

滇中菜区小菜蛾种群消长动态及其影响因子*

赵雪晴^{1**} 尹艳琼¹ 谌爱东^{1***} 沐卫东² 李向永¹ 黄春芬² 艾英²

(1. 云南省农业科学研究院农业环境资源研究所, 昆明 560205; 2. 通海县植保植检站, 通海 652700)

摘要 【目的】掌握区域小菜蛾 *Plutella xylostella* (L.)田间种群发生消长规律及温度、降雨和种植制度模式对种群的影响。【方法】2009—2014年, 采用性诱剂监测和田间系统调查方法连续6年对滇中菜区——通海县小菜蛾田间种群数量开展成虫和幼虫田间种群数量的研究, 分析当地月平均气温、月降雨量和种植模式因素对小菜蛾种群数量的相关性。【结果】(1) 通海小菜蛾成虫种群消长年度间波动差异明显, 全年呈现1个大的虫峰期为2—11月份, 年度间出现小的2~3个虫峰。2012年种群数量较高, 高峰期提前到4月份, 与2013年高峰期的7—8月份差异明显, 2010年和2011年田间种群数量是历年较少年份, 种群高峰期的虫量少于百头/盆(卡)/月; (2) 小菜蛾幼虫种群全年有2~3个危害峰期, 3—6月是发生主峰期, 9—11月是弱峰期; 与成虫高峰期比较, 幼虫田间种群, 高峰期推迟20~30 d左右, 全年的波动消长情况基本一致; (3) 小菜蛾成虫与温度显著相关 $r = 0.442$, 与降雨量成正相关 $r = 0.283$, 但相关程度弱; 幼虫种群与温度显著相关 $r = 0.530$, 相关程度显著, 与降雨没有相关性 $r = 0.125$, 相关程度微弱; 幼虫种群与成虫有相关性 $r = 0.253$, 但相关程度微弱。【结论】滇中菜区常年成片种植十字花科蔬菜, 一年4造、周年复种的种植制度对小菜蛾的种群发生有促进作用, 区域模式相对稳定是造成小菜蛾种群周年活动频繁危害严重的主要原因之一。

关键词 小菜蛾, 种群消长, 气温, 降雨, 种植模式, 通海

Population dynamics of the diamondback moth in Tonghai, Yunnan

ZHAO Xue-Qing^{1**} YIN Yan-Qiong¹ CHEN Ai-Dong^{1***}
MU Wei-Dong² LI Xiang-Yong¹ HUANG Chun-Fen² AI Ying²

(1. Institute of Agricultural Environment and Resources, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 560205, China;

2. Tonghai County Plant Protection and Quarantine Station, Tonghai 652700, China)

Abstract [Objectives] To understand the regional occurrence of the diamondback moth and the effects of temperature, rainfall patterns and cropping planting systems on the population dynamics of this species in Tonghai County, Yunnan. [Methods] Field surveys were conducted for five consecutive years between 2009 and 2014, using sex pheromone monitoring and other survey methods to quantify adult, and larval, populations dynamics, and the effects of monthly mean temperature, monthly rainfall and cropping patterns on the abundance of adults and larvae were analyzed. [Results] (1) The adult population fluctuated significantly between 2009 and 2014. A single, major peak of abundance occurred from February to November in all years, although some years also had 2-3 small population peaks. The highest abundance was recorded in 2012, in which the onset of the peak period advanced to April, and which was significantly higher than abundance recorded in July-August 2013. Population sizes in 2010 and 2011 were relatively small, < 100/pot (card)/month; (2) Larvae were present in every month of the year in all years, each of which had 2-3 peak periods of larval abundance with April to June being the main peak period with a smaller peak from September to November. The larval population peak occurred 20 -30 days after the peak

*资助项目 Supported projects: 国家公益性行业(农业)科研专项(200803001, 201103021)

**第一作者 First author, E-mail: snow.xue-5@163.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: shenad68@163.com

收稿日期 Received: 2016-01-09, 接受日期 Accepted: 2016-02-07

in adult abundance, but fluctuations in the adult and larval populations were basically the same throughout the year; (3) The size of the adult population was significantly correlated with both temperature ($r = 0.442$), and rainfall, ($r = 0.283$), but the degree of correlation was weak. Larval abundance was significantly correlated with temperature ($r = 0.530$), but not rainfall ($r = 0.125$). Larval and adult abundance were positively correlated with each other ($r = 0.253$), but the strength of correlation was weak. **[Conclusion]** The year-round planting of cruciferous vegetables promotes high diamondback moth numbers and consequently increased crop damage. This regional planting pattern is one of the main reasons for the frequent, serious crop damage caused by the diamondback moth in Tonghai County.

Key words *Plutella xylostella*, population dynamics, temperature, rainfall, planting system, Tonghai county

云南省地处低纬度内陆地区, 地形、地貌和气候类型十分复杂, 西南部多为低热河谷, 干湿季节分明, 全年无霜, 中东部属温带气候, 四季如春, 具有蔬菜周年生产得天独厚的自然条件。云南省蔬菜种植面积已达到 100 多万 hm^2 , 十字花科蔬菜占蔬菜种植面积的 50% 以上。通海县位于云南中部, 东经 $102^\circ 30'$, 北纬 $23^\circ 65'$, 海拔 1 820 m, 年平均气温 16.6°C , 常年以白菜、甘蓝为主的叶菜类种植 0.57 万 hm^2 , 产量 26 万吨; 以萝卜、花椰菜为主的块根块茎菜类种植 0.43 万 hm^2 , 产量 17 万吨, 形成“南菜北运”的主要生产基地, 蔬菜四季种植, 复种指数为 283%, 部分田块能达到每年种植 4~5 造(季), 是滇中蔬菜主要种植区, 小菜蛾发生与为害较为严重(龙荣华等, 2013)。小菜蛾 *Plutella xylostella* (L.) 属鳞翅目(Lepidoptera) 菜蛾科(Plutellidae), 是十字花科蔬菜的主要害虫之一。通海特殊的气候条件和种植习惯为小菜蛾发生与危害创造了良好的生存环境, 在该菜区种植的十字花科类蔬菜上(如甘蓝、花椰菜、青花菜、小白菜和芥菜等)维持一个较高的危害水平。项目组从 2009 年开始就对通海县小菜蛾进行种群消长监测和发生规律研究, 探索云南高原菜区小菜蛾田间的种群消长和发生特点, 旨在为生态蔬菜的安全生产提供小菜蛾可持续防控的理论依据。

1 材料与方法

1.1 监测点

滇中玉溪市通海县秀山镇($\text{N}23^\circ 65' 11''$, $\text{E}102^\circ 30' 25''$, 海拔 1 820 m)。

1.2 成虫种群监测

1.2.1 材料来源 2009—2010 年, 采用宁波纽康生物技术有限公司生产的小菜蛾性信息素诱芯。自制水盆型诱蛾器 2 个(盆, 规格 $30\text{ cm} \times 25\text{ cm}$), 放在菜田中央, 2 个诱蛾器间距 $>50\text{ m}$; 2011—2014 年, 使用中国科学院动物研究所害虫无公害防治项目组提供的小菜蛾性诱芯。宁波纽康生物技术有限公司生产的粘胶型诱蛾器, 监测点设性诱蛾器 2 个, 放在菜田中央, 间距 $>50\text{ m}$ 。

1.2.2 调查方法 2009—2010 年使用水盆诱扑器, 每日计数水盆中的诱蛾量(头), 为确保引诱效果, 须定期给水盆加水, 保持盆中水面与诱芯的高度为 2~3 cm。每次调查完毕清理水盆中的杂质; 2011—2014 年使用粘板(卡)诱捕器, 每 5 d 调查 1 次粘胶板上的诱蛾量(头), 记数完成后, 用 10 cm 的小镊子处理粘胶板上的死蛾, 保持胶板清洁。诱芯必须每 30 d 换 1 次。

1.3 幼虫种群调查

1.3.1 时间 从 2009 年 1 月开始, 每 7 d 调查 1 次, 至 2014 年 12 月, 连续监测。

1.3.2 方法 选取菜农按当地施药方式和用药习惯进行防治的甘蓝类的菜田各 1 块, 定植成活后开始调查。调查过程中, 若遇产品收获, 重选 1 块管理水平相近的相邻菜田继续调查。采用对角线五点取样法, 每点随机抽选 5 株菜株, 每田块每次取样 25 株, 整株调查, 查看有虫株率、卵、幼虫(低龄为第 1~2 龄; 高龄为第 3~4 龄)、蛹数, 计录各虫态量。

1.4 气候数据

气候数据由通海县气象局提供。

1.5 相关性分析

用 SPSS Pearson 法进行相关性分析,通过相关系数来描述相关程度: $|r|=0$ 无相关; $|r|<0.3$ 微弱相关; $|r|=0.3\sim0.5$ 低度相关; $|r|=0.5\sim0.8$ 显著相关; $|r|>0.8$ 高度相关, $|r|=1$ 完全相关(李玉光等, 2014)。

2 结果与分析

2.1 成虫田间种群消长动态

2009 年 1 月, 通海小菜蛾成虫 1 月累计量 630 头/盆(卡), 以后各月逐步上升至 5 月达到高点 1 562 头/盆(卡)/月, 后平缓下降, 10 月以后低于 500 头/盆(卡) 以下, 12 月为最低 278 头/盆(卡), 全年形成 1 个大峰期, 1—9 月虫量均在千头/盆(卡)/月以上(图 1); 2010 年整体虫量较低, 成虫田间种群数量小于 200 头/月/盆(卡), 但 3 月至 12 月虫量保持在 140~180 头/盆(卡)/月之间, 种群最高月为 5 月和 7 月分别为 179 和 182 头/盆(卡), 6 月和 9 月有两个下降区间, 使全年形成 3 个虫峰期(图 2); 2011 年虫量更低, 1、2 月和 11、12 月总诱虫量在 50 头/盆(卡) 以下, 除最高点 8 月为 141 头/盆(卡) 外, 其余各月均在 50~100 区间变动。全年有 2 个峰期, 分别在 4 月和 8 月(图 2);

2012 年是田间成虫种群数量最多的 1 年, 1 月虫量基数 26 头/盆(卡), 但 3 月后急剧上升, 4 月达到 2 674 头/盆(卡), 后逐渐下降直至 12 月才回落, 全年共 3 个峰期, 4 月份出现 1 个大峰期, 8 月和 10 月还有 2 个小虫峰, 与 2011 年类似(图 1); 2103 年 3 月虫量突破 500 头/盆(卡) 后, 7 月到达最高点 1 636 头/盆(卡), 4 月有小幅下降, 使全年形成一小一大两个虫峰(图 1); 2014 年 3 月虫量上升, 5 月份出现虫量达到最高点 963 头/盆(卡), 7 月小幅回落, 9 月再有 1 个峰值。全年明显的 2 个峰期, 分别在 5 月和 9 月(图 1)。

从 2009—2014 年通海小菜蛾成虫的消长规律来看, 该菜区全年均可诱集到小菜蛾成蛾, 每年有 1~2 个发生期, 分别在 3—6 和 8—10 月。发蛾高峰出现的时间区间随年度变化有前移和后推的现象; 年度间成虫虫量存在很大差异; 年度内最高虫量出现在 4 月和 5 月的几率大于其它月份。不管当年有几个成虫峰期出现, 虫量多大, 1 月虫量是全年最低水平, 12 月虫量均会回落。

总体上, 云南蔬菜主产区通海县的小菜蛾田间种群消长年度间有所差异, 虫峰的形成全年有一个大的虫峰期, 但年度间出现小的 2~3 个虫峰, 同时, 田间种群数量差异明显, 以 2012 年种群数量较高, 且高峰期提前到 4—5 月, 与 2013 年虫峰期的 7—9 月份差异明显, 2010 年和 2011

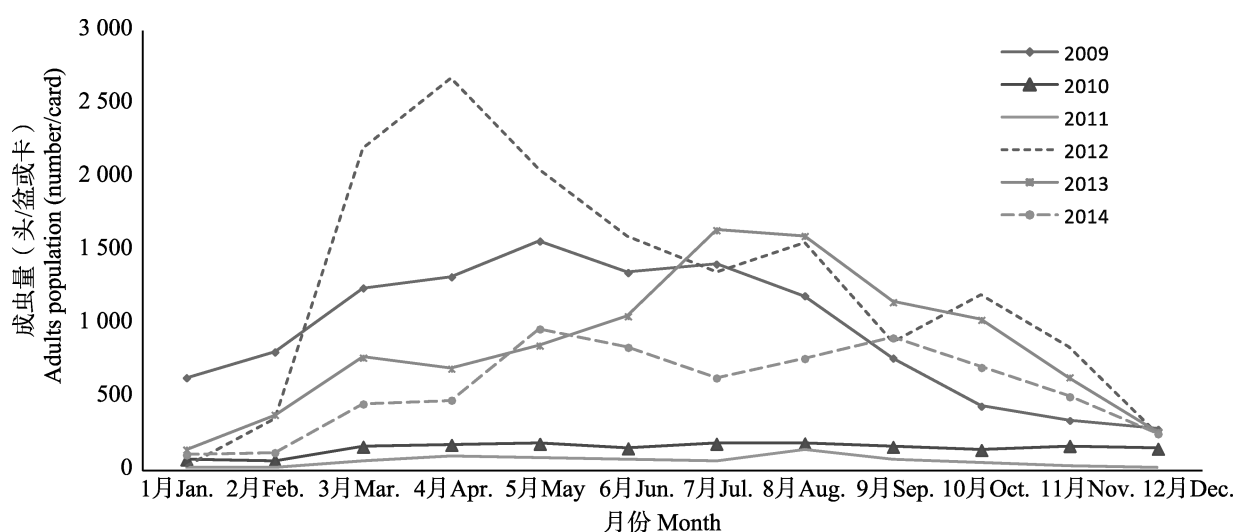


图 1 通海县小菜蛾成虫田间种群消长动态 (2009—2014)

Fig. 1 Field adult population dynamics of *Plutella xylostella* in Tonghai County (2009-2014)

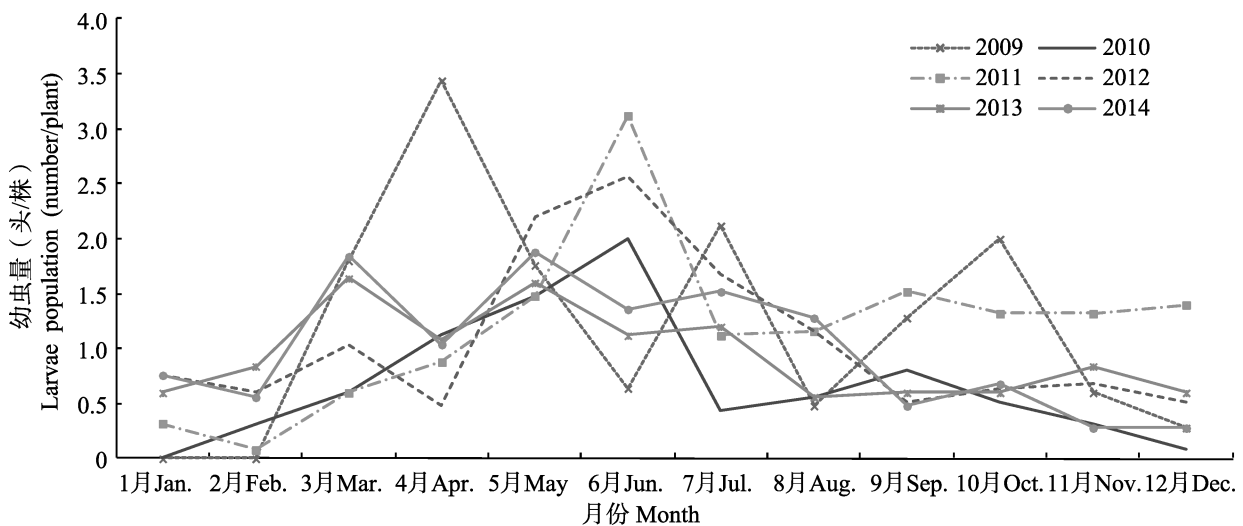


图 2 通海县小菜蛾幼虫田间种群消长动态 (2009—2014)
Fig. 2 Field larvae population dynamics of *Plutella xylostella* in Tonghai County (2009-2014)

年田间种群数量是历年较少年份, 种群高峰期的虫量少于百头/盆 (卡) /月。

2.2 幼虫田间种群消长动态

通海小菜蛾田间幼虫种群的消长动态变化差异显著 (图 3)。2009 年 4 月、7 月和 10 月出现 3 个种群高峰值, 虫量分别为 3.44、2.12 和 1.28 头/株/月; 2010 年和 2011 年有 2 个高峰期, 即 6 月主峰值虫量为 2 和 3.12 头/株/月, 9 月弱峰值虫量 0.8 和 1.52 头/株/月; 2012 年和 2014 年也出现 2 个危害峰, 即 3 月弱峰值 1.04 和 1.64 头/株/月, 6 月或 5 月主峰值 2.56 和 1.2 头/株/月; 2013 年呈现 3 个高峰峰, 即 3 月、5 月的主峰和 10 月的弱峰, 峰值分别为 1.84、1.88 和 0.68 头/株/月。总体上, 通海小菜蛾幼虫全年有 2~3 个危害峰期, 4—6 月是危害的主峰期, 9—11 月是弱峰期; 与成虫高峰期比较, 幼虫田间种群, 高峰期推迟 20~30 d 左右, 全年的波动消长情况

基本一致。
2.3 小菜蛾种群数量与气温、降雨量的相关性

2009—2014 年, 通海县全年月平均气温在 8~22℃间, 最低不低于 8℃, 最高不超过 22℃。最低温一般出现在 1 月或 12 月, 最高温一般出现在 6 月或 7 月; 5 年间, 通海县全年降雨量在 500~1 100 mm 之间, 2011 年最低为 585 mm, 2014 年最高为 1 008 mm。1—3 月, 雨量较少, 旱情也会持续到 4 月。5 月降雨量有所增加, 6—9 月是雨季, 10 降雨减少。

从表 1 中可以得出, 小菜蛾成虫与温度的 r 值=0.442, 在 0.3~0.5 之间, 说明小菜蛾成虫的发生量与温度相关程度为低度, 在 0.01 水平上具有显著性; 成虫与降雨的 r 值=0.283, 小于 0.3, 相关程度微弱; 小菜蛾幼虫与温度的 r 值=0.530, 在 0.5~0.8 之间, 说明小菜蛾幼虫的发生量与温度相关程度显著, 在 0.01 水平上具有显著性; 幼虫与降雨的 r 值=0.125, 小于 0.3, 说明小菜蛾

表 1 小菜蛾种群数量与温度及降雨量的相关性 (2009—2014)
Table 1 The correlation between population number of *Plutella xylostella* and temperature and rainfall (2009-2014)

小菜蛾 <i>Plutella xylostella</i>	温度 Temperature	降雨量 Rainfall	成虫 Adult
成虫 Adult	0.442**	0.283*	-
幼虫 Larva	0.530**	0.125	0.253*

*, **分别表示 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ 的显著性。
*, ** show significantly different at 0.05 and 0.01 level, respectively.

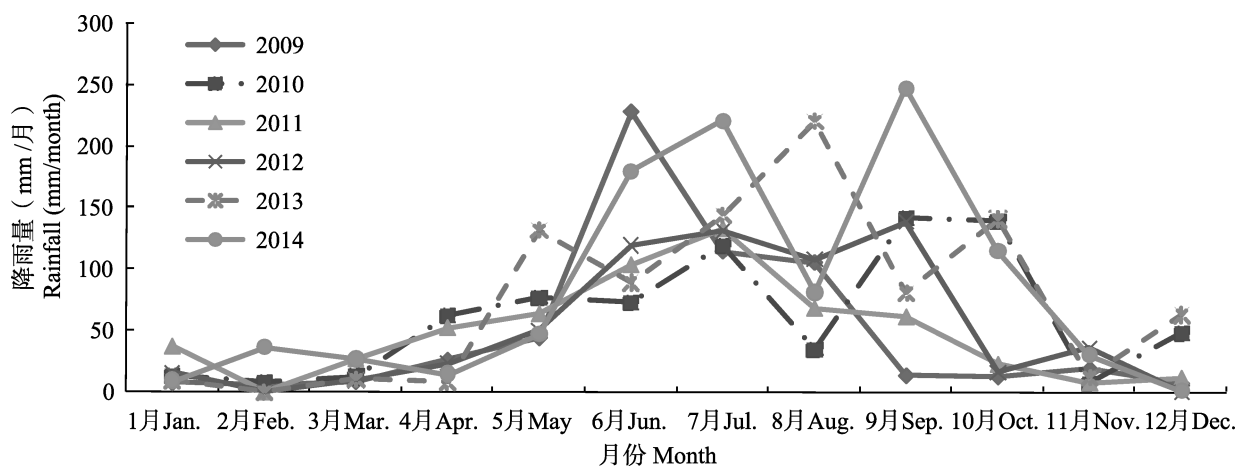


图3 2009—2014年通海县月降雨量变化曲线

Fig. 3 Month rainfall change curve of Tonghai County during 2009-2014

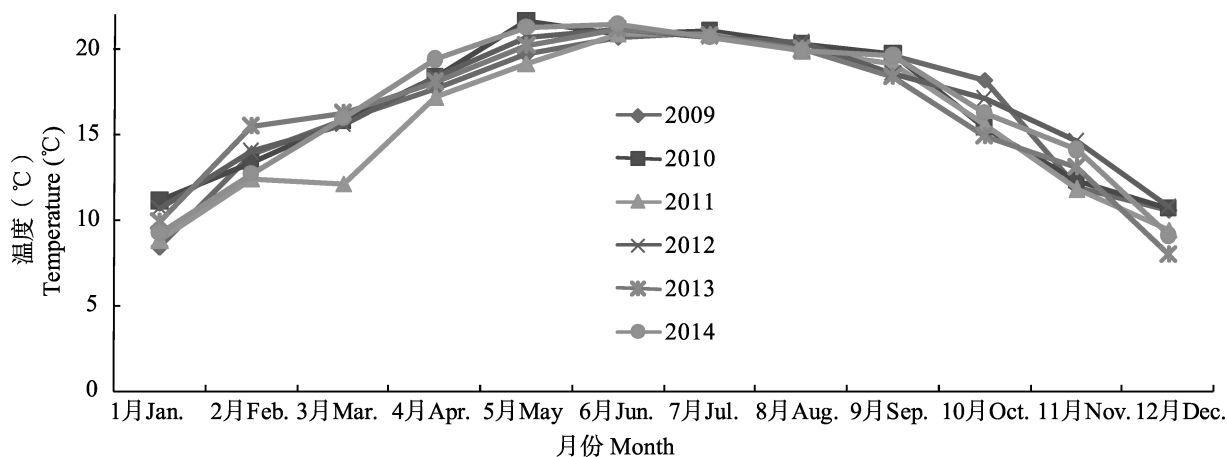


图4 2009—2014年通海县月平均气温曲线

Fig. 4 Month mean temperature change curve of Tonghai county during 2009-2014

幼虫的发生量与降雨相关程度微弱；幼虫发生量与成虫发生量的 r 值=0.253, 小于 0.3 说明小菜蛾幼虫的发生量与成虫的发生量相关程度微弱, 在 0.05 水平上具有显著性。

2.4 种群消长与菜区种植模式的关系

滇中菜区通海县全年温湿度和光热条件都适宜种植十字花科蔬菜, 尤其以甘蓝类为主要栽培品种, 常年成片种植, 一年 4 造 (季), 周年复种。其种植年历如表 2: 12 月下旬—4 月上旬, 以小铁头为主, 间作少量花菜、西兰花、大白菜; 4 月中旬—7 月中旬, 以花菜和西兰花为主, 间作小铁头和大白菜; 6 月下旬—9 月初, 以花菜和西兰花为主, 间作小铁头和少量大白菜; 8 月下

旬—12 月上旬, 以小铁头为主, 间作大白菜、花菜、西兰花。从通海十字花科蔬菜种植模式看, 小菜蛾寄主供给季节上没有太大的差异, 期间没有轮换期和间作期, 种群消长特别是成虫种群的消长没有受到田间蔬菜生育期变化的影响, 但对幼虫虫量的积累客观上多少受每季蔬菜“种植-生长-收获”的影响。

3 讨论

2009—2014 年通海小菜蛾成虫每年均有 1~2 个发蛾高峰, 分别在 3—6 和 8—10 月, 4 月和 5 月是发蛾主峰; 幼虫的消长动态变化多样, 全年皆有危害, 有 2~3 个明显的危害峰期, 4—6 月是幼虫危害的主峰期, 9—11 月是弱峰

表 2 通海县十字花科蔬菜种植年历
Table 2 The cruciferous vegetable planting situation in Tonghai county

造 (季) Planting times	苗期 Seeding period	生长期 Growing period	采收期 Harvesting period	蔬菜种类 Vegetables
第 1 造 First	12 月下旬-2 月初	1 月-4 月上中旬	3 月下旬-4 月下旬	小铁头、花菜、西兰花、大白菜
第 2 造 Second	4 月中旬-5 月上旬	5 月-6 月	6 月中旬-7 月中旬	花菜、西兰花、小铁头、大白菜
第 3 造 Third	6 月下旬-7 月中旬	7 月上旬-8 月中旬	8 月下旬-9 月上旬	花菜、大白菜、西兰花、小铁头
第 4 造 Fourth	8 月下旬-9 月	9 月-11 月	11 月下旬-12 月中旬	小铁头、大白菜、花菜、西兰花

期。该菜区全年均可监测到小菜蛾成虫和幼虫,年度间成虫数量变化极大,发蛾高峰的时间区间有前移和后推的现象。年度内不论有几个虫峰期,虫量多大,最高虫量均出现在 4 月或 5 月。1 月虫量最低,12 月虫量回落,形成 2—11 月的大虫蜂期。研究表明,当温度在 17.5~27.5℃,小菜蛾种群随温度的增加而加快,30℃以上便会受到抑制 (Yamada and Kawasaki, 1983),超过 30℃时,小菜蛾存活率降低 (Wakisaka *et al.*, 1991)。16~25℃成虫产卵量随温度的升高而增加,超过 29℃,便会减少 (陆自强, 1988)。24~27℃雌虫产卵量最多 (马春森和陈瑞鹿, 1993),30℃下,产卵量极显著减少 (但建国等, 1995),32.5℃时不产卵 (Yamada and Kawasaki, 1983)。而在本研究中,通海菜区小菜蛾的种群变化差异与所发生区域的气候特点同样存在相关性,种群全年消长动态受气候因素的影响较大。通海县没有明显的冬夏之分,四季如春,热量充足,最高温 30.7℃,除 12 月和 1 月外,本区域均能为小菜蛾的生殖发育提供适宜的温、湿度条件,小菜蛾则周年繁殖为害,没有明显的峰期;刘芸等 (2013)研究表明,温度对小菜蛾雌虫的生殖和寿命影响较显著,在适宜的温度下,平均产卵期和产卵历期均较短,产卵集中,容易暴发成灾。室内研究表明,通海菜区小菜蛾的发育起点温度 (9.5±0.5)℃比国内其它地区偏低,产卵天数为 7.76 d,单雌产卵量 213 头 (李向永等, 2011)。这可能是滇中菜区小菜蛾种群的周年活动频繁原因之一。

通海菜区常年采用菜-菜连作、连片种植、一年 4 造(季)和周年复种的 4 种植模式。4 月、

7 月、9 月和 11 月是主要采收期,采收和新苗定植交替进行。这期间,小菜蛾幼虫种群有轻微波动,幼虫总量略有下降。成虫数量没有明显的曲线变化。这说明,连片种植或连作对维持小菜蛾种群整体基数是有利的,能促进小菜蛾发生为害。因此,在制定小菜蛾防治对策时,须充分考虑到种植结构的合理调整,改变单一十字花科蔬菜连作和连片种植的习惯,以扰乱小菜蛾的生存环境,在一定程度上,可适当控制种群数量的发展。要准确掌握该菜区小菜蛾的发生动态,坚持虫情监测,是必不可少的手段之一。

参考文献 (References)

- Dan JG, Liang GW, Pang XF, 1995. Studies on the laboratory population of diamondback moth under different temperatures. *Journal of South China Agricultural University*, 16(3): 11–16. [但建国, 梁广文, 庞雄飞, 1995. 不同温度条件下小菜蛾实验种群的研究. 华南农业大学学报, 16(3): 11–16.]
- Long RH, Pan LY, PU ED, Liu GS, Zhou PL, 2013. Problems and consideration on development of vegetable industry in Yunnan. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 29(20): 101–104. [龙荣华, 潘丽云, 浦思达, 刘关所, 周萍兰, 2013. 云南蔬菜产业发展的问题与思考. 中国农学通报, 29(20): 101–104.]
- Li XY, Ying YQ, Zhao XQ, Chen AD, 2011. The oviposition characteristics and threshold temperature of *Plutella xylostella* in the different vegetable planting region of Yunnan province. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(2): 254–259. [李向永, 尹艳琼, 赵雪晴, 谌爱东, 2011. 云南不同菜区小菜蛾的产卵规律与发育起点温度. 应用昆虫学报, 48(2): 254–259.]
- Liu Y, Ruan CQ, Liu B, Zhu YJ, 2013. Effects of temperature on oviposition and longevity of adult diamondback moth (*Plutella xylostella* L.). *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 29(12): 190–193. [刘芸, 阮传清, 刘波, 朱育菁, 2013. 温度对小菜蛾成虫繁殖和寿命的影响. 中国农学通报, 29(12): 190–193.]

- Li YG, Du HW, Huang YS, 2014. Introduction and Improvement of SPSS19.0 Statistical Analysis. Beijing: Tsinghua University Press. 158–159. [李玉光, 杜宏巍, 黄永生, 2014. SPSS19.0 统计分析入门与提高. 北京: 清华大学出版社. 158–159.]
- Lu ZQ, Chen LF, Zhu SD, 1988. Effect of temperature on the development and reproduction of the diamondback moth. *Entomological Knowledge*, 25(3): 147–149. [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.]
- Ma CS, Chen RL, 1993. Effect of temperature on the development and fecundity of *Plutella xylostella*. *Journal of Jilin Agricultural Sciences*, (3): 44–49. [马春森, 陈瑞鹿, 1993. 温度对小菜蛾发育和繁殖影响的研究. 吉林农业科学, (3): 44–49.]
- Wakisaka S, Tsukuda R, Nakasuji F, 1991. Life table of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L) (Leidopetra: Yponomeutidae) and effects of rainfall, temperature and host plants on survival and reproduction. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 35(2): 115–122.
- Yamada H, Kawasaki K, 1983. The effect of temperature and humidity on the development, fecundity and multiplication of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L). *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 27(1): 17–21.