应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2011,48(2):254—259

云南不同菜区小菜蛾的产卵规律与发育起点温度*

李向永** 尹艳琼 赵雪晴 谌爱东***

(云南省农科院农业环境资源研究所 昆明 650205)

摘 要 在室内不同温度条件下(15~27℃,RH 60%~70%),系统测定了云南不同菜区小菜蛾 *Plutella xylostella* (L.)的产卵规律、发育起点温度和有效积温。结果表明,云南不同菜区小菜蛾的产卵规律、发育起点温度和有效积温有所不同,差异显著,呈现不同的区域性种群特征。(1)玉溪市通海县、昆明市呈贡县、红河州石屏县和曲靖市陆良县的小菜蛾单雌产卵量分别为213.0、182.5、132.2和71.6粒,区域间差异显著,以通海县小菜蛾种群的产卵量为最高,陆良县的最低;产卵天数分别为7.76、5.81、7.0和3.63 d。(2)玉溪市通海县、昆明市呈贡县、红河州石屏县、曲靖市陆良县和大理州弥渡县的小菜蛾全世代发育起点温度分别为:(9.5±0.5)、(10.0±0.5)、(9.3±1.0)、(9.2±0.7)和(9.4±0.8)℃;有效积温分别为:(407.2±17.2)、(404.5±15.4)、(419.2±29.6)、(383.0±20.5)和(398.0±23.9)日·度。

关键词 小菜蛾,产卵规律,发育起点温度,有效积温

The oviposition characteristics and threshold temperature of *Plutella xylostella* in the different vegetable planting region of Yunnan Province

LI Xiang-Yong** YIN Yan-Qiong ZHAO Xue-Qing CHEN Ai-Dong***

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

Abstract The oviposition characteristics, threshold temperature and effective accumulated temperature of *Plutella xylostella* (L.) were investigated under different temperature conditions in a laboratory (15-27℃, RH 60%-70%). The results showed that the oviposition characteristics, threshold temperature and effective accumulated temperature of *P. xylostella* from different areas were significantly different. Oviposition rates in Tonghai County, Kunming City, Shiping County and Luliang County were 213.0、182.5、132.2 and 71.6 eggs / female, respectively and the respective oviposition periods for these localities were 7.76、5.81、7.0 and 3.63 days. Threshold temperatures of all generations in Tonghai County, Kunming City, Shiping County, Luliang County and Midu County were (9.5±0.5), (10.0±0.5), (9.3±1.0), (9.2±0.7), and (9.4±0.8)℃, respectively, and the respective accumulated temperatures for these locations were (407.2±17.2), (404.5±15.4), (419.2±29.6), (383.0±20.5) and (398.0±23.9) degree-days.

Key words *Plutella xylostella*, oviposition characteristics, threshold temperature, effective accumulate temperature

小菜蛾 *Plutella xylostella* (L.)属鳞翅目(Lepidoptera),菜蛾科(Plutellidae),主要危害十字花科蔬菜,如甘蓝、花椰菜、青花菜、小白菜、芥菜等,寄主种类达40多种,对十字花科蔬菜的生产造成了毁灭性的破坏,已成为世界上不少国家和地区最难控制的害虫之一(Talekar and Shelton, 1993)。20世纪70年代后,小菜蛾上升为我国十字花科蔬菜主要害虫,一直是各蔬菜产区的重要防治对象,尤其是在长江流域、东南沿海地区较为严重,且危害逐年加重,对我国十字花科蔬菜的生产构成很大威胁(杨峰山等,2004)。目前,小菜蛾的生物学特点如产卵习性、取食习性、越冬和迁移

* 资助项目:公益性行业(农业)科研专项(200803001)。

** E-mail: lxybiocon@163.com

*** 通讯作者,E-mail: shenad68@163.com

收稿日期:2011-01-28,接受日期:2011-02-17

习性等方面已有多篇相关研究报道(柯礼道和方菊莲,1980;Chu,1986;陆自强和陈丽芳,1986;Miyahara,1987;马春森和陈瑞鹿,1991;王纪文等,1991;Honda *et al.*,1992;吕佩珂等,1992;Dosdall,1994;周爱农等,1994;薛明等,1994);发育起点温度及有效积温研究论文较少,已有学者研究报道了长沙地区(徐肇坤和张雄飞,1986)、扬州地区(陆自强等,1988)、公主岭地区(马春森和陈瑞鹿,1993)和宁夏地区(徐世才等,2006)小菜蛾的发育起点温度和有效积温,并对各地的小菜蛾发生世代数进行了预测。云南生物资源丰富,地形复杂,生态多样,蔬菜制度有所不同,不同菜区小菜蛾的发生与危害亦不相同,滇西南、滇南、滇东南和滇中小菜蛾发生较为严重。本研究的目的在于明确云南不同菜区小菜蛾种群的生物学特性,掌握其灾变规律与原因,提高其预测预报准确率,为制定综合防治技术提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　虫源

小菜蛾采自云南省主要蔬菜产区:玉溪市通海县、曲靖市陆良县、昆明市呈贡县和红河州石屏县及大理州弥渡县。

1.2　成虫产卵量及产卵规律

将小菜蛾蛹单头装入 1 mL 的离心管内,放置于人工气候箱内(25 ± 1)℃、RH 60% ~70%,L∶D = 14∶10;江南仪器厂,RZX380B),蛹羽化后及时按 1 雌 1 雄配对,配对后的小菜蛾成虫放入长 10 cm、口径 2 cm 的玻璃试管,管内放置蘸有 15% 蜂蜜水的棉花球以补充营养,2 cm × 2 cm 的卵箔纸 1 张供小菜蛾产卵。管口塞入棉球防止小菜蛾逃逸,配对后的小菜蛾成虫放置于人工气候箱(25 ± 1)℃、RH 60% ~70%,L∶D = 14∶10)内,逐日检查每对小菜蛾成虫的产卵量,并及时添加蜂蜜水和更换新的产卵箔。

1.3　发育起点温度和有效积温

将小菜蛾蛹按上述方法羽化后用卵箔纸收集 24 h 内新鲜虫卵,接卵至有 6 ~8 片外叶的甘蓝植株上,每株甘蓝接卵 40 ~50 粒。设置处理温度分别为 15、18、21、24 和 27℃,每处理 4 次重复。放入人工气候箱(RH 60% ~70%,L∶D = 14∶10)内,逐日检查每植株上卵、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ龄幼虫、蛹的发育历期。

1.4　数据处理方法

逐日记录各菜区小菜蛾的产卵量,用 SPSS 13.0(SPSS Inc.)中的 ANOVA 模块对各菜区平均产卵量进行多重比较方差分析。逐日检查并记录各菜区小菜蛾各龄期在不同温度条件下的发育历期,将发育历期代入下列公式进行计算,求出发育起点温度及有效积温。发育起点温度和有效积温的计算公式如下所述:

$$K = \frac{n\sum V\cdot T - \sum V\cdot \sum T}{n\sum V^2 - (\sum V)^2},$$

$$C = \frac{n\sum V^2\cdot \sum T - \sum V\cdot \sum VT}{n\sum V^2 - (\sum V)^2},$$

$$S_K = \sqrt{\frac{\sum (T - T')^2}{(n-2)\cdot \sum (V - \bar{V})^2}},$$

$$S_C = \sqrt{\frac{\sum (T - T')^2}{(n-2)}\left(\frac{1}{n} + \frac{\bar{V}^2}{\sum (V - \bar{V})^2}\right)}。$$

公式中 C 代表发育起点温度,K 代表有效积温常数,n 为观察组数,V 为发育速率(1/N),N 为发育历期,T 代表发育平均温度,T' 为 T 的理论值,$\bar{V}$ 为各观察组 V 的平均值,S_K、S_C 分别代表 K 和 C 的标准误差。

2　结果与分析

2.1　小菜蛾成虫产卵量及产卵规律

小菜蛾在配对后的 1 d 内即可开始产卵,如通海菜区小菜蛾产卵量为 41.3 粒/头,昆明、石屏及陆良菜区的则在配对后第 2 天开始产卵,产卵量分别为 30.2、2.9 和 4.4 粒/头,小菜蛾产卵持续时间可长达 11 ~13 d(表 1)。

各菜区小菜蛾成虫的产卵量有所差异。其中,通海菜区小菜蛾产卵量最高,为 213.0 粒/雌,陆良菜区的则最低,仅为 71.6 粒/雌,相差 2.97 倍,二者差异十分显著。昆明和石屏分别为 182.5、132.2 粒/雌。经方差分析表明,通海、昆明和石屏菜区的成虫产卵量差异不显著,石屏与陆良的差异不显著,通海、昆明两地均与陆良差异显著。

通海、昆明、石屏和陆良菜区的小菜蛾成虫配对后,7 d 内所产卵量分别为 182.6、132.7、80.9

和 54.5 粒/雌，占总产卵量的比例分别为 86%、76%、58% 和 82%；配对 7 d 后所产卵量分别为 30.4、49.8、51.3、17.1 粒/雌，占总产卵量的比例则分别为 14%、24%、42% 和 18%。除石屏地区外，其他地区 7 d 内的产卵量均占到 70% 以上。方差分析结果表明，通海、昆明、石屏及陆良 4 个地区小菜蛾单雌产卵量在配对后 7 d 内及 7 d 后在 $P=0.05$ 水平上差异显著。各地小菜蛾在配对后的 7 d 内产卵量较多，为整个产卵过程的高峰时期，而 7 d 后的产卵量逐渐下降。可根据各地的产卵情况，在收集小菜蛾卵的时候，只需收集羽化后 7 d 内所产的卵（图 1）。

各菜区小菜蛾成虫的平均产卵天数如图 2 所示，其中以通海地区小菜蛾的产卵天数最长，达 7.76 d，其次为石屏，7.0 d；昆明，5.81 d。陆良地区小菜蛾平均产卵天数最短，仅为 3.63 d。方差分析结果表明，在 $P=0.05$ 水平上，通海与石屏、昆明两地小菜蛾产卵天数差异不显著；通海、石屏两地均与陆良差异显著；昆明与陆良差异不显著。

表 1 云南省不同菜区小菜蛾成虫逐日产卵量及总产卵量（粒）

Table 1 Total and day by day oviposit quantity of *Plutella xylostella* in different vegetable planting region of Yunnan Province

地点 Site	配对数 No.	配对后 1 d 1 d after mating	配对后 2 d 2 d after mating	配对后 3 d 3 d after mating	配对后 4 d 4 d after mating	配对后 5 d 5 d after mating	配对后 6 d 6 d after mating	配对后 7 d 7 d after mating
通海 Tonghai	25	41.3 ± 8.3a	17.7 ± 4.3ab	31.6 ± 6.0a	30.5 ± 5.3a	24.7 ± 2.7ab	23.2 ± 3.1a	13.7 ± 2.4a
昆明 Kunming	17	0.0 ± 0.0a	30.2 ± 9.7a	33.8 ± 9.0a	26.9 ± 6.1ab	19.2 ± 5.7ab	12.1 ± 4.1ab	10.6 ± 6.1a
石屏 Shiping	16	0.0 ± 0.0b	2.9 ± 1.9b	11.4 ± 5.2b	3.5 ± 1.3a	28.1 ± 7.2a	19.3 ± 5.0ab	15.9 ± 4.8a
陆良 Luliang	16	0.0 ± 0.0b	4.4 ± 4.3b	9.1 ± 5.2b	18.9 ± 9.4b	4.9 ± 1.7c	10.9 ± 5.5 b	6.3 ± 2.6a

地点 Site	配对数 No.	配对后 8 d 8 d after mating	配对后 9 d 9 d after mating	配对后 10 d 10 d after mating	配对后 11 d 11 d after mating	配对后 12 d 12 d after mating	配对后 13 d 13 d after mating	总产卵量 Total oviposit quantity
通海 Tonghai	25	10. ± 2.3a	6.9 ± 1.9a	5.5 ± 1.7ab	7.2 ± 2.8ab	0.0 ± 0.0b	0.0 ± 0.0a	213.0 ± 17.5a
昆明 Kunming	17	13.6 ± 3.5a	9.6 ± 3.4a	10.0 ± 3.0a	11.6 ± 2.8ab	4.0 ± 1.9ab	1.0 ± 0.5a	182.5 ± 23.2a
石屏 Shiping	16	17.6 ± 6.0a	8.1 ± 2.4a	11.4 ± 4.0a	7.0 ± 1.6a	7.3 ± 2.2a	0.0 ± 0.0a	132.2 ± 27.6ab
陆良 Luliang	16	11.8 ± 5.7a	3.6 ± 1.5a	1.8 ± 0.9b	0.0 ± 0.0b	0.0 ± 0.0b	0.0 ± 0.0a	71.6 ± 18.4b

注：同行不同小写英文字母代表差异显著（$P<0.05$），下同。

Data followed by different small letter in the same raw indicate significantly different at 0.05 level. The same below.

各地间小菜蛾产卵历期不一致在一定程度上决定了产卵量多少，通海地区小菜蛾产卵天数最长，相应产卵量最多，陆良产卵天数最短，产卵量最低。经线性拟合 4 地区小菜蛾产卵量（Y）与产卵天数（X）之间的关系，如图 3 所示，$Y=-9.1125X^2+138.79X-312.43$，$R^2=0.991$，相关系

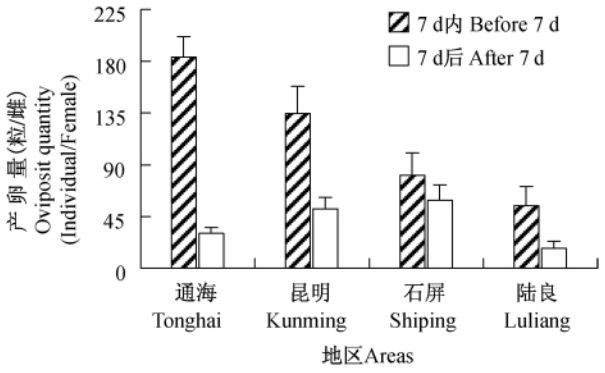

图 1　云南主要菜区小菜蛾产卵规律

Fig. 1　Oviposition regularity of *Plutella xylostella* in main vegetable planting region of Yunnan Province

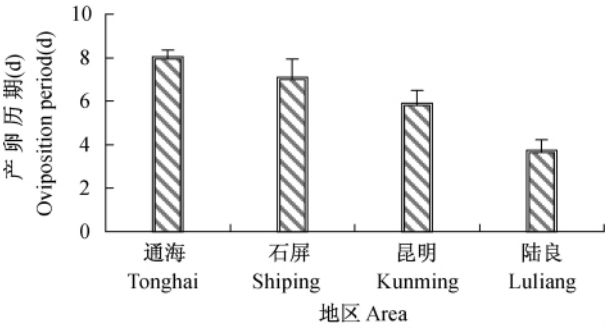

图 2　云南主要菜区小菜蛾单雌产卵历期(d)

Fig. 2　Oviposition period of *Plutella xylostella* in main vegetable planting region of Yunnan Province

数 $r = 0.9955^{**}$,在 $P = 0.01$ 水平达到极显著水平。

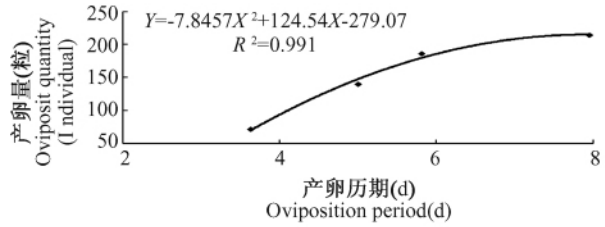

图 3　小菜蛾单雌产卵量与产卵历期的关系

Fig. 3　Relationship between the oviposition period and oviposit quantitiy of *Platella xylostella* in Yunnan Province

2.2　小菜蛾发育起点温度和有效积温

云南玉溪市通海县、曲靖市陆良县、昆明市呈贡县和红河州石屏县及大理州弥渡县各菜区小菜蛾发育起点温度及有效积温如表 2 所示。

在小菜蛾全世代的发育起点温度上,通海菜区、石屏菜区、陆良菜区与弥渡菜区的则较为接近,分别为 9.5、9.3、9.2 和 9.4℃,昆明菜区的为 10℃,三者与昆明菜区的要偏低 0.5 ~ 0.8℃。这与国内其它学者研究的有所差异,云南菜区小菜蛾发育起点温度较国内其它地区稍偏低。

3　讨论

小菜蛾羽化配对后即可产卵,但云南各地区间小菜蛾的产卵规律有所不同。通海、昭通两地小菜蛾在配对后的 1 d 内即可开始产卵,这与柯礼道和方菊莲(1980)、王纪文等(1991)的研究结果一致,而昆明、石屏及陆良则在配对后第 2 天开始产卵。小菜蛾产卵持续时间可长达 11 ~ 13 d,单雌成虫的产卵量分别为通海 213.0 粒/雌;昆明 182.5 粒/雌;石屏 132.2 粒/雌;云南菜区除陆良外,其他菜区小菜蛾的平均单雌产卵量均超过 100 粒/雌,与国内学者的其他相关研究结果一致,但陆良菜区小菜蛾的产卵量只有 71.6 粒/雌,其原因有待分析。同时,研究表明,在室内饲养小菜蛾种群时,可将羽化后 7 d 内作为收集虫卵的关键时期。

目前,国内关于小菜蛾的发育起点温度和有效积温结果不尽相同(徐肇坤和张雄飞,1986;陆自强等,1988;马春森和陈瑞鹿,1993;徐世才等,2006),这与不同的地理条件而异,也可能与实验条件、寄主植物的营养条件、实验方法等有关。本次试验与其他学者的研究方法不同,没有采取单头饲养法,而是将一定数量的小菜蛾接到同批次种植的 4 ~ 6 叶甘蓝苗上,观察小规模种群的发育历期,此种方法能更好的模拟小菜蛾的田间自然种群的发育动态水平。由于不同菜区的地理环境、气候条件不同,推测小菜蛾发生世代数和预测预报小菜蛾的种群发展需与当地的适时气象资料相结合。如昆明地区 2009 年度室外日均温高于发育起点温度 10.0℃的有效积温为 2 552.7 日·度(中国气象科学数据共享服务网. http://cdc.cma.gov.cn/),以此推算昆明地区小菜蛾年发生世代数最少为 6.3 代,这与实际调查的发生代数相比偏低;这可能是由于在试验中观察记录的历期为各虫态的最长历期,相对于单头观察而言,发育历期要比单头发育历期要长,在一定程度上增

表 2　各菜区小菜蛾发育起点温度及有效积温

Table 2　The threshold temperature and effective accumulate temperature of *Plutella xylostella* in different vegetable planting region of Yunnan Province

虫态 Stages	通海 Tonghai		昆明 Kunming		石屏 Shiping		陆良 Luliang		弥渡 Midu	
	发育起点温度 C	有效积温 K	发育起点温度 C	有效积温 K	发育起点温度 C	有效积温 K	发育起点温度 C	有效积温 K	发育起点温度 C	有效积温 K
卵 Egg	10.3 ± 1.3	50.6 ± 5.8	11.1 ± 1.2	38.3 ± 4.4	11.6 ± 1.0	32.4 ± 3.3	10.4 ± 0.9	37.4 ± 3.0	11.5 ± 0.9	29.8 ± 2.8
Ⅰ龄 1st instars	11.8 ± 0.9	32.2 ± 2.9	9.1 ± 1.5	45.5 ± 5.4	10.8 ± 0.9	32.0 ± 2.7	12.5 ± 1.6	36.9 ± 6.3	10.5 ± 1.1	36.5 ± 3.7
Ⅱ龄 2nd instars	11.9 ± 1.0	46.0 ± 4.6	13.0 ± 0.6	41.4 ± 2.6	12.7 ± 1.1	28.5 ± 3.4	12.3 ± 1.1	44.7 ± 5.1	11.3 ± 1.5	39.2 ± 5.7
Ⅲ龄 3th instars	11.4 ± 0.9	53.6 ± 4.6	11.1 ± 0.6	60.5 ± 3.5	9.8 ± 1.0	50.3 ± 4.2	10.3 ± 1.6	61.3 ± 8.4	12.7 ± 1.6	44.9 ± 8.2
Ⅳ龄 4th instars	9.6 ± 0.9	100.0 ± 7.8	8.4 ± 1.1	121.8 ± 9.9	7.3 ± 0.8	138.6 ± 8.0	8.6 ± 1.7	109.3 ± 14.0	8.6 ± 0.5	126.3 ± 5.3
蛹期 Pupae	8.7 ± 1.1	86.4 ± 7.1	10.9 ± 0.6	75.5 ± 4.2	10.7 ± 1.2	76.4 ± 8.2	10.8 ± 1.6	74.0 ± 9.1	13.3 ± 1.3	56.6 ± 8.8
全世代 Total generate	9.5 ± 0.5	407.2 ± 17.2	10.0 ± 0.5	404.5 ± 15.4	9.2 ± 0.7	383.0 ± 20.5	9.3 ± 1.0	419.2 ± 29.6	9.4 ± 0.8	398.0 ± 23.9

加了全世代的发育有效积温(张志燕等,2009)。随着全球气候变暖的变化,各地的活动积温及小菜蛾发育的有效积温有增加的趋势。如与 1980 年的活动积温数据(云南省气象局,1983)相比,2009 年高于 10.0℃的活动积温增加了 1198.3 日·度,小菜蛾的有效积温也会相应的增加,但具体数据有待于结合当地的实际气象资料进行分析。

云南菜区小菜蛾的有效积温在 383.0 ~ 419.2 日·度之间,这与国内研究差异较大,如公主岭的为 298.74 日·度(马春森和陈瑞鹿,1993),长沙的为 210.8 日·度(徐肇坤和张雄飞,1986),相差近 1.5 ~ 2.0 倍,其原因有待做进一步深入研究。小菜蛾的发育起点温度与有效积温存在因地理条件而异。因此,在进行小菜蛾发生世代预测预报时,应根据当地的发育起点温度和有效积温来进行计算,才切合当地实际。

致谢:本实验所用的供试虫源分别由通海县植保植检站、昆明市植保植检站、弥渡县植保植检站、陆良县植保植检站和石屏县植保植检站采集提供,在此表示衷心感谢!

参考文献(References)

Chu YI,1986. The migration of diamondback moth // Talekar N, Griggs TG (eds.). Diamondback Moth Management, Proceedings of the First International Workshop. Taiwan China Asian Research and Development Center. 77—81.

Dosdall LM,1994. Evidence for successful overwintering of diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae),in Alberta. *Can. Entomol.*,126 (1): 183—185.

Honda K, Miyahara Y, Kegasawa K, 1992. Seasonal abundance and the possibility of spring immigration of the diamondback moth, *PluteILa xvlostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Yponomeutidae), in Morioka city, northern Japan. *Appl. Entomol. Zool.*,27 (4): 517—525.

柯礼道,方菊莲,1980. 小菜蛾生物学研究:生活习性的观察. 植物保护学报,7 (3): 139—143.

陆自强,陈丽芳,1986. 扬州地区小菜蛾的研究. 江苏农业科学,(2): 21—23.

陆自强,陈丽芳,祝树德,1988. 温度对小菜蛾发育与增殖影响的研究. 昆虫知识,25(3): 147—149.

吕佩珂,李明远,吴钜文,1992. 中国蔬菜病虫原色图谱. 北京:农业出版社. 238—239.

马春森,陈瑞鹿,1991. 菜蛾越冬与迁飞问题的研究. 首届全国青年植物保护科技工作者学术讨论会论文集,中国科学技术出版社. 294—299.

马春森,陈瑞鹿,1993. 温度对小菜蛾(*Plutella xylostella* L)发育和繁殖影响的研究. 吉林农业科学,(3): 44—49.

Miyahara Y,1987. Simultaneous trap catches of the oriental armyworm and the diamondback moth during the early flight season at Morioka. *Jap. Appl. Entomol. Zool.*,31 (2): 138—143.

Talekar NS, Shelton AM, 1993. Biology, ecology, and management of the diamondback moth. *Annu. Rev. Entomol.*,38: 275—301.

王纪文,伍海森,林珏,1991. 小菜蛾在海南的生物学与防治研究. 海南大学学报自然科学版,9 (4): 45—48.

徐世才,白重炎,贺达汉,齐龙,任登周,2006. 菜蛾的发育起点温度和有效积温研究. 西北农业学报,15(2): 88—90.

徐肇坤,张雄飞,1986. 小菜蛾发育起点温度及有效积温常数的研究. 昆虫知识,23(2):62—64.

薛明,毛永逊,李强,1994. 小菜蛾生物学特性及药剂防治研究. 莱阳农学院学报,11(增刊):137—140.

杨峰山,张友军,张文吉,徐宝云,吴青君,2004. 用甘蓝苗连续饲养小菜蛾的技术. 昆虫知识,41 (5): 483—486.

云南省气象局编. 云南省农业气象资料集. 云南人民出版社. 1983.

张志燕,郑向荣,罗庆怀,周启荣,蔡衡,龙见坤,2009. 自然变温条件下小菜蛾年生活史及群体生长发育的研究. 中国农学通报,25(14):207—212.

中国气象科学数据共享服务网. http://cdc.cma.gov.cn/

周爱农,马晓林,马承铸,1994. 甘蓝田四种鳞翅目幼虫的生物学特性及其田间株内分布. 植物保护学报,3: 225—229.