

# 小菜蛾蛹主要天敌颈双缘姬蜂的生物学\*

汪信庚 刘树生

(浙江农业大学植物保护系, 杭州 310029)

**摘要** 颈双缘姬蜂 *Diadromus collaris* 是小菜蛾蛹的重要寄生蜂。该文报道了此蜂的羽化、产卵、交配、发育、繁殖、存活等生物学、生态学特性以及农药残留对其成蜂毒性等。在 25℃ 下, 雌蜂羽化后 1~2 d 即可产卵, 第 3~7 d 达到产卵高峰, 每雌一生平均产卵寄生 43.8 头寄主, 平均产卵寄生期为 11.5 d。幼虫共有 5 个龄期, 25℃ 下卵期和各龄幼虫期 1~2 d, 蛹期 5~6 d, 雌、雄蜂的发育历期无显著差异, 在 15℃、17.5℃、20℃、22.5℃、25℃、27.5℃、30℃ 和 32.5℃ 时从卵发育至成虫的平均历期为 30.6 d、22.5 d、17.8 d、14.5 d、12.1 d、11.1 d、10.3 d 和 10.2 d。发育起点温度为 7.4℃, 有效积温为 225.1 日度。发育、存活和产卵寄生适温范围约 17~30℃。15℃ 下成蜂可贮存 20~30 d。Bt、抑太保、害极灭等对成蜂无直接的残留毒性, 辛硫磷、灭多威、杀虫双等则有较高的毒性, 杀灭菊酯有微毒性。

**关键词** 颈双缘姬蜂, 生物学, 小菜蛾

颈双缘姬蜂 *Diadromus collaris* (Gravenhorst) 是十字花科蔬菜大害虫——小菜蛾 *Plutella xylostella* 蛹期的一种主要寄生天敌。本世纪 30 年代, 该蜂首次从欧洲引进到新西兰后获得成功<sup>[1]</sup>。此后, 在澳大利亚、印度、太平洋群岛、美洲等近 20 个国家和地区被引进过, 并在不少地区成功地建立了种群<sup>[1]</sup>。目前, 该寄生蜂在日本、澳大利亚、新西兰等国家都是小菜蛾蛹的主要天敌<sup>[2,3]</sup>。但至今有关该天敌的基础研究报道极少, 仅 Lloyd<sup>[4]</sup>对该蜂的基本产卵选择性作过观察。在我国大陆, 根据浙江农业大学生物防治研究室已收集的标本鉴定, 此蜂在浙江、北京、山西、河南、宁夏、内蒙等地均有分布。据我们近三年来对杭州郊区十字花科蔬菜地的调查, 发现每年 5~7 月, 小菜蛾蛹常被该蜂寄生, 寄生率高时可达 40% 以上, 为小菜蛾的一种主要天敌。为了给小菜蛾的综合治理中保护和利用该天敌提供基础信息, 我们首次对该天敌的基本生物学、生态学特性做了较为系统的观察, 现将部分结果报道如下。

## 1 材料与方法

### 1.1 颈双缘姬蜂的饲养

试验用蜂采自杭州郊区十字花科蔬菜地的菜蛾被寄生蛹。将小菜蛾蛹单头置于小指形管内 (0.8 cm×5 cm), 待寄生蜂羽化后, 配对并供给 20% 的蜂蜜水, 然后于控温控光养虫室内 (25~30℃, RH 50%~80%, 光照 16 h, 强度>1 000 lx) 用寄主小菜蛾蛹

\* 澳大利亚国际农业研究中心 ACIAR 9213 项目的部分研究内容  
1996-12-21 收稿, 1997-04-10 收修改稿

(蛹龄为 0~3 d) 于 500 mL 果酱瓶内繁殖, 蜂: 蛹比为 1: 5。

## 1.2 寄主小菜蛾的饲养

试验用小菜蛾也采自杭州郊区田间, 也于控温光养虫室内饲养。按李广宏等<sup>[5]</sup>的方法, 用塑料纸包裹新鲜甘蓝叶片收集小菜蛾卵粒, 于卵孵化前, 将卵粒连同塑料纸贴在甘蓝叶片上, 叶片插于盛水的 500 mL 果酱瓶内 (可保持一周), 待叶片枯黄或被食得差不多时, 再贴插一张新鲜叶片, 小菜蛾幼虫会自动转移到新鲜叶片上。需要时采集新鲜蛹供试。

## 1.3 生物学观察和生态学试验

所有观察均在室温下进行, 室温由温度记录仪自动记录, 其中 7~9 月开空调器, 保持室温在 25℃~30℃。所有恒温试验均于恒温光照生化培养箱内进行 (温差为 ±0.5℃, 光照周期 14L: 10D, RH 60%~80%)。

**1.3.1 温度对发育、存活和繁殖的影响:** 设置 15~35℃ 9 个恒温, 每个温度处理设置 5~10 个重复, 每一重复于 500 mL 果酱瓶内接入预蛹或 1~3 d 蛹龄的菜蛾蛹 10 头, 并引入羽化后 2~3 d、已交配过的♀蜂 1 头, 24 h 后引出♀蜂, 然后将供试过寄主移入指形管内分单头饲养, 每天 8: 00 和 16: 00 各观察 1 次, 直至所有蛹羽化或出蜂, 记载寄生蜂个体发育历期、性别, 对于死亡的寄生蛹一般 3 d 内 (刚寄生致死寄主不易辨别) 解剖检查是否有寄生蜂幼体。寄生蜂羽化后, 设喂 20% 蜂蜜水和喂水两个处理, 观察成蜂在不同温度下寿命。在 25℃ 下, 还逐日定时解剖 20 头♀蜂, 观察其体内怀卵量。

同时, 在 20℃、25℃ 和 30℃ 恒温下, 每个温度设喂 20% 蜂蜜水和不喂食两个处理, 每处理取新羽化已交配过的雌蜂若干头, 逐日供给足够数量 (10 头) 寄主, 直至所有雌蜂死亡。供寄生过的寄主蛹仍放置在各恒温下, 直至寄生蜂子代羽化, 最后统计每雌产卵寄生历期、成功寄生的寄主头数及子代性比等。

另外, 在 25℃ 恒温下, 群体接蜂饲养一批颈双缘姬蜂, 接蜂寄生 8 h 后引出雌蜂 然后逐日 8 h、20 h 两次分别于显微镜下解剖观察若干寄主体内寄生蜂的发育虫期, 并用测微尺测量其体长和体宽。

**1.3.2 成蜂在 15℃ 下的贮存期限及其对寄生率的影响:** 将室温下羽化的雌、雄蜂于小指形管内配对后, 立即置于 15℃ 恒温培养箱内保存, 持续供给 20% 蜂蜜水, 直至雌蜂死亡, 记录个体历期。分别取在 15℃ 下贮存了不同日数、已交配过雌蜂若干头, 每头雌蜂提供 10 头新鲜寄主, 让其产卵寄生 1 d 后引出雌蜂, 镜检残留卵量、观察卵巢发育情况, 最后统计每雌蜂寄生率。

**1.3.3 农药残留对成蜂的毒性:** 采用药膜法测定农药残留对颈双缘姬蜂成蜂的毒性。供试农药为近年杭州郊区菜田常用农药, 用水稀释每种农药至田间使用的推荐浓度, 以清水作对照。将配制好药液少许倒入 15 cm×2.2 cm 的玻璃管中, 平放玻璃管, 旋转 1~2 min, 使药液充分展布, 倒去残余药液, 过夜凉干。第二天接入羽化后 1~2 d 成蜂 8~10 头, 每处理重复 3~6 次, 管口挂一个浸有 20% 蜂蜜水的棉球。并用纱布包扎, 再平放于 25℃ 恒温箱内, 然后分别于 1 h、2 h、24 h 和 48 h 各检查一次蜂的成活情况, 凡直立和摇动玻璃管时, 掉落在管底的蜂在 5 s 内不能行动的判断为死亡。

## 2 结果与分析

### 2.1 生物学特性

**2.1.1 羽化和交配:** 全天都可羽化,但以 8:00 前居多。成蜂都从小菜蛾蛹的顶部钻出(可区别于小菜蛾蛹的另一重要寄生蜂菜蛾啮小蜂 *Oomyzus sokolowskii* 的羽化孔,后者都从小菜蛾蛹的中胸部羽化钻出)。

雌、雄蜂羽化后当天,即可交配。交配前,雄蜂不断抖动双翅,追逐雌蜂。据对 40 对雄、雌蜂的 1 次交配时间观察,平均为  $(35.9 \pm 6.6)$  s,最长达 1 min,最短 20 s。雄蜂一生能进行多次交配,但雌蜂只交配一次。

**2.1.2 产卵寄生行为:** 雌蜂搜索寄主时摆动触角,进行敲打检查,找到寄主后,通常在寄主身体上来回走动,接触长达 3~7 min,然后插入产卵管做进一步预刺探检查,这个过程可持续 1 min,若寄主不适合寄生,雌蜂就立即拔出产卵管离开;如寄主适合,则先咬破寄主蛹腹端外薄丝茧,站在丝茧上将腹部向前弯曲,使产卵管穿过薄丝茧插入寄主,然后有节奏地收缩腹部进行产卵,产卵过程长达 4~5 min。然后再停留 1~2 min 离开。对子代性别的观察表明,未交配的雌蜂其后代均为雄蜂,交配过的雌蜂其后代有雌性和雄性,即该蜂营产雄孤雌生殖。

**2.1.3 产卵寄生能力:** 经解剖观察,雌蜂的卵巢由 6 根卵管组成。初羽化雌蜂卵巢内不含成熟卵。25℃下观察,通常 1~2 d 内卵逐渐发育成熟,喂以 20% 的蜂蜜水下成熟较快,每天每雌蜂含成熟卵一般为 4~8 粒,最多 12 粒(表 1)。在 25℃下,观察了 15 头雌蜂,每雌一生平均产卵寄生  $(43.67 \pm 7.25)$  头寄主(最少 11 头,最多 104 头)。雌蜂的平均产卵寄生期为  $(11.53 \pm 1.37)$  d,最短 7 d,最长 21 d,羽化次日即可开始产卵,3~7 d 内为产卵高峰。整个产卵寄生期子代雌性比均在 40%~70% 波动,无明显的倾向。

**2.1.4 寄生节律:** 在 25~27℃ 室温下,以 1:10 的蜂与菜蛾蛹比接种,先在黑暗下寄生 12 d,然后再移出雌蜂让其在有光照条件下,以同样的蜂蛹比接种寄生 12 d,均设 5 个重复。发现该蜂在黑暗中也能寄生,暗期内平均每雌寄生  $(1.60 \pm 1.40)$  头,明显比光期下的平均  $(5.20 \pm 1.30)$  头寄生量低。

### 2.2 温度对发育、存活和产卵寄生的影响

**2.2.1 发育速率:** 25℃ 恒温下逐日定时解剖观察表明,颈双缘姬蜂幼虫共有 5 个龄期,各龄幼虫特征相似,只是头壳宽度和身体大小差异显著。在 25℃ 下卵期和幼虫各龄期大多都在 1~2 d,蛹期达 5~6 d(表 2)。小菜蛾被寄生后,在寄生蜂发育的初期蛹,从外表看无任何变化(不褪色似新鲜蛹)。当寄生蜂发育至化蛹前后,被寄生蛹外观呈金黄色,且此时只留一层薄而透明的金黄色蛹壳。随蛹龄增加,非寄生蛹的眼点变深、翅芽发黑,易与寄生蛹分开。

在 15℃~32.5℃ 恒温下,卵发育至成蜂的历期随温度升高而缩短,温度高于 27.5℃ 的几个处理历期都很接近,达 35℃ 时不能完成发育(表 3)。在同一温度下,雌雄个体平均历期差异很少,可认为雌雄个体发育历期基本一致。将各温度下的雌雄个体发育历期加权平均,可用 Logistic 曲线来拟合温度 (T) 与发育速率  $V(T)$  的关系如下:

$$V(T) = 0.1067 / [1 + \exp(3.8706 - 0.2012T)] \quad (r = 0.9986)$$

曲线预测值与实测值的残差均方根为 0.0001。显然,拟合的结果是相当好的。将 15~30.0℃ 下发育速率依温度变化作直线回归,得直线方程:  $V(T) = 0.4443T - 3.2662$  ( $r = 0.9952$ ), 由此可估得发育起点为 7.4℃, 有效积温为 225.1 日度。另外,雌蜂寿命显著受食物和温度的影响,随温度上升,寿命缩短,同一温度下,喂蜜后,雌蜂寿命显著延长,雄蜂寿命显著比雌蜂短,且受温度和食物的影响不很显著。

**2.2.2 死亡率:** 在 17.5~30℃ 温度范围内,死亡率较低,超出这一温度范围死亡率迅速上升,在高温下,35℃ 下全部在卵至幼期死亡(表 3)。

**表 1 颈双缘姬蜂羽化后不同龄期体内成熟卵粒数(平均±标准差)\***

龄期(h)	观察虫数(头)	供蜜水	不供食
0	20	0	0
12	20	1.50±1.90	
24	20	4.67±1.03 a	2.67±1.37 b
36	20	5.0±2.00	
48	20	5.83±1.33 a	3.25±1.57 b

\* 表内同一行内不同字母示有显著差异 ( $P \leq 0.05$ )

**表 2 颈双缘姬蜂在 25℃ 下各虫态发育历期、个体大小(平均数±标准差)**

虫态	历期(d)	观察头数	体长(mm)	体宽(mm)
卵	1~2	20	0.68±0.46	0.17±0.02
1 龄	1~2	12	0.73±0.03	0.24±0.01
2 龄	1~2	15	1.17±0.09	0.45±0.08
3 龄	1~2	12	0.72±0.11	0.68±0.08
4 龄	1~2	13	2.47±0.38	0.85±0.12
5 龄	1~2	5	3.56±0.19	1.05±0.16
蛹	5~6	10	4.88±0.19	1.20±0.11

**表 3 不同温度下颈双缘姬蜂的发育历期、成虫寿命\***

温度(℃)	卵至成虫羽化历期( $d \pm SD$ )		寄生成功率(%)	成虫寿命(d)			
				雌		雄	
	雌	雄		供蜜	不供蜜	供蜜	不供蜜
15	32.5±1.64(5)	29.1±0.89(5)	13.3	40.7±10.7(11)	20.8±3.1(12)	5.2±1.6(11)	5.8±1.8(25)
17.5	23.4±1.00(11)	22.1±0.99(5)	75.0				
20	18.2±1.47(30)	17.5±1.06(35)	91.2	15.5±2.7(15)	11.4±3.0(17)	2.8±0.7(10)	2.4±0.9(10)
22.5	14.8±0.40(11)	14.3±0.46(18)	90.9				
25	12.3±0.82(42)	11.9±0.82(71)	94.9	10.5±1.7(11)	7.8±1.8(10)	2.9±1.0(13)	2.6±0.8(16)
27.5	11.1±0.67(20)	11.1±0.85(18)	86.7				
30	10.4±0.76(28)	10.1±1.23(21)	72.7	6.0±2.3(10)	6.3±1.8(10)	2.5±0.9(10)	2.0±0.9(12)
32.5	10.0±0.54(13)	10.4±0.82(11)	44.3				
35	全部在卵至幼虫期死亡		0	1.8±0.8(10)	2.2±1.3(12)	2.4±0.8(10)	2.0±0.5(10)

\* 括号内为观察虫数。寄生成功率指产仔寄生 2~4 d 后至成功出蜂的个体比例。下同

**2.2.3 繁殖力和寄生能力:** 在 20℃、25℃ 和 30℃ 恒温下,通过单蜂饲养和逐日更换供给足够寄主的方法,对每头雌蜂的产卵量和产卵期进行了观察(表 4)。相对喂水雌蜂,成蜂在喂以 20% 蜂蜜水后其总产卵量提高、产卵期增长及子代雌性比提高,随着温度上升,喂蜜处理平均一生产卵量提高,子代雌性比下降,但 30℃ 下寄生成功率(即寄生后能发育到成蜂羽化的比率)明显下降,因此总的寄生能力以 25℃ 下最高。

### 2.3 成蜂在 15℃ 下的可贮存期限及对寄生率的影响

雌蜂在 15℃ 下寿命可长达 40 多天,但随着贮存期的延长,平均寄生率和雌蜂体内怀卵量下降,贮存 30 d 以上的雌蜂卵巢基本已老化,已无卵母细胞,仅残留几个成熟卵。即在不提供寄主时,雌蜂能吸收卵母细胞。但贮存期 30 d 以内的雌蜂,卵巢发育仍较好,仍有相对较高的寄生率(表 5)。

### 2.4 农药对成蜂的毒性

室内试验表明,Bt、抑太保、害极灭等微生物或昆虫生长调节剂对颈双缘姬蜂无直接的毒性。几种有机磷和沙蚕毒素农药在常规用量下均有较高毒性。辛硫磷、杀虫双均可在几秒钟内将颈双缘姬蜂全部击倒并杀死;灭多威击倒作用略弱,但杀死率 12 h 也达 100%。杀灭菊酯加水 4 000 倍有一定的毒性

(12~24 h 杀死率为 83.3%)。按照农药对天敌毒性的评价范畴<sup>[6]</sup>,辛硫磷、杀虫双、灭多威有害,杀灭菊酯有微害。

## 3 讨论

在杭州郊区,颈双缘姬蜂是小菜蛾蛹的主要寄生天敌,尤其在春季小菜蛾发生初期,寄生率较高,是一种应该保护利用的天敌。

该蜂寄主专化性较强,迄今还没有发现其它寄主;且发育历期短,产卵期长,成蜂在 15℃ 下可保存 20~30 多天。但不耐高温和低温,温度高于 30℃ 或低于 17℃ 时对其发生不利,从而一定程度上抑制了该蜂最大寄生效能的发挥,这与我们连续多年在杭州郊区田园间调查发现每年除了 5~6 月外,其余季节寄生率较低的现象是一致的。

颈双缘姬蜂为单寄生种类,1 头小菜蛾蛹只能发育出 1 头蜂。但解剖寄主时,亦观察到有一蛹二卵,甚至三卵的现象,这就提出了该蜂是否能辨别已寄生寄主的问题。Lloyd<sup>[4]</sup>通过反复多次的接种试验,每次接种时间都很短,但均发现有一蛹二卵的现象,认为颈双缘姬蜂具有过寄生的倾向,但由于寄主不适、蜂:蛹比过高或雌蜂没有产卵经历等都可能致这种“假过寄生”现象<sup>[7]</sup>,因此有关该蜂的过寄生问题还有待于严格试验设计与检验。我们通过较高的蜂:蛹比接种,再逐日解剖观察,结果表明,颈双缘姬蜂消除过

表 4 颈双缘姬蜂在不同温度下的寄生能力

温度 (℃)	供试蜂 头数	平均一生 寄生蛹数	平均产卵期 (d)	子代雌性比 (%)	寄生成功率 (%)	
20	供蜜	5	26.0	8.3	68.3	91.0
	供水	5	6.5	4.0	43.9	91.7
25	供蜜	15	43.7	11.5	56.8	95.8
	供水	5	6.0	4.3	25.0	90.9
30	供蜜	5	45.5	7.0	48.1	74.5
	供水	5	9.0	4.5	22.2	70.4

表 5 15℃ 下贮存不同日龄的颈双缘姬蜂的寄生能力

贮存天数 (d)	供试虫 头数	平均寄生头 数±标准差	残留卵量± 标准差	卵巢管发育状况
12	6	5.0±0.5	4.7±1.53	正常,完整
20	5	6.0±0.5	4.5±1.50	尚好,完整
25	5	4.0±1.0	4.8±1.50	尚好
28	5	3.0±1.0	4.7±1.53	尚好
32	5	3.6±1.15	1.4±1.16	老化
36	6	3.0±1.67	1.3±0.82	老化,无卵母细胞
40	6	1.8±1.33	1.0±1.26	老化,无卵母细胞

寄生, 经常是通过它自己 1、2 龄之间的竞争, 消除过量的幼虫。

我们在杭州郊区调查小菜蛾寄生率时, 发现部分不防治或少用化学农药的蔬菜地如萝卜地, 小菜蛾各种寄生蜂的寄生率较高, 而防治地寄生率较低。这肯定与用药有关。关于农药残留对小菜蛾的两种主要幼虫寄生蜂 *D. semiclausum* 和 *C. plutellae* 的毒性, 许多作者作过测试<sup>[8,9]</sup>, 结果表明一些选择性农药如 Bt、昆虫生长调节剂等基本上对两种寄生蜂无直接影响, 而大多有机磷农药都有较高的毒性, 菊酯类农药则次之, 这与本文测定几种农药对颈双缘姬蜂的毒性是一致的。因此, 合理使用农药十分必要。但有些被农药击倒的天敌还能恢复活动, 至于这些恢复天敌的寄生率及行为有无受到影响, 还需进一步研究。

**致谢** 本系何俊华教授鉴定颈双缘姬蜂种名, 在此深表谢意。

### 参 考 文 献

- 1 Waterhouse D F, Norris K R. Biological Control—Pacific Prospects, Melbourne: Inkata Press, 1987, 177~191
- 2 Kada T. Parasitoids of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera; Yponomeutidae): species and seasonal changes of parasitism in cabbage fields. Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology, 1989, 33 (1): 17~23
- 3 Waterhouse D F. Biological control of diamondback moth in the Pacific. In: Talekar N S ed. Diamondback Moth and Other Crucifer Pests, Proceedings of the Second International Workshop, Taiwan: AVRDC, 1990, 213~224
- 4 Lloyd D C. Host selection by hymenopterous parasites of the moth, *Plutella maxulipennis* Curtis. Proceedings of the Royal Society of London (B), 1940, 128: 451~458
- 5 李广宏, 梁东瑞, 孟小林等. 收集小菜蛾卵的新方法. 昆虫知识, 1995, 32 (3): 172~273
- 6 郭玉杰, 王念英. 农药对天敌安全性的测定方法. 生物防治通报, 1995, 11 (4): 174~177
- 7 Van Lentern J C, Bakker K, Van Alphen J J M. How to analyse host discrimination. Ecol. Entomol., 1978, 3: 71~75
- 8 Kao S S, Tzeng C C. Toxicity of insecticides to *Cotesia plutellae*, a parasitoid of diamondback moth. In: Talekar N S ed. Diamondback Moth and Other Crucifer Pests, Proceedings of the Second International Workshop, Taiwan: AVRDC, 1990, 287~296
- 9 Talekar K S, Yang J C. Characteristic of parasitism of diamondback moth by two larval parasites. Entomophaga, 1991, 36 (1): 95~104

## BIONOMICS OF *DIADROMUS COLLARIS* (HYMENOPTERA: ICHNEUMOMONIDAE), A MAJOR PUPAL PARASITOID OF *PLUTELLA XYLOSTELLA*

Wang Xingeng Liu Shusheng

(Department of Plant Protection, Zhejiang Agricultural University, Hangzhou 310029)

**Abstract** *Diadromus collaris* is a major pupal parasitoid of *Plutella xylostella* in Hangzhou, China. This paper reports the observations of several aspects of its biology and the effect of several insecticides on its adults. At 25°C, adult females started oviposition on 1~2 d after emergence and reached their oviposition peak on 3~7 d. On average, the total number of pupae parasitized by a mated female was 43.8 and the oviposition period was 11.5 d. The parasitoid had five larval instars. At 25°C, the development durations for egg and each larval instar were 1~2 d, and 5~6 d for the pupa respectively. The mean development periods from egg to adult at 15°C, 17.5°C, 20.0°C, 22.5°C, 25.0°C, 27.5°C, 30.0°C and 32.5°C were 30.6, 22.5, 17.8, 14.5, 12.1, 11.1, 10.3 and 10.2 d respectively. There was no significant difference in the developmental time between male and female. The temperature threshold and the summation of effective temperature for the development of whole immature stage were 7.4°C and 225.1 day degrees. A temperature range of 17°C to 30°C was favorable for the development, survival and reproduction of the parasitoid. The adults could be stored for 20~30 d at 15°C. Phoxim, methomyl and shachongshuang caused quick and high mortality to the adults, fenvalerate was moderately toxic, Bt, chlorfluazuron and abamectin appeared harmless to the adults.

**Key words** *Diadromus collaris*, biology, *Plutella xylostella*