应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2014, 51(1): 53–59. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2014.006

寄主和温度对半闭弯尾姬蜂饲养的影响*

陈福寿** 王 燕 张红梅 杨艳鲜 陈宗麒***

（云南省农业科学院农业环境资源研究所 昆明 650205）

摘 要 **【目的】** 对半闭弯尾姬蜂 *Diadegma semiclausum* Hellen 室内饲养过程中影响繁殖的寄主和温度这两个因子进行研究，得到半闭弯尾姬蜂室内繁殖饲养时的最佳寄主数量和温度。**【方法】** 在室内设置不同小菜蛾 *Plutella xylostell* (L.)幼虫数量和幼虫龄期条件下，研究了幼虫数量和龄期对半闭弯尾姬蜂寄生率的影响，以及设置 6 个恒温（15、20、22、25、27 和 30℃）条件下研究了温度对半闭弯尾姬蜂发育历期、羽化率、性比的影响。**【结果】** 小菜蛾幼虫数量在 30～90 头范围内对半闭弯尾姬蜂寄生率无影响，但超过 90 头后，寄生率明显下降；半闭弯尾姬蜂对小菜蛾幼虫龄期有选择性，对 2，3 龄小菜蛾幼虫的寄生率高于 4 龄幼虫；半闭弯尾姬蜂各个虫态的发育历期随着温度的升高而明显缩短，当温度升高到 30℃，卵至蛹的发育历期比 27℃的发育历期有所缩短，但化蛹后不能正常羽化；在 15～22℃的温度范围内，半闭弯尾姬蜂的羽化率和性比随着温度的升高而增加，在 22～27℃的范围内，半闭弯尾姬蜂的羽化率和性比随着温度的升高而降低。**【结论】** 在室内饲养扩繁半闭弯尾姬蜂时应选用 2～3 龄的小菜蛾幼虫，每对半闭弯尾姬蜂提供的小菜蛾幼虫数量为 40～50 头；以 22℃为最适合温度。

关键词 半闭弯尾姬蜂，寄生率，温度，发育历期，羽化率，性比

Effect of host and temperature on reproducing of *Diadegma semiclausum* Hellen

CHEN Fu-Shou** WANG Yan ZHANG Hong-Mei YANG Yan-Xian CHEN Zong-Qi***

(Institute of Agricultural Environment and Resource, Yunnan Academy of Agricultural Science, Kunming 650205, China)

Abstract **[Obiectives]** The effect of host and temperature on the reproduction of *Diadegma semiclausum* Hellen was studied, and the optimal larvae number, larval instars of *Plutella xylostell* (L.) and temperature for the reproduction of this species determined. **[Methods]** The effect of larvae number and instars of *P. xylostella* on the parasitization of *D. semiclausu* and the effect of temperature on the development time, emergence ratio and sex ratio of *D. semiclausum* were studied at six constant temperatures (15, 20, 22, 25, 27, 30℃) in the laboratory. **[Results]** Results show that the parasitization of *D. semiclausum* decreased with the increase of larvae numbers of *P. xylostell* from 30-90, but this decrease was not statistically significant. Parasitization significantly decreased when the number of larvae exceeded 90. *D. semiclausum* could parasitize the 2nd, 3rd and, 4th instars of DBM larvae, however, parasitization parasitization of the 2nd and 3rd instars was significantly higher than the 4th. Developmental time, emergence ratio and sex ratio of *D. semiclausum* were observed. Results show that the developmental time of an entire generation decreased significantly with increasing temperature from 15–27℃

* 资助项目：公益性行业专项项目（201103002）；农业部 948 项目（2011-G4）

**E-mail: chenfsh36@163.com

***通讯作者，E-mail: zongqichen55@163.com

收稿日期：2013-10-08，接受日期：2013-11-06

and that pupae failed to develop when the temperature reached 30℃. The emergence ratio and sex ratio increased with increasing temperature from 15–22℃, and decreased with increasing temperature from 22–27℃.

Key words *Diadegma semiclausu*, parasitic rate, temperature, developmental duration, emergence rate, sex ratio

半闭弯尾姬蜂 *Diadegma semiclausum* Hellen 是小菜蛾 *Plutella xylostella*（L.）幼虫期一种重要的内寄生蜂，对小菜蛾种群发生发展具有优势持续的控制潜能。该蜂起源于欧洲，在当地对小菜蛾种群发生发展和为害起到明显的控制作用(Hardy，1938；Chua and Ooi，1986)。1936 年半闭弯尾姬蜂作为天敌资源首次从英国引入新西兰，引入后在新西兰定居成功，并很快基本上控制了当地小菜蛾的为害（Chua and Ooi，1986）。

半闭弯尾姬蜂对小菜蛾具有高效的控害作用，作为小菜蛾生物防治的一个重要因子在小菜蛾的综合防治中发挥着越来越重要的作用，近年来迅速成为一个研究热点，国内外对其研究也越来越多。对半闭弯尾姬蜂研究较多地集中于作为引进性天敌昆虫对当地小菜蛾的控制效果(Ooi，1992；Talekar and Shelton，1993；Amend and Basedow，1997；Noda *et al.*，2000；Saucke *et al.*，2000；陈宗麒等，2001；Waterhouse and Sands，2001)，半闭弯尾姬蜂与当地天敌的竞争关系(陈宗麒等，2003；施祖华等，2003，2004)和种内竞争（余海芳等，2010），半闭弯尾姬蜂的生物生态学、行为学研究(Talekar and Yang，1991；Yang *et al.*，1993，1994；Rivera and Salazar，1993；Lee *et al.*，1995；李欣等，2002；Wang and Keller，2002；蔡霞等，2006，陈福寿等，2010)，影响半闭弯尾姬蜂对寄主的搜索、寄生因子研究(李欣等，2002)，半闭弯尾姬蜂对杀虫剂的敏感性（吴国星等，2008）以及一些超微结构的观察（潘健和陈学新，2003；李欣和白素芬，2004；王世贵和蒋芸芸，2007）等方面。有关半闭弯尾姬蜂室内繁殖技术的影响因子以及室内繁殖后提供田间应用还未见相关报道。

为了充分利用和发挥半闭弯尾姬蜂这一生物因子对小菜蛾种群的控制作用，本研究就半闭弯尾姬蜂繁殖过程中，针对小菜蛾-半闭弯尾姬蜂这一寄生系统中影响其室内繁殖的关键因子进行研究。通过研究，明确室内繁殖饲养的影响因子，从而基本明确室内繁殖饲养的最佳条件，为半闭弯尾姬蜂的室内标准化、商品化繁殖及田间大面积应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试寄主植物 选用京丰 1 号品种的甘蓝，在温室内育苗，当发育到 5～6 个叶片移栽到塑料花盆（直径 16 cm，高 12 cm）内，发育到 10～12 个叶片时，将整株植株放于控温控光的养虫室内饲养小菜蛾和半闭弯尾姬蜂种群，提供实验所需虫源。

1.1.2 供试小菜蛾室内种群的饲养和保存 在控温控光的养虫室条件下进行（温度：(25±2)℃，相对湿度 60%～75%，光周期 14L∶10D），将收集的小菜蛾蛹放在产卵箱中，待蛹羽化后提供 15%的蜂蜜水作为成虫的补充营养，用制作好的产卵箔放在产卵箱中收集小菜蛾的卵。根据小菜蛾繁殖时间和数量的需要取收集的小菜蛾卵箔，用福尔马林浸泡 15 min，再用清水冲洗两次，待产卵箔晾干后放在备用的甘蓝上让卵孵化，卵孵化为幼虫后便在甘蓝叶片上取食发育，发育到适宜龄期备用，化蛹后收集蛹继续进行室内的连代饲养，部分蛹和卵放在 4℃冰箱保存，用于续代

饲养。

1.1.3　供试半闭弯尾姬蜂的饲养和保存　半闭弯尾姬蜂的饲养在控温控光的养虫室条件下进行（温度：（22±2）℃，相对湿度 60%～75%，光周期 14L∶10D），取繁育有小菜蛾 2～3 龄幼虫盆栽的甘蓝植株放入大的半闭弯尾姬蜂繁蜂箱中，接入半闭弯尾姬蜂的成蜂，寄生 2 d 后连同寄主甘蓝植株一起取出，放在养虫室条件下发育，化蛹后及时收集蜂蛹，进行羽化，实验用蜂为上述条件下饲养收集的蜂源。部分蜂蛹放在 4℃冰箱保存，以便进行繁殖，续代。

1.2　实验方法

1.2.1　小菜蛾幼虫数量对半闭弯尾姬蜂繁殖的影响　取实验室饲养备用的小菜蛾 3 龄幼虫若干，每株甘蓝上设置小菜蛾幼虫数量分别为 30、50、70、90、110 头共 5 个处理，4 个重复/处理。每个重复放一个繁蜂箱，然后接入羽化 1 d，经群体交配后选择雌雄配对的半闭弯尾姬蜂 1 对，让其寄生 1 d 后，除去半闭弯尾姬蜂，让小菜蛾幼虫继续发育。待化蛹后收集蛹，统计记录各处理重复半闭弯尾姬蜂蛹的数量。

1.2.2　小菜蛾幼虫龄期对半闭弯尾姬蜂繁殖的影响　取实验室饲养备用的小菜蛾幼虫若干，每株甘蓝上小菜蛾幼虫数量为 100 头，实验设置小菜蛾幼虫龄期为 2 龄、3 龄、4 龄 3 个处理（1 龄由于潜叶为害，不能统计），4 个重复/处理。每个重复放一个繁蜂箱，然后接入羽化 1 d，经群体交配后选择雌雄配对的半闭弯尾姬蜂 1 对，让其寄生 1 d 后，除去半闭弯尾姬蜂，让小菜蛾幼虫继续发育。待化蛹后收集蛹，统计记录各处理重复半闭弯尾姬蜂蛹的数量。

1.2.3　温度对半闭弯尾姬蜂发育历期的影响　取备用的小菜蛾幼虫，放入半闭弯尾姬蜂群体饲养的繁蜂箱中寄生，寄生 1 d 后，将小菜蛾幼虫连同甘蓝一起从繁蜂箱中取出，将其分别置于 15、20、22、25、27 和 30℃(相对湿度 65%～75%，光周期 14L∶10D，下同)的恒温气候箱(浙江宁波江南仪器厂生产，RXZ～260A 型)中让其发育（记录放入气候箱的时间）。每天观察发育情况，待化蛹后，每个温度处理收集 100 头半闭弯尾姬蜂蜂蛹，每头蛹放于一个指型管中（记录每头蜂蛹的化蛹时间），观察蜂蛹羽化情况，羽化后，记录每头蜂蛹的羽化时间。统计计算半闭弯尾姬蜂各个发育阶段的发育时间（发育时间从接蜂 24 h 后算起）。

1.2.4　温度对半闭弯尾姬蜂羽化率的影响　半闭弯尾姬蜂的寄生发育同 1.2.3，待每个温度处理下的幼虫化蛹后，每个温度处理收集 100 头蜂蛹，设置 4 个重复，每个重复 25 头蜂蛹，分别放在相应的温度下继续让其发育，每天定时检查各处理和重复的蜂蛹羽化情况，待蜂蛹开始羽化后，每天记录羽化数量。羽化完毕后，统计记录每个温度下的羽化数量。

1.2.5　温度对半闭弯尾姬蜂性比的影响　半闭弯尾姬蜂的寄生发育同 1.2.3，待每个温度处理下的幼虫化蛹后，每个温度处理收集 100 头蜂蛹，设置 4 个重复，每个重复 25 头蜂蛹，分别放在相应的温度下继续让其发育，每天定时检查各处理和重复的蜂蛹羽化情况，待蜂蛹开始羽化后，每天记录羽化后的雌雄。羽化完毕后，统计记录每个温度下的性比。

1.3　数据统计和分析

试验中的数据采用 DPS 软件

2 结果与分析

2.1 小菜蛾幼虫数量对半闭弯尾姬蜂繁殖的影响

半闭弯尾姬蜂在不同小菜蛾幼虫数量密度下的寄生率见表 1。

表 1 结果表明：小菜蛾数量在 30~90 头之间时，随着小菜蛾数量的增加，半闭弯尾姬蜂对其的寄生数量也随着增加，寄生率却下降，经差异显著性检验，寄生率无显著性差异；当小菜蛾数量达到 110 头时，寄生数量和寄生率明显下降，与 30、50、70、90 头的寄生数量和寄生率相比存在显著性差异。

2.2 小菜蛾幼虫龄期对半闭弯尾姬蜂繁殖的影响

半闭弯尾姬蜂对小菜蛾不同龄期幼虫的寄生率见表 2。

表 2 结果表明：半闭弯尾姬蜂对小菜蛾 2 龄、3 龄、4 龄幼虫都能寄生，但对 2，3 龄小菜蛾幼虫的寄生率和寄生虫数显著高于 4 龄幼虫。经差异显著性检验：半闭弯尾姬蜂对 2 龄和 3 龄幼虫的寄生数量和寄生率无显著性差异，但 2 龄、3 龄和 4 龄相比，半闭弯尾姬蜂对 2 龄、3 龄的寄生数量和寄生率极显著高于对 4 龄幼虫的寄生数量和寄生率（$P<0.01$）。

2.3 温度对半闭弯尾姬蜂发育历期的影响

半闭弯尾姬蜂在不同温度下的发育历期见表 3。

表 1 小菜蛾数量对半闭弯尾姬蜂寄生率的影响

Table 1 Effect of number of *Plutella xylostella* on parasitic rate of *Diadegma semiclausum*

小菜蛾幼虫数量（头） Number of *Plutella xylostella*	寄生数量（头） Number of the parasitoid	寄生率(%) Parasitic rate
30	16.00	53.33±2.17 a
50	25.75	51.50±2.24 a
70	35.25	50.36±1.64 a
90	42.00	46.67±1.97 a
110	37.27	33.88±1.88 b

注：表内同列数据后标有不同小写字母表示差异显著（Duncan's 新复极差法，$P<0.05$）。表 3~表 5 同。

Data in the same column followed by different letters indicate significant difference (Duncan's new multiple range test, $P<0.05$). The same for Table 3 to Table 5.

表 2 小菜蛾幼虫龄期对半闭弯尾姬蜂寄生率的影响

Table 2 Effect of *Plutella xylostella* larvae with difference instar on parasitic rate of *Diadegma semiclausum*

小菜蛾幼虫龄期 *Plutella xylostella* larvae with difference instar	收蛹总数 Number of pupae	寄生数量 Number of the parasitoid	寄生率(%) Parasitic rate
2 龄 2nd instar	81.75	41.75 aA	51.14±1.16 aA
3 龄 3th instar	81.00	41.00 aA	50.59±0.43 aA
4 龄 4th instar	80.50	34.00 bB	42.28±1.76 bB

注：表内同列数据后标有不同字母表示差异显著（Duncan's 新复极差法，小写字母，$P<0.05$；大写字母，$P<0.01$）。

Data in the same column followed by different letters indicate significant difference (Duncan's new multiple range test, small letter, $P<0.05$; capital letter, $P<0.01$).

表 3　温度对半闭弯尾姬蜂发育历期的影响

Table 3　Effect of temperature on the developmental duration of *Diadegma semiclausum*

温度（℃）Temperature	发育历期（d）Developmental duration		
	卵-蛹 Egg-pupae	蛹-成虫 Pupae-adult	卵-成虫 Egg-adult
15	18.32±0.09a	17.73±0.13a	35.97±0.20a
20	10.21±0.08b	11.54±0.07b	21.75±0.11b
22	8.35±0.09c	10.20±0.07c	18.57±0.11c
25	7.92±0.05d	7.01±0.07d	14.92±0.10d
27	7.13±0.06 e	7.05±0.06d	14.29±0.07e
30	7.08±0.15e	—	—

表 3 结果表明：半闭弯尾姬蜂从卵至化蛹的发育历期在 15～30℃的温度范围内，随着温度的增加发育历期缩短，并且在 15～27℃温度处理下的各个发育历期存在显著性差异，27℃和 30℃条件下的发育历期无显著性差异；半闭弯尾姬蜂从蛹至成虫羽化的发育历期在 15～25℃的温度范围内，随着温度的增加发育历期缩短，并且在 15～25℃温度处理下的各个发育历期存在显著性差异，温度为 27℃时其发育历期为 7.05 d，相比 25℃时的发育历期有所延长，但经差异显著性检验其发育历期无显著性差异；半闭弯尾姬蜂从卵至成虫羽化的发育历期在 15～27℃的温度范围内，同样是随着温度的升高发育历期缩短，并且各个温度处理下的发育历期存在显著性差异。温度为 30℃时，半闭弯尾姬蜂卵至蛹的发育历期比 27℃的发育历期有所缩短但差异不显著，但化蛹后不能正常羽化。

2.4　温度对半闭弯尾姬蜂蛹的羽化率影响

在不同温度条件下，研究半闭弯尾姬蜂蛹的羽化率，结果见表 4。

结果表明：在 15～22℃的温度范围内，半闭弯尾姬蜂蛹的羽化率随着温度的升高而增加，并且各个温度处理下的羽化率存在显著性差异；在 22～27℃的范围内，半闭弯尾姬蜂蛹的羽化率随着温度的升高而降低，22℃和 25℃温度条件下羽化率无显著性差异，当温度升高到 27℃时羽化率降低到 75%，且 27℃条件下的羽化率与 22℃和 25℃条件下的羽化率存在显著性差异。温度为 30℃时，蜂蛹没有羽化。

2.5　温度对半闭弯尾姬蜂性比的影响

在不同温度条件下，研究半闭弯尾姬蜂的性比[♀/(♀+♂)]，结果见表 5。

结果表明：在 15～22℃的温度范围内，半闭弯尾姬蜂的性比随着温度的升高而增加，经差异显著性检验，各个温度处理下的性比无显著性差异。温度超过 25℃，达到 27℃时，性比明显降低，于 15～25℃的温度范围内的性比存在显著性差异。

表 4 温度对半闭弯尾姬蜂羽化率的影响

Table 4 Effect of temperature on the emergence rate of *Diadegma semiclausum*

温度（℃） Temperature	供试蛹数(头) Number of pupae	羽化数量(头) Number of emergence	羽化率(%) Emergence rate
15	25	17.50	70.00±0.05c
20	25	20.75	83.00±0.03b
22	25	23.00	92.00±0.02a
25	25	22.00	88.00±0.02a
27	25	18.75	75.00±0.02bc
30	25	—	—

表 5 温度对半闭弯尾姬蜂性比的影响

Table 5 Effect of temperature on the sex ratio of *Diadegma semiclausum*

温度（℃） Temperature	供试蛹数(头) number of pupae	羽化成蜂数(头) Number of emergence		性比♀/(♀+♂) Sex ratio
		雌 Female	雄 Male	
15	25	7.00	10.50	42.97±2.72a
20	25	9.75	11.00	47.07±2.35a
22	25	11.25	11.75	48.96±1.37a
25	25	8.25	13.75	37.29±5.31a
27	25	3.50	15.25	18.95±5.01b
30	25	—	—	—

3 讨论

在半闭弯尾姬蜂繁殖中，寄主小菜蛾是繁殖的先决条件，小菜蛾幼虫的数量和龄期对半闭弯尾姬蜂繁殖有直接影响。在提供相同龄期但数量不同的小菜蛾幼虫情况下，半闭弯尾姬蜂的寄生数量随小菜蛾幼虫数量的增加而增加，其寄生率没有显著性差异，当小菜蛾幼虫数量超过 90 头达到 110 头时，其寄生数量和寄生率明显下降，当小菜蛾幼虫数量增加到一定水平时，寄生数量就趋向稳定，说明半闭弯尾姬蜂对小菜蛾的寄生能力不是无限的，并不是提供寄主越多越好，天敌和寄主之间有一定的数量关系；半闭弯尾姬蜂对小菜蛾的 2、3、4 龄幼虫都能寄生，但对 2、3 龄幼虫的寄生数量和寄生率高于对 4 龄幼虫的寄生数量和寄生率，且差异性显著，这与蔡霞等（2006）报道的半闭弯尾姬蜂可寄生 2～4 龄的小菜蛾幼虫，但对 2、3 龄小菜蛾幼虫的寄牛率和寄生头数极显著高于寄生 4 龄幼虫的($P<0.01$)相一致，只是蔡霞等（2006）报道的寄生率要高

* 资助项目：公益性行业专项项目（201103002）；农业部 948 项目（2011-G4）

**E-mail: chenfsh36@163.com

***通讯作者，E-mail: zongqichen55@163.com

收稿日期：2013-10-08，接受日期：2013-11-06

一些，这可能与实验提供的半闭弯尾姬蜂的日龄和小菜蛾幼虫数量有关。

本实验是在室内条件下进行，寄生蜂和寄主被限制于一个有限、简单的封闭系统内。而且实验只是初步研究了半闭弯尾姬蜂和小菜蛾幼虫一些数量上的寄生关系，并且只是单因素方面的，对于影响寄生蜂寄生的因素、各因素间的相互影响作用尚有待于进一步研究。

温度在昆虫的生长发育过程中起着至关重要的作用，影响着昆虫的发育、存活、生殖、种群数量等(张世泽等，2004；向玉勇等，2011)，在天敌昆虫的室内饲养中，温度是影响寄生蜂室内群体繁殖的关键因素之一(原建强和李欣，2008)。在不同的温度条件下半闭弯尾姬蜂发育历期、羽化率和性比有显著性差异。温度不仅影响到半闭弯尾姬蜂发育历期，还影响到半闭弯尾姬蜂蜂蛹羽化率，当温度达到 30℃时，蛹没有正常羽化，说明高温环境条件下蛹的发育受到很大的影响，这与半闭弯尾姬蜂适宜于高海拔高原冷凉气候区域相吻合(Talekar and Yang，1991)。至于高温条件下半闭弯尾姬蜂蛹是停止发育，还是已经死亡，还有待于继续研究。

在半闭弯尾姬蜂室内饲养过程中经常出现后代性比严重失衡的情况：后代中雄性个体占多数，最严重的时候雌雄比(♀/♂)达到了 1/10，严重影响了室内的规模饲养，导致室内种群数量锐减以致断代，半闭弯尾姬蜂的性比问题成为室内规模繁殖成功与否的关键问题。实验结果也表明温度对半闭弯尾姬蜂的性比有影响。在 15～25℃的温度范围内，半闭弯尾姬蜂的性比没有显著的差异，并且性比能保持在一个相对稳定的状态，有关半闭弯尾姬蜂生物学习性的研究也证明了这一点(Talekar and Yang，1991)。寄生蜂的性别决定机制和性别控制因素是一系列相当复杂的问题，在研究寄生蜂的性比时，不仅要考虑遗传方面的原因，还要考虑雌蜂本身的原因，包括雌蜂的年龄、交配状况、营养等(Tillman，1994)，以及寄主方面的原因，包括寄主的大小、年龄、营养状况等和环境因素的影响包括温湿度、光周期、通风等(King，1996)。在本文中作者只是初步研究了环境因素中的温度因子对性比的影响，有关遗传方面的分配机制、雌蜂本身和寄主本身的影响，还有待于进一步深入研究。

结合上述结果，半闭弯尾姬蜂在室内繁殖过程中受到小菜蛾幼虫数量和龄期，以及温度的影响，因此在室内饲养扩繁半闭弯尾姬蜂时应考虑其对小菜蛾幼虫的选择性和寄生能力，选用 2～3 龄的小菜蛾幼虫，每对半闭弯尾姬蜂提供的幼虫数量为 40～50 头；以及温度对其发育、羽化和性比的影响，室内繁殖温度应该控制在 25℃以内，以 22℃为最适合温度。

参考文献 (References)

Amend J, Basedow T, 1997. Combining release establishment of *Diadegma semiclausum* (Hellen) (Hym., Ichneumonidae) and *Bacillus thuringensis* Berl. for control of *Plutella xylostella* (L.) (Lep., Yponomeutidae) and other lepidopteran pests in the Cordillera Region of Luzon (Philippines). *Journal of Applied Entomology*, 121: 337–342.

Chua TH, Ooi PAC, 1986. Evaluation of three parasites in the biological control of diamondback moth in the Cameron Highlands, Malaysia//Diamondback Moth Management. Proceeding of the First International Workshop. Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, Taiwan, China. 173–184.

Hardy JE, 1938. *Plutella maculipensis* curt its natural and biological control in England. *Bull. Entomol. Res.*, 29: 343–372.

King BH, 1996. Fitness effects of sex ratio response to host quality and size in the parasitoid wasp *Spalangia cameroni*. *Behav. Ecol.*, 7: 35–42.

Lee SG, Yoo JK, Choi BR, 1995. The biological characteristics and DBM density suppression effect of *Diadegma semiclausum*

Hellen. *RDA Journal of Agricultural Science. Crop Protection*, 37(1): 329–333.

Noda T, Miyai S, Takashino K, 2000. Density suppression of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponometidae) multiple releases of *Diadegma semiclausum* (Hymenoptera: Ichneumonidae) in cabbage fields in Iwate, northern Japan. *Applied Entomology and Zoology*, 35(4): 557–563.

Ooi PAC, 1992. Role of Parasitoid in managing diamondback moth in the Cameron Highlands, Malaysia //Talekar NS (ed.). Diamondback Moth and Other Crucifer Pests: Proceedings of the Second International Workshop. Asian Vegetable Research and Development Center, Tainan, Taiwan, China. 255–262.

Rivera NR, Salazar PB, 1993. Laboratory study on the biology of *Diadegma semiclausum* Hellen and semifield evaluation on its effectiveness for the biological control of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) on cabbage //Twenty-fourth Annual Scientific Meeting of the Pest Management Council of the Philippines. Laguna, Philippines. 4–7.

Saucke H, Dori F, Schmutterer H, 2000. Biological and integrated control of *Plutella xylostella* (Lep: Ponomeutiade) and *Crocidolomia pavonana* (Lep., Pyralidae) in brassica crops in Papua New Guinea. *Biocontrol Science and Technology*, 10: 595–606.

Talekar NS, Yang JC, 1991. Characteristic of parasitism of diamondback moth by two larval parasites. *Entomophaga*, 36(1): 95–104.

Talekar NS, Shelton AM, 1993. Biology, ecology and mangagement of the diamondback moth. *Annu. Rev. Emtomol*., 38: 275–301.

Tillman PG, 1994. Age-dependent parasitization and production of female progeny for *Microplitis croceipes*(Hymenoptera, Bra-conidae). *Southwest Ent*., 19(4): 335–338.

Waterhouse DF, Sands DPA, 2001. Classical Biological Control of Arthropods in Australia. ACIAR, Canberra. 399–404.

Wang XQ, Keller MA, 2002. A comparison of the host-searching efficiency of larval parasitoids of *Plutella xylostella*. *Ecological Entomology*, 27(1): 105–114.

Yang JC, Chu YI, Talekar NS, 1993. Biological studies of *Diadegma semiclausum*(Hym.: Ichneumonidae), a parasite of diamondback moth. *Entomophaga*, 38(4): 579–586.

Yang JC, Chu YI, Talekar NS, 1994. Studies on the characteristics of parasitism of *Plutella xylostella* (Lep: Plutellidae) by a laval parasite *Diadegma semiclausum* (Hym., Ichneumonidae). *Entomophaga*, 39(3/4): 397–406.

蔡霞, 郝仲萍, 施祖华, 陈学新, 2006. 寄主龄期对半闭弯尾姬蜂生物学特性的影响. 中国生物防治, 22(2): 92–95.[CAI X, HAO ZHP, SHI ZH, CHEN XX, 2006.The effect of host age on biological characteristics of *Diadegma semiclausum*. *Chinese Journal of Biological Control*, 22(2): 92–95.]

陈福寿, 王燕, 郭九惠, 陈宗麒, 李向永, 2010. 半闭弯尾姬蜂羽化、交配及产卵行为观察. 环境昆虫学报, 32(1): 132–135. [CHEN FSH, WANG Y, GUO JH, CHEN ZQ, LI XY, 2010. Observation on eclosion, mating and oviposition behaviors of *Diadegma semiclausum*. *Journal of Environmental Entomology*, 32(1): 132–135.]

陈宗麒, 谌爱东, 缪森, 罗开珺, 梁谊, 2001. 小菜蛾寄生性天敌研究及引进利用进展. 云南农业大学学报, 16(4): 308–312. [CHEN ZQ, CHEN AD, MIAO S, LUO KJ, LIAN Y, 2001. Progress in the research of parasitoids species of *Plutella xylostella*(L.)and their introduction and utilization in china. Journal of Yunnan Agricultural University, 16(4): 308–312.]

陈宗麒, 缪森, 杨翠仙, 罗开珺, 谌爱东, 沐卫东, 2003. 小菜蛾弯尾姬蜂引进及其控害潜能评价. 植物保护, 29(1): 22–24. [CHEN ZQ, MIAO S, YANG CX, LUO KJ, CHEN AD, MU WD, 2003. Introduction of a larval parasitoid *Diadegma semiclausum* Hellen and evaluation of its potency of controlling *Plutella xylostella* L. *Plant Protection*, 29(1): 22–24.]

李欣, 白素芬, 2004. 半闭弯尾姬蜂触角感觉器的超微结构研究. 河南农业大

学学报, 38(1): 45–48. [LI X, BAI SF, 2004. Ultrastructural studies on the antennal sensilla of *Diadegma semiclausum* Hellen. *Journal of Henan Agricultural University*, 38(1): 45–48.]

李欣, 刘树生, 王栋, 2002. 寄主植物对半闭弯尾姬蜂寄主选择行为的影响. 中国生物防治, 18 (4): 145–148. [LI X, LIU SHSH, WANG D, 2002. Effects of host plant on the host-selection behavior of *Diadegma semiclausum*. *Chinese Journal of Biological Control*, 18 (4): 145–148.]

潘健, 陈学新, 2003. 两种小菜蛾寄生蜂毒液器官超微结构的比较. 电子显微学报, 22(4): 298–303.[PANG J, CHEN XX, 2003. A comparative ultrastructure of the venom apparatus from two species of parasitic wasps of *Plutella xylostella*. *Journal of Chinese Electron Microscopy Society*, 22(4): 298–303.]

施祖华, 李庆宝, 李欣, 刘树生, 2003. 弯尾姬蜂与菜蛾啮小蜂种间竞争关系研究. 中国生物防治, 19(3): 97–102.[SHI ZH, LI QB, LI X, LIU SHSH, 2003. Interspecific competition between two parasitoids *Diadegma semiclausum* and *Oomyzus sokolowskii* in *Plutella xylostella*. *Chinese Journal of Biological Control*, 22(4): 298–303.]

施祖华, 李庆宝, 李欣, 刘树生, 2004. 半闭弯尾姬蜂与菜蛾盘绒茧蜂寄生菜蛾幼虫时的种间竞争. 昆虫学报, 47(3): 342–348. [SHI ZH, L1 QB, L1 X, LIU SHSH, 2004. Interspecific competition between *Diadegma semiclausum*(Hymenoptera Ichneumonidae) and *Cotesia plutellae*(Hymenoptera: Braconidae) in parasitizing *Plutella xylostella* larvae. *Acta Entomologica Sinica*, 47(3): 342–348.]

王世贵, 蒋芸芸, 2007. 两种小菜蛾寄生蜂产卵器感器的形态和超微结构. 动物分类学报, 32(2): 369–375.[WANG SHG, JIANG YY, 2007. Morphology and ultra structure of sense organs on the ovipositors of *Cotesia plutellae* and *Diadegma semiclausum*, two parasitic wasp of diamondback moth *Plutella xyllostella*. *Acta Zootaxonomica Sinica*, 32(2): 369–375.]

吴国星, 高熹, 王海宁, 刘小文, 2008. 氟虫腈和阿维菌素对小菜蛾及其寄生蜂半闭弯尾姬蜂的毒力研究. 江西农业学报, 20(5): 46–48.[WU GX, GAO X, WANG HN, LIU XW, 2008. Study on Virulence of Fipronil and Avermectins to *Plutella xylostella* and its parasite *Diadegma semiclausum*. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 20(5): 46–48.]

向玉勇, 汪美英, 张元昶, 刘克忠, 殷培峰, 2011. 温度对金银花尺蠖存活和繁殖的影响. 应用昆虫学报, 48(2): 364–369.[XIANG YY, WAGN MY, ZHANG YCH, LIU KZH, YIN PF, 2011. Effect of temperatures on survival and fecundity of *Heterolocha jinyinhuaphaga*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(2): 364–369.]

余海芳, 白素芬, 李欣, 何璠, 2010. 小菜蛾内寄生蜂——半闭弯尾姬蜂的种内竞争. 河南农业大学学报, 44(4):

432–437.[YU HF, BAI SF, LI X, HE P, 2010. Intraspecific competition in *Diadegma semiclausum*, a solitary endoparasitoid of *Plutella xylostella* larvae. *Journal of Henan Agricultural University*, 44(4): 432–437.]

原建强, 李欣, 2008. 半闭弯尾姬蜂性比的影响因素研究. 河南农业大学学报, 42(3): 334–336.[YUE JQ, LI X, 2008. Studies on the influencing factors of sex ratio of *Diadegma semiclausum* Hellén. *Journal of Henan Agricultural University*, 42(3): 334–336.]

张世泽, 郭建英, 万方浩, 张帆, 2004. 温度对不同品系丽蚜小蜂发育、存活和寿命的影响. 中国生物防治, 20(3): 174–177.[ZHANG SHIZ, GUO JY, WANG FH, ZHANG F, 2004. Effect of temperature on the development, survival and longevity of *Encarsia formos*. *Chinese Journal of Biological Control*, 20(3): 174–177.]