stage ;ins. :instar ;PO :Preoviposition ;WG :Whole generation ;LT :发育起点温度 Lower threshold(℃) ;TC :有效积温 Thermal constant (D·D)

2.1.4 温度对幼蛛蜕皮次数的影响 真水狼蛛在不同温度下发育至成熟所需的蜕皮次数不同(见表4),在较低温度下(20~28℃),蜕皮次数相对较多。20℃时,有9.09%的个体需蜕皮10次才能成熟;25℃时,7.69%的个体需蜕皮9次;28℃时,也有16.67%的个体需蜕皮8次,而在较高温度下(30~35℃),最多需要蜕皮7次。在所试验的6种温度下,都以蜕皮6次所占的百分比最大。

2.2 温度对真水狼蛛繁殖的影响

表 4 不同温度下幼蛛的蜕皮次数及百分比(%)

Table 4 Molting times and percent of spiderlings at different temperatures

蜕皮 次数 Molting times	不同蜕皮次数幼蛛的百分比(%)					
	Percent of spiderlings having different molting times					
	20℃	25℃	28℃	30℃	32℃	35℃
6	45.45	53.85	66.67	87.50	81.82	80.00
7	27.27	23.08	16.67	12.50	18.18	20.00
8	9.09	15.38	16.67			
9	9.09	7.69				
10	9.09					

2.2.1 温度对产卵率和产卵袋数的影响 真水狼蛛的雌蛛并不是每头都产卵,造成不能产卵的原因是多方面的,可能因为饥饿或没有成功的交配,同时与温度有一定的关系,其中以35℃恒温条件下未产卵雌蛛所占的比例最大(见表5)。28℃时,雌蛛的产卵率最高,达89.98%。温度不同,雌蛛产卵袋的数量也不同,20℃时,雌蛛一生最多产3个卵袋,而35℃时,雌蛛最多产2个卵袋。在25~32℃范围内,产卵袋数可达4个。同时,温度不同,产不同卵袋数的雌蛛百分比也不同。20℃时,以产1个卵袋的雌蛛个体最多,产2个卵袋者次之,产3个卵袋者最少;35℃时,产1个卵袋的雌蛛数与产2个卵袋的雌蛛数相等,在25~32℃范围内,均以产2个卵袋的雌蛛所占的百分比最大,产4个卵袋的百分比最小(见表5)。

表 5 温度对真水狼蛛繁殖力的影响

Table 5 Effect of temperature on the fecundity of *P. piraticus*

温度 (℃)	产卵率 (%)	产1个卵袋 个体的百分 比(%)A	产2个卵袋 个体的百分 比(%)B	产3个卵袋 个体的百分 比(%)C	产4个卵袋 个体的百分 比(%)D	单雌产卵 量(粒)	卵化率 (%)
T	OR	比(%)A	比(%)B	比(%)C	比(%)D	NE	HR
20	80.67	61.54	30.77	7.69	0	114.56±3.48	66.67
25	81.42	35.00	40.00	20.00	5.00	132.64±15.82	90.16
28	89.98	23.33	36.67	26.67	13.33	217.01±20.35	92.59
30	83.26	22.00	35.00	29.00	14.00	259.38±24.12	87.31
32	79.14	31.58	42.11	21.05	5.26	147.23±9.15	85.18
35	69.76	50.00	50.00	0	0	102.01±8.27	65.00

T :Temperature(℃);OR :Ovipositing rate(%);A :Percent of female laying 1 egg sac(%);B :Percent of female laying 2 egg sacs(%);C :Percent of female laying 3 egg sacs(%);D :Percent of female laying 4 egg sacs(%);NE :Number of egg laid by one female;HR :Hatching rate(%)

2.2.2 温度对产卵量和卵化率的影响 雌蛛的产卵量以30℃时为最高,达259.38粒,20℃和35℃条件下产卵量都较少,其中20℃时为114.56粒,35℃时为102.01粒(表5)。平均产卵量(Y)与温度(X)的关系可用以下抛物线拟合:Y=-1.8426X²+103.55X-1240.8,R=0.9185***(P<0.01)。在25~32℃温度范围内,卵的

孵化率都较高,其中以 28℃下孵化率最高,达 92.59%。

2.2.3 温度对母蛛护卵和护幼行为的影响 真水狼蛛母蛛有很强的护卵行为,产卵后母蛛以纺器携带卵袋。在 20~32℃恒温条件下,取食和活动正常,在 35℃或超过 35℃的高温条件下,有些个体将吃掉自产的卵袋。这一现象与细毛水狼蛛^[5]很相似。真水狼蛛的 2 龄幼蛛离开卵袋后,将爬上母蛛腹部,随母蛛而活动。幼蛛在母蛛上停留的时间随温度的升高而缩短。

2.3 温度对真水狼蛛实验种群增长的影响 根据上述试验数据建成了真水狼蛛在不同温度条件下的实验种群增长表(表 6)。由表 6 可知,在所试验的 6 种恒温条件下,真水狼蛛的世代种群数量均呈上升的趋势。28℃时种群增长指数最大,为 73.52,35℃时最小,仅为 5.30。

3 讨论

蜘蛛的生长是有限制的,即蜘蛛的年龄和身体大小要受到蜕皮次数的限制^[12]。许多研究证实,蜘蛛的蜕皮次数与成蛛身体的大小之间有明显的相关性。按照 Levy 的原则:体长 5~6mm 的小型蜘蛛,蜕皮 4~5 次;体长 7~11mm 的中型蜘蛛,蜕皮 6~8 次;而体长 15~30mm 以上的大型蜘蛛,要蜕皮 10 次以上才能成熟^[13]。同时,许多蜘蛛存在性二态性,即雄蛛个体小,蜕皮次数比雌蛛少^[13~15]。蜘蛛的蜕皮次数除了与身体大小和性别有关外,还受到温度^[2,8,16]和食物^[17]的影响。

表 6 不同温度下真水狼蛛实验种群的增长

项目 Items	温 度 Temperature(℃)					
	20	25	28	30	32	35
起始卵数(粒)A	100	100	100	100	100	100
卵死亡率(%)B	33.33	9.9	6.41	12.69	14.82	35.00
进入 2 龄数(头)C	66.67	90.16	92.59	87.31	85.18	65.00
2 龄死亡率(%)D	7.50	0	0	2.04	3.12	6.98
进入 3 龄数(头)E	61.67	90.16	92.59	85.53	82.52	60.46
3 龄死亡率(%)F	10.81	2.38	2.86	4.17	16.13	25.00
进入 4 龄数(头)G	55.00	88.01	89.94	81.96	69.21	45.34
4 龄死亡率(%)H	24.24	2.44	5.88	10.87	17.24	23.33
进入 5 龄数(头)I	41.67	85.86	84.65	73.05	57.28	34.77
5 龄死亡率(%)J	36.00	12.50	12.50	14.63	20.83	43.48
进入 6 龄数(头)K	26.67	75.13	74.07	62.36	45.35	19.65
6 龄死亡率(%)L	25.00	11.43	7.14	8.57	15.79	30.77
存活成蛛数(头)M	23.34	66.54	68.78	57.02	38.19	13.61
世代存活率(%)N	23.34	66.54	68.78	57.02	38.19	13.61
性比(♀:♂)O	1.21:1	1.21:1	1.21:1	1.21:1	1.21:1	1.21:1
产卵率(%)P	80.67	81.42	89.98	83.26	79.14	69.76
产卵雌蛛数(头)Q	10.31	29.66	33.88	25.99	16.55	5.20
下代卵量(粒)R	1181.11	3934.10	7352.3	6471.29	2436.66	530.45
种群增长指数*S	11.81	39.34	73.52	67.41	24.37	5.3

* 种群增长指数为下代卵量与起始卵数的比值。The growth index of population is proportion of egg numbers of next generation to those of beginning ;A :Egg numbers of beginning ;B :Mortality of egg ;C :Numbers of 2nd instar spiderling ;D :Morality of 2nd instar spiderling ;E :Numbers of 3rd instar spiderling ;F :Mortality of 3rd instar spiderling ;G :Numbers of 4th instar spiderling ;H :Mortality of 4th instar spiderling ;I :Numbers of 5th instar spiderling ;J :Mortality of 5th instar spiderling ;K :Numbers of 6th instar spiderling ;L :Mortality of 6th instar spiderling ;M :Numbers of adults ;N :Survival rate of generation ;O :Proportion of sex ;P :Ovipositing rate ;Q :Number of female which can lay ;R :Egg numbers of next generation ;S :Growth index of population.

真水狼蛛成蛛体长 7~8mm,属于中型蜘蛛,需蜕皮 6 次成熟,其体长与蜕皮次数的关系符合 Levy 的法则^[13]。但与许多蜘蛛不同的是,真水狼蛛雌、雄蛛在蜕皮次数和发育历期上差别不明显,与真水狼蛛类似的蜘蛛还有 *P. subpiraticus*^[18]、*Agelena limbata*^[19]和 *Zelotes asiaticus*^[20]等。温度对真水狼蛛蜕皮次数影响较大,主

要表现为:温度低,蜕皮次数相对较多,有的个体需蜕皮 10 次才能成熟(见表 4);温度高时,蜕皮次数较少,这与三突花蛛^[8]和草间钻头蛛^[16]相似。

参考文献

- [1] Andrewartha H G and Birch L C. *The distribution and abundance of animals*. University of Chicago Press, Chicago, 1954.
- [2] Li D Q and Jackson R R. How temperature affects development and reproduction in spiders: A review. *J. Therm. Biol.*, 1996, **21** (4) 245 ~ 274.
- [3] 赵敬钊, 马安宁. 稻田蜘蛛常见种的识别. 植物保护, 1989, **15** (5) 35 ~ 36.
- [4] 常瑾, 赵敬钊, 周伟, 等. 真水狼蛛对褐飞虱捕食作用的初步研究. 蛛形学报, 1998, **7** (1) 67 ~ 73.
- [5] 赵敬钊. 温度对细毛水狼蛛个体发育和繁殖力的影响. 动物学报, 1987, **33** (4) 367 ~ 372.
- [6] 赵敬钊, 余克庆. 温度对黄褐新园蛛历期和繁殖力的影响. 生态学报, 1988, **8** (2) 140 ~ 146.
- [7] 陈文华, 赵敬钊. 温度对前齿肖蛸实验种群增长的影响. 生态学报, 1991, **11** (2) 171 ~ 175.
- [8] 李代芹, 赵敬钊. 温度对三突花蛛个体发育和生殖行为的影响. 动物学报, 1992, **38** (1) 31 ~ 41.
- [9] 李典谟, 王莽莽. 快速估计发育起点及有效积温的研究. 昆虫知识, 1986, **23** (4) 184 ~ 187.
- [10] 国家统计局编. 中国统计年鉴 1996. 北京: 中国统计出版社, 1996, 10.
- [11] 余克庆, 赵敬钊. 关于温度对细毛水狼蛛的发育和繁殖影响的模型化研究. 湖北大学学报(自然科学版), 1988, **10** (2) 20 ~ 24.
- [12] Higgins H E. Developmental plasticity and fecundity in the orb-weaving spider *Nephila clavipes*. *J. Arachnol.*, 1992, **20** 44 ~ 106.
- [13] Levy G. The life cycles of *Thomisus onustus* (Thomisidae: Araneae) and outlines for the classification of the life histories of spiders. *J. Zool., Lond.*, 1970, **46** 523 ~ 536.
- [14] 王洪全, 周家有. 拟环纹狼蛛的生物学研究. 动物学报, 1982, **28** (1) 69 ~ 79.
- [15] Miyashita K. Nymphal development and egg sac production of *Argiope bruennichii* (SCOPOLI). *Acta arachnol.*, 1996, **45** (2) 163 ~ 167.
- [16] Li D Q. Development and survival of *Erigonidium graminicolum* Sundevall (Araneae: Linyphiidae-Erigonidae) at constant temperatures. *Bull. Entomol. Res.*, 1995, **86** 78 ~ 91.
- [17] Miyashita K. Growth and development of *Lycosa T-insignita* Bos. et Str. (Araneae: Lycosidae) under different feeding conditions. *Appl. Entomol. Zool.*, 1968, **3** 81 ~ 88.
- [18] Hamamura T. Ecological studies of *Pirata subpiraticus* (Bos. et Str.) (Araneae: Lycosidae), II. *Acta arachnol.*, 1977, **27** (Special number) 229 ~ 238.
- [19] Tanaka K. Life history of the funnel-web spider *Agelena limbata*: Web site, growth and reproduction. *Acta arachnol.*, 1992, **41** (1) : 91 ~ 101.
- [20] Kamura T. Notes on the life history of *Zelotes asiatics* (Bos. et Str.) (Araneae: Gnaphosidae). *Acta arachnol.*, 1993, **42** (2) 145 ~ 150.