

十字花科蔬菜小菜蛾与半闭弯尾姬蜂种群动态研究

张红梅[#], 王 燕[#], 尹艳琼, 刘 莹, 赵雪晴,
李向永, 谌爱东, 陈宗麒, 陈福寿^{*}

(云南省农业科学院农业环境资源研究所, 云南省农业跨境有害生物绿色防控重点实验室, 昆明 650205)

摘要 2016年—2019年采用马来氏网监测昆明晋宁区十字花科蔬菜小菜蛾与半闭弯尾姬蜂成虫种群动态, 结果表明: 两者发生趋势基本一致, 半闭弯尾姬蜂与小菜蛾具有跟随现象。小菜蛾和半闭弯尾姬蜂成虫全年有1~2个发生高峰期, 半闭弯尾姬蜂成虫出现峰值滞后小菜蛾成虫峰值20~32 d。2016年—2019年半闭弯尾姬蜂发生高峰期分别在7月12日—8月30日、7月2日—8月21日、6月30日—8月31日、5月20日—6月10日, 夏秋季寄生率明显高于冬春季, 7月15日—10月30日半闭弯尾姬蜂寄生率在42.00%~87.21%, 春季至夏初田间半闭弯尾姬蜂数量和寄生率较低, 夏秋季是人工田间释放半闭弯尾姬蜂的最佳时期, 研究结果为半闭弯尾姬蜂田间保护应用提供依据。

关键词 十字花科蔬菜; 小菜蛾; 半闭弯尾姬蜂; 种群动态

中图分类号: S436.349 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2020683

Population dynamics of *Plutella xylostella* and *Diadegma semiclausum* adults on cruciferous vegetables

ZHANG Hongmei[#], WANG Yan[#], YIN Yanqiong, LIU Ying, ZHAO Xueqing,
LI Xiangyong, CHEN Aidong, CHEN Zongqi, CHEN Fushou^{*}

(Institute of Agricultural and Environmental Resources, Yunnan Academy of Agricultural Sciences; Key Laboratory for Green Prevention and Control of Agricultural Transboundary Pests in Yunnan Province, Kunming 650205, China)

Abstract From 2016 to 2019, the population dynamics of *Plutella xylostella* and *Diadegma semiclausum* adults on cruciferous vegetables were monitored using the Malay net in Jinning district of Kunming. The results showed that the occurrence tendency of *D. semiclausum* and *P. xylostella* adults was basically the same, but with an accompanying effect. There were 1–2 peak periods for *P. xylostella* and *D. semiclausum* adults throughout the year. The peak of *D. semiclausum* adults was delayed by 20 to 32 days compared to *P. xylostella*. From 2016 to 2019, the peaks of *D. semiclausum* were from July 12 to August 30, from July 2 to August 21, from June 30 to August 31, and from May 20 to June 10, respectively. The parasitism rates of *D. semiclausum* in summer and autumn were significantly higher than those in winter and spring. The parasitism rates from July 15 to October 30 were 42.00%–87.21%. From spring to early summer, the number and parasitism rate of *D. semiclausum* were low, and summer and autumn are thus the best period for releasing *D. semiclausum* in the fields. This provides a basis for the field protection and application of *D. semiclausum*.

Key words cruciferous vegetables; *Plutella xylostella*; *Diadegma semiclausum*; population dynamics

小菜蛾 *Plutella xylostella* (Linnaeus) 属于鳞翅目 Lepidoptera 菜蛾科 Plutellidae, 是一种世界性

的十字花科蔬菜毁灭性害虫^[1], 长期以来大量使用化学农药, 导致小菜蛾抗药性增强, 防治难度大, 农

收稿日期: 2020-12-21

修订日期: 2021-01-27

基金项目: 云南省重大科技专项(2019ZG001-1); 国家重点研发计划(2017YFD0201003)

* 通信作者 E-mail: chenfsh@163.com

[#] 为并列第一作者

田生态环境污染严重,安全受到影响,发展绿色蔬菜产品势在必行,采用生物防治是现代农业害虫可持续发展的重要措施。

半闭弯尾姬蜂 *Diadegma semiclausum* Hellen 隶属膜翅目 Hymenoptera 姬蜂总科 Ichneumonidea 姬蜂科 Ichneumonidae,起源于欧洲,是小菜蛾幼虫期一种重要的内寄生蜂,对小菜蛾种群发生发展和为害起到明显的控制效果^[2]。云南是我国重要的商品蔬菜主产区,也是我国重要的冬春反季外销蔬菜生产基地。蔬菜已成为农业农村经济发展的重要支柱,为了蔬菜产业健康、绿色持续发展,1997年—1998年云南分别从中国台湾和越南引进半闭弯尾姬蜂^[3],本课题组开展了室内半闭弯尾姬蜂繁殖技术及应用研究,在释放区半闭弯尾姬蜂成功定殖,并在田间形成稳定群落,成为当地小菜蛾优势寄生蜂^[4]。

多年以来课题组对半闭弯尾姬蜂进行室内繁殖及田间应用研究,在云南小菜蛾发生区域昆明、楚雄、大理、保山、临沧、曲靖等地进行半闭弯尾姬蜂田间释放应用,累计面积达 13.3 万 hm^2 ,有效控制了小菜蛾种群数量,田间寄生率最高达 87.21%^[5-6],并在田间形成了自然种群。为了有效保护利用田间天敌昆虫,利用半闭弯尾姬蜂防治小菜蛾,助推云南绿色产业发展,本文开展了半闭弯尾姬蜂田间种群动态研究。

目前关于半闭弯尾姬蜂对小菜蛾的防治效果^[7-9]、行为学^[10]、生物学^[11-14]、毒力测定^[15-16]等以及小菜蛾在云南部分地区的发生动态^[17-19]已有相关报道,但小菜蛾与半闭弯尾姬蜂的田间发生动态未见报道,为了有效利用和保护自然天敌昆虫,开展天敌昆虫田间释放应用,减少农药使用量,揭示天敌昆虫与害虫的田间动态变化,本课题组于 2016 年—2019 年在昆明市晋宁区十字花科蔬菜上开展了小菜蛾与半闭弯尾姬蜂的种群动态研究,为半闭弯尾姬蜂田间保护利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 调查地概况

调查地点为昆明市晋宁区上蒜镇段七村十字花科蔬菜种植区,该地属于亚热带季风气候,11 月至次年 4 月为干季,5 月至 10 月为雨季,年平均降雨

量约在 900 mm,平均最高气温为 21.6℃,平均最低气温 9.7℃,海拔约 1 946 m,面积约 50 hm^2 ,以露地种植为主,常年有 2/3 以上面积种植十字花科蔬菜,主要为甘蓝 *Brassica oleracea* var. *capitata* L.、西兰花 *B. oleracea* var. *botrytis* L.。常规管理。

1.2 调查方法

1.2.1 马来氏网收集小菜蛾和半闭弯尾姬蜂成虫

采用马来氏网收集小菜蛾和半闭弯尾姬蜂成虫,在十字花科蔬菜种植区,安放 3 个马来氏网诱集飞行昆虫,网之间的间隔在 100~150 m,网的上端为诱集昆虫的无水乙醇瓶。每 10 d 更换 1 次瓶子,将收集到的昆虫带回室内,将小菜蛾和半闭弯尾姬蜂成虫拣出,并统计数量,计算每个马来氏网瓶中小菜蛾和半闭弯尾姬蜂成虫数量平均值。

1.2.2 性信息素监测小菜蛾成虫

采用信息素监测小菜蛾雄蛾数量,在十字花科蔬菜种植区,按五点取样法,在十字花科蔬菜地块安放 5 个小菜蛾性信息素诱捕器,每个诱捕器间隔 80~100 m,诱捕器距离蔬菜生长点 15~20 cm。每 10 d 更换 1 次诱芯和粘虫板,并统计每个诱捕器诱集雄蛾的数量,计算每个诱捕器小菜蛾成虫数量的平均值,诱芯和诱捕器均由北京中捷四方生物科技有限公司提供。

1.2.3 寄生率调查

每个月到试验区,选择即将收获的甘蓝或西兰花,按照五点取样法,采集小菜蛾幼虫、小菜蛾蛹、半闭弯尾姬蜂蛹带回室内饲养观察,并统计采集到的总数量(小菜蛾幼虫数量+小菜蛾蛹的数量+半闭弯尾姬蜂蛹数量)。采集的小菜蛾幼虫置于养虫室内用甘蓝植株饲养,寄生过的小菜蛾幼虫结茧后发育成圆柱形、灰白色、两端钝圆,一端结茧后留下黑点的为半闭弯尾姬蜂蛹,田间采集到的小菜蛾蛹放在养虫室让其发育,被寄生过的幼虫将发育为半闭弯尾姬蜂蛹,最后统计田间采集和室内饲养获得的半闭弯尾姬蜂蛹总数量(田间采集半闭弯尾姬蜂蛹数量+小菜蛾蛹发育为半闭弯尾姬蜂蛹的数量+小菜蛾幼虫发育为半闭弯尾姬蜂蛹的数量),半闭弯尾姬蜂寄生率=半闭弯尾姬蜂总数量/田间采集总数量 $\times 100\%$ 。

1.3 数据统计与分析

采用 Excel 2007 对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 小菜蛾与半闭弯尾姬蜂种群动态

2.1.1 2016 年种群消长动态

2016 年采用马来氏网监测小菜蛾与半闭弯尾姬蜂成虫种群动态见图 1。2016 年小菜蛾发生的高峰期在 5 月 12 日—8 月 21 日,虫量为 64~126 头/10 d,7 月 12 日收集虫量最多,全年收集小菜蛾成虫数量为 1 233 头。3 月 2 日为小菜蛾始见期,12 月 18

日为终见期。半闭弯尾姬蜂发生高峰期在 7 月 12 日—8 月 30 日,虫量为 43~294 头/10 d,8 月 11 日虫量最多,其余时段虫量处于较低水平,虫量为 1~29 头/10 d,半闭弯尾姬蜂全年收集到成虫数量为 955 头,4 月 12 日为半闭弯尾姬蜂始见期,12 月 18 日为终见期。2016 年半闭弯尾姬蜂种群变化趋势与小菜蛾种群变化趋势基本一致,全年出现一个高峰期,半闭弯尾姬蜂高峰值滞后小菜蛾高峰值 30 d,7 月 22 日—11 月 8 日半闭弯尾姬蜂成虫数量高于小菜蛾成虫数量。

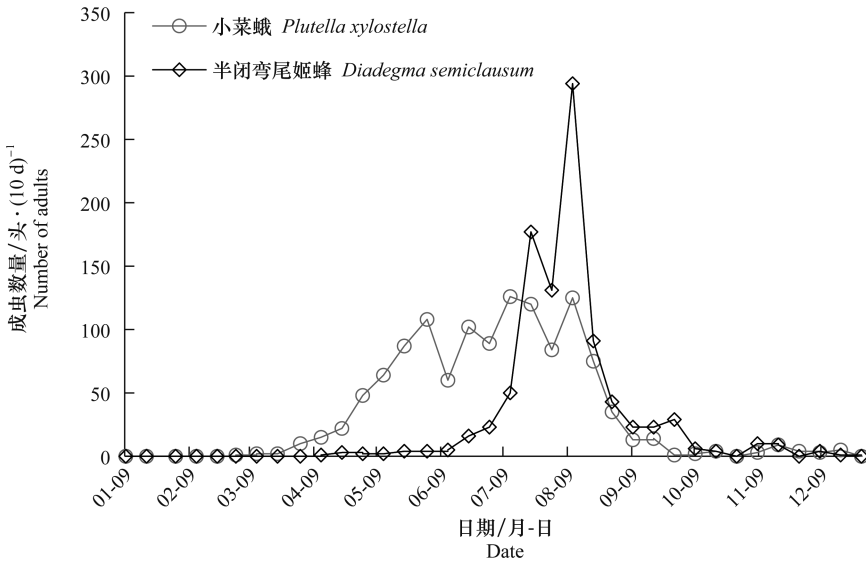


图 1 2016 年小菜蛾与半闭弯尾姬蜂种群动态

Fig. 1 The population dynamics of *Plutella xylostella* adults and *Diadegma semiclausum* adults in 2016

2.1.2 2017 年种群消长动态

2017 年采用马来氏网监测小菜蛾与半闭弯尾姬蜂成虫种群动态见图 2。2017 年小菜蛾发生大高峰期在 7 月 2 日—7 月 12 日,7 月 12 日虫量最多,为 140 头/10 d,发生小高峰期在 5 月 12 日—5 月 22 日,虫量为 49~72 头/10 d,全年收集小菜蛾成虫 675 头,2 月 23 日为小菜蛾始见期,11 月 21 日为终见期。半闭弯尾姬蜂发生大高峰期在 7 月 2 日—8 月 21 日,虫量为 48~107 头/10 d,8 月 1 日虫量最多,发生小高峰期在 5 月 22 日,虫量为 31 头,全年收集半闭弯尾姬蜂成虫 552 头,3 月 4 日为半闭弯尾姬蜂始见期,11 月 11 日为终见期。2017 年半闭弯尾姬蜂成虫发生趋势与小菜蛾成虫发生趋势基本一致,全年小菜蛾和半闭弯尾姬蜂发生 2 个高峰期,半闭弯尾姬蜂峰值滞后小菜蛾峰值 20 d,7 月 22 日—10 月 11 日半闭弯尾姬蜂数量高于小菜蛾数量。

2.1.3 2018 年种群消长动态

2018 年采用马来氏网监测小菜蛾与半闭弯尾姬蜂成虫种群动态见图 3。2018 年小菜蛾发生大高峰期在 6 月 30 日—8 月 11 日,虫量为 36~71 头/10 d,6 月 30 日峰值最高,其次为 8 月 1 日,虫量为 64 头/10 d,发生小高峰期在 5 月 11 日—5 月 21 日,虫量为 31~39 头/10 d,全年收集小菜蛾成虫 572 头,2 月 20 日为小菜蛾始见期,12 月 30 日为小菜蛾终见期。半闭弯尾姬蜂发生大高峰期在 6 月 30 日—8 月 31 日,虫量为 32~84 头/10 d,8 月 1 日峰值最高,发生小高峰期在 5 月 22 日,虫量为 24 头/10 d,全年收集半闭弯尾姬蜂成虫 509 头,3 月 22 日为始见期,11 月 30 日为终见期。2018 年半闭弯尾姬蜂成虫发生趋势与小菜蛾成虫发生趋势基本一致,全年小菜蛾和半闭弯尾姬蜂发生 2 个高峰期,半闭弯尾姬蜂峰值滞后小菜蛾峰值 32 d,7 月 10 日—10 月 22 日半闭弯尾姬蜂数量高于小菜蛾数量。

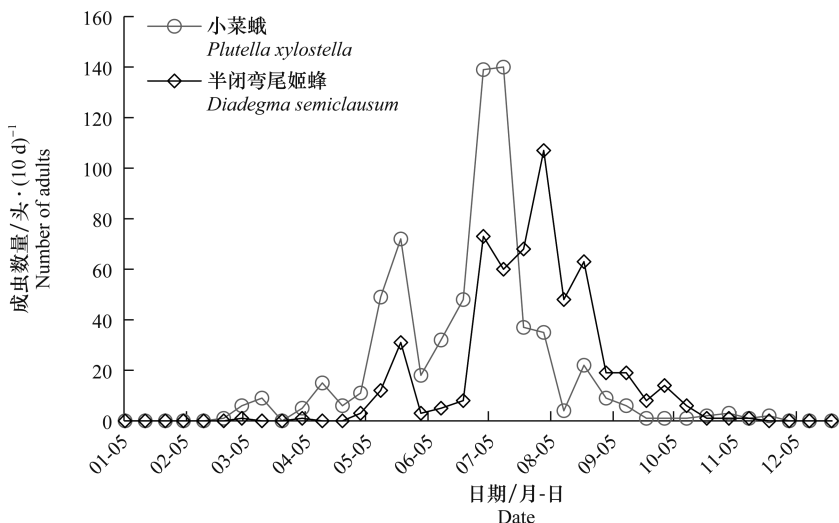


图2 2017年小菜蛾与半闭弯尾姬蜂种群动态

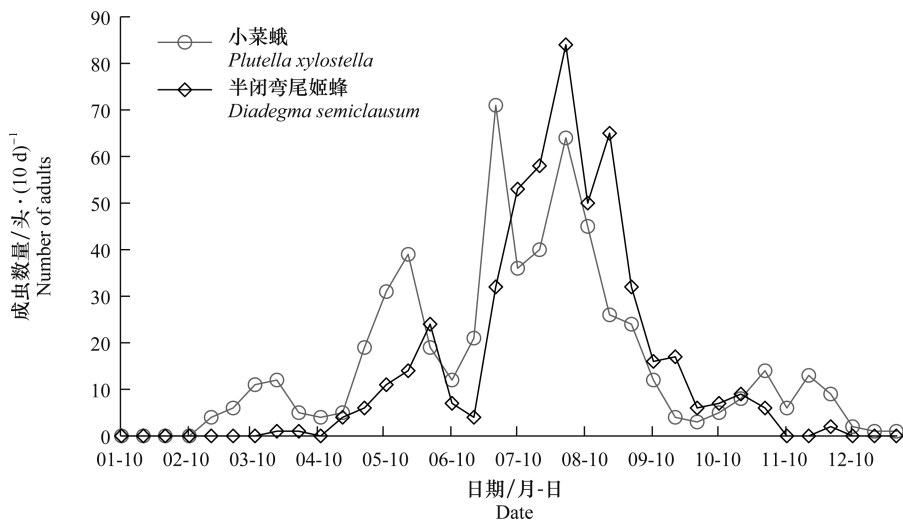
Fig. 2 The population dynamics of *Plutella xylostella* adults and *Diadegma semiclausum* adults in 2017

图3 2018年小菜蛾与半闭弯尾姬蜂种群动态

Fig. 3 The population dynamics of *Plutella xylostella* adults and *Diadegma semiclausum* adults in 2018

2.1.4 2019年种群消长动态

2019年采用马来氏网监测小菜蛾与半闭弯尾姬蜂成虫种群动态见图4。2019年小菜蛾发生高峰期在4月10日—6月10日,虫量为28~110头/10 d,5月10日峰值最高,其余时间虫量处于较低水平,全年收集小菜蛾成虫426头,2月19日为始见期,11月20日为终见期。半闭弯尾姬蜂发生高峰期在5月20日—7月20日,虫量在19~68头/10 d,6月10日为最高峰值,全年收集半闭弯尾姬蜂成虫291头,1月20日为始见期,11月20日为终见期。2019年半闭弯尾姬蜂成虫发生趋势与小菜蛾成虫发生趋势基本一致,全年小菜蛾和半闭弯尾姬蜂发

生1个高峰期,半闭弯尾姬蜂峰值滞后小菜蛾峰值31 d,6月10日—10月10日半闭弯尾姬蜂数量高于小菜蛾数量。

2.2 2016年—2019年性信息素诱捕监测小菜蛾种群消长动态

采用性信息素诱捕器监测小菜蛾成虫种群动态,2016年—2019年昆明晋宁县十字花科蔬菜区小菜蛾种群动态见图5。2016年1月10日为小菜蛾始见期,12月10日为小菜蛾终见期,4月30日—10月20日为小菜蛾种群发生高峰期,小菜蛾虫群数量处于一个较高水平,虫量在22~68头/10 d,7月31日小菜蛾峰值最高,其次是6月10日,虫量为42

头/10 d。2017 年 1 月 20 日为小菜蛾始见期、12 月 31 日为终见期,全年小菜蛾发生 2 个高峰期,分别为 6 月 10 日—6 月 20 日、8 月 31 日,虫量为 31~40 头/10 d。2018 年 3 月 10 日为小菜蛾始见期,12 月 31 日为小菜蛾终见期,4 月 10 日—9 月 30 日小菜蛾虫量处于较高的水平,虫量在 12~29 头/10 d,4 月 30 日小菜蛾峰值最高,其次是 8 月 31 日虫量为 21 头/10 d。2019 年 3 月 10 日为小菜蛾始见期,12 月 31 日为小菜蛾终见期,全年小菜蛾种群动态变化趋势不大,4 月 30 日—9 月 10 日小菜蛾种群数量处于相对较高的水平,虫量为 7~16 头/10 d,6 月 10

日小菜蛾虫量最高。

2016 年、2017 年、2018 年、2019 年晋宁区小菜蛾全年成虫数量分别为 701、489、390、186 头,2016 年—2019 年小菜蛾种群数量逐年降低。2016 年 4 月—9 月小菜蛾种群数量处于最高水平,6 月上旬和 7 月下旬为小菜蛾发生高峰期。2017 年 6 月中旬和 8 月下旬为小菜蛾发生高峰期。2018 年 4 月下旬和 8 月下旬为小菜蛾发生高峰期。2019 年 4 月下旬至 9 月上旬为小菜蛾发生高峰期。全年春季末至秋季初小菜蛾种群数量较高,春季是小菜蛾防治的关键时期。

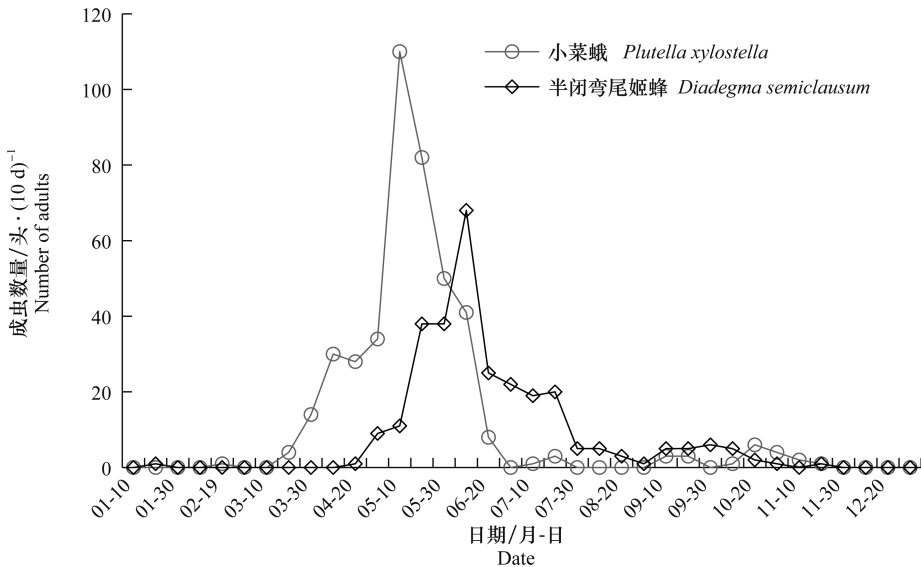


图 4 2019 年小菜蛾与半闭弯尾姬蜂种群动态

Fig. 4 The population dynamics of *Plutella xylostella* adults and *Diadegma semiclausum* adults in 2019

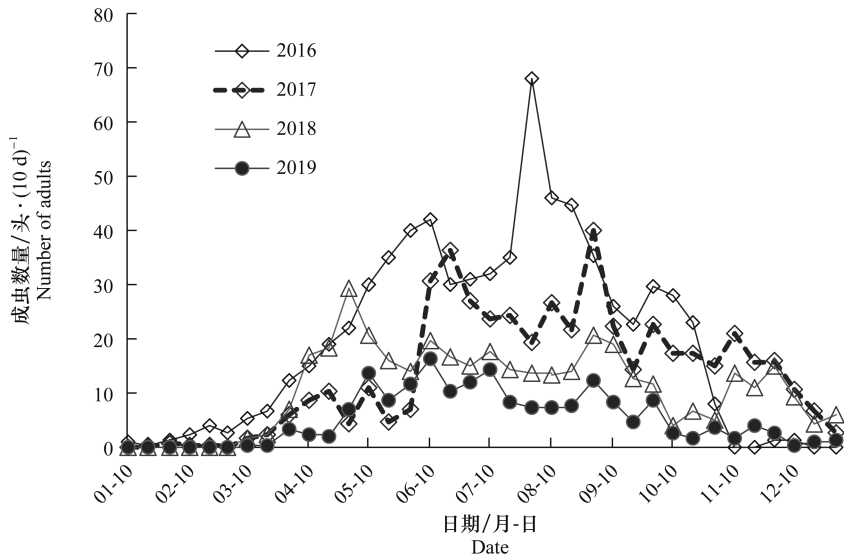


图 5 2016 年—2019 年小菜蛾种群动态

Fig. 5 The population dynamics of *Plutella xylostella* adults from 2016 to 2019

2.3 小菜蛾幼虫半闭弯尾姬蜂寄生率

2016年—2019年田间半闭弯尾姬蜂自然寄生率见图6,4年田间半闭弯尾姬蜂寄生率的变化趋势基本一致,随着月份的增加,田间寄生率先增高,后降低。2016年寄生率为0~58.33%,11月15日寄生率最高。2017年寄生率为17.61%~87.21%,7月30日寄生率最高。2018年寄生率为2.78%~

63.40%,10月30日寄生率最高。2019年寄生率为9.2%~82.00%,8月30日寄生率最高。2016年—2019年寄生率的峰值分别出现在11月中旬、7月下旬、10月下旬、8月下旬,在3月中旬—5月和11月下旬,寄生率较低,从4年田间自然寄生率来看,夏季末至秋季寄生率高于春季和冬季,4年田间半闭弯尾姬蜂自然寄生率最高为87.21%。

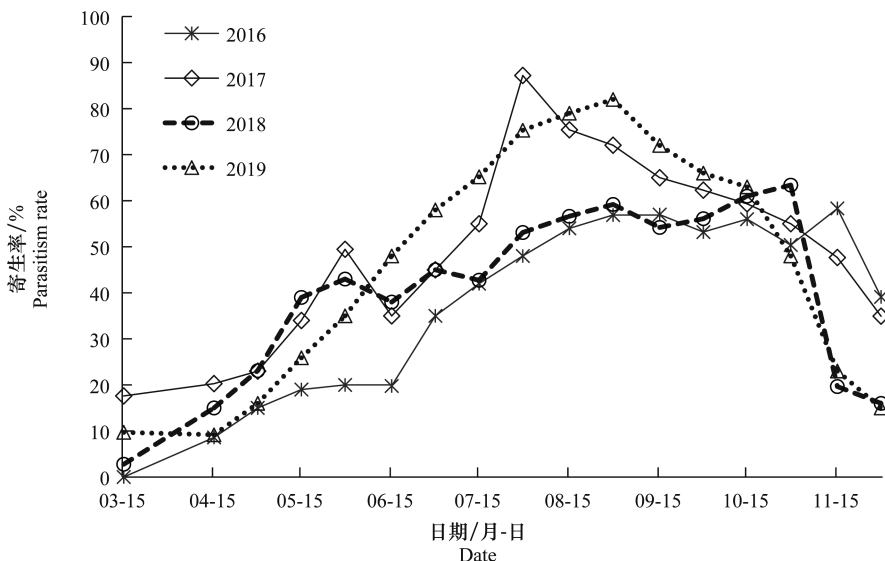


图6 2016年—2019年半闭弯尾姬蜂寄生率

Fig. 6 The parasitism rates of *Diadegma semiclausum* from 2016 to 2019

3 结论与讨论

为了明确十字花科蔬菜上半闭弯尾姬蜂与小菜蛾田间自然种群动态,在昆明晋宁区十字花科蔬菜地采用马来氏网收集半闭弯尾姬蜂与小菜蛾成虫,同时利用小菜蛾性信息素诱捕器监测成虫种群动态,结果表明,两种监测方法,在相同的年份小菜蛾种群发生规律基本一致,小菜蛾虫量夏秋季高于冬春季,说明采用马来氏网监测小菜蛾和半闭弯尾姬蜂成虫消长动态是可行的,不同之处是小菜蛾始见期、终见期、峰值、虫量和高峰期持续的时间稍有差异。除2018年和2019年,其余年份性信息素监测小菜蛾始见期早于马来氏网,终见期晚于马来氏网,或基本一致,这与滇中田间小菜蛾发生的情况相吻合,滇中一年四季都采集得到小菜蛾幼虫、蛹,2018年和2019年性信息素监测小菜蛾始见期晚于马来氏网,这可能是进入春季,风沙大,黄板上粘灰导致其没有黏性,不易粘到小菜蛾成虫。相同的年份马来氏网收集到小菜蛾数量高于性信息素诱集小菜蛾

虫量,这主要是性信息素诱集雄蛾,马来氏网收集到雄蛾和雌蛾;性信息素监测小菜蛾种群动态变化平缓,高峰持续时间长于马来氏网,马来氏网监测小菜蛾种群动态变化急剧上升或下降,这主要是性信息素专一性强,马来氏网收集拦截飞行的昆虫,两种方法监测的面积和空间不一样,这有待进一步验证。性信息素监测2016年—2019年晋宁小菜蛾虫量较高的集中在4月—10月,每年发生1~2个高峰期,这与2009年—2014年滇中通海小菜蛾成虫全年在2月—11月呈现1个大的成虫高峰期,每年出现2~3个高峰期^[17]的报道稍有不同;2016年—2019年半闭弯尾姬蜂寄生率的峰值分别出现在11月中旬、7月下旬、10月下旬、8月下旬,这与唐柳青等^[20]报道的半闭弯尾姬蜂在郑州4月下旬—5月下旬,10月中下旬寄生率不一致,这主要与当年气候条件,地理环境、不同作物、不同种植模式、农事操作,药剂防治有关,还有待进一步深入调查研究。但两种方法都能监测田间小菜蛾种群发生动态。

2016年—2019年马来氏网监测表明,半闭弯尾

姬蜂种群动态与小菜蛾种群动态基本一致,半闭弯尾姬蜂寄生存在跟随效应,这与赤眼蜂 *Trichogramma* 与亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* 存在跟随效应一致^[21],半闭弯尾姬蜂发生高峰期滞后小菜蛾发生高峰期 20~32 d。2016 年—2018 年 7 月中旬至 10 月下旬、2019 年 6 月中旬至 10 月下旬田间半闭弯尾姬蜂成虫数量高于小菜蛾成虫数量,半闭弯尾姬蜂对小菜蛾寄生率为 42.00%~87.21%,说明田间半闭弯尾姬蜂是小菜蛾幼虫的主要寄生蜂,对小菜蛾种群有很好的寄生效果,是影响小菜蛾种群发生的重要因子,除了半闭弯尾姬蜂,小菜蛾种群还受其他寄生天敌、捕食性天敌、病原微生物和气候条件、化学防治等因素的影响,尚有待进一步调查研究。由于化学防治靶标害虫的同时也会杀死大量天敌,如杀虫剂毒死蜱、高效氯氰菊酯^[15]、杀菌剂啉菌噁唑、丙森锌^[16]对半闭弯尾姬蜂具有高风险,因此,采用化学防治应尽量选择低风险的药剂保护半闭弯尾姬蜂,释放天敌昆虫要与化学防治的时间错开。

2016 年—2019 年小菜蛾种群数量逐年降低,春季至夏季初、冬季,半闭弯尾姬蜂种群数量低于小菜蛾种群数量,寄生率较低,这主要是因为冬春季,气温较低,小菜蛾种群数量较少,立春后随着温度的升高,小菜蛾种群数量逐渐增多,3 月—4 月田间农事操作频繁,如整地、移栽、打药等,抑制小菜蛾种群数量,所以寄生率较低。进入夏秋季,温度升高,田间十字花科蔬菜生长旺盛,半闭弯尾姬蜂数量随着小菜蛾数量的增加而逐渐增多,半闭弯尾姬蜂与小菜蛾具有跟随效应,同时田块的不同角落种植蜜源植物,保证常年有花期植物,通过科学合理的农事操作,增植田间蜜源植物,有利于天敌种群数量增多,半闭弯尾姬蜂田间自然寄生率逐渐增高,长期以来晋宁十字花科蔬菜种植区开展半闭弯尾姬蜂田间释放应用、自然天敌的保护和利用,通过科学合理的绿色防控技术,小菜蛾种群数量得到有效控制,这也是小菜蛾种群数量逐年逐渐减少的原因之一。

晋宁常年以露地种植十字花科蔬菜为主,为了有效控制小菜蛾为害,坚持预测预报,以农业措施为基础,进行科学合理的轮作、间作可以保护和增强农田生物多样性,有利于自然天敌增殖,每年 4 月—5 月为小菜蛾幼虫初发期,田间自然寄生率低,这时在田间释放半闭弯尾姬蜂,对后期小菜蛾种群数量控制至关重要,一般在小菜蛾初发期释放半闭弯尾姬

蜂 1~2 次,能有效压低小菜蛾田间种群数量,同时常年在田埂的周边种植蜜源植物,如伞形科胡萝卜属的植物,提供天敌昆虫的庇护场所和营养物质,有利于天敌昆虫的保护利用,发挥田间天敌昆虫自然控制害虫的作用,增强农田生态系统的稳定性,有利于云南绿色蔬菜产业健康持续发展。

参考文献

- [1] 李振宇,陈焕瑜,包华理,等. 小菜蛾区域性抗药性治理技术研究-公益性行业(农业)科研专项“十字花科小菜蛾综合防控技术与示范推广”研究进展[J]. 应用昆虫学报, 2016, 53 (2): 247-255.
- [2] CHUA T H, OOI P A C. Evaluation of three parasites in the biological control of diamondback moth in the Cameron Highlands, Malaysia [C]// Diamondback moth management. Proceeding of the first international workshop. Taiwan: Asian vegetable Research and Development Center, 1986: 173-184.
- [3] 陈宗麒, 谌爱东, 缪森, 等. 小菜蛾寄生性天敌研究及引进利用进展[J]. 云南农业大学学报, 2001, 16(4): 308-312.
- [4] 陈宗麒, 缪森, 杨翠仙, 等. 小菜蛾弯尾姬蜂引进及其控害潜能评价[J]. 植物保护, 2003, 29(1): 22-24.
- [5] 陈宗麒, 缪森, 谌爱东, 等. 小菜蛾弯尾姬蜂室内批量繁殖的技术[J]. 昆虫天敌, 2001, 23(4): 145-148.
- [6] 陈福寿, 张红梅, 王燕, 等. 半闭弯尾姬蜂在云南省的研究进展及其应用前景[J]. 云南农业科技, 2018(S1): 21-23.
- [7] AMEND J, BASEDOW T. Combining release establishment of *Diadegma semiclausum* (Hellen) (Hym., Ichneumonidae) and *Bacillus thuringiensis* Berl. for control of *Plutella xylostella* (L.) (Lep., Yponomeutidae) and other lepidopteran pests in the Cordillera Region of Luzon (Philippines) [J]. Journal of Applied Entomology, 1997, 121: 337-342.
- [8] NODA T, MIYAI S, TAKASHINO K, et al. Density suppression of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) multiple releases of *Diadegma semiclausum* (Hymenoptera: Ichneumonidae) in cabbage fields in Iwate, northern Japan [J]. Applied Entomology and Zoology, 2000, 35(4): 557-563.
- [9] SAUCKE H, DORI F, SCHMUTTERER H. Biological and integrated control of *Plutella xylostella* (Lep., Yponomeutidae) and *Crociodolomia pavonana* (Lep., Pyralidae) in brassica crops in Papua New Guinea [J]. Biocontrol Science and Technology, 2000, 10: 595-606.
- [10] 陈福寿, 王燕, 郭九惠, 等. 半闭弯尾姬蜂羽化、交配及产卵行为观察[J]. 环境昆虫学报, 2010, 32(1): 132-135.
- [11] 李向永, 尹艳琼, 赵雪晴, 等. 不同饲养温度对半闭弯尾姬蜂性比及羽化的影响[J]. 应用昆虫学报, 2013, 50(3): 727-734.
- [12] 王燕, 陈福寿, 张红梅, 等. 低温下光周期诱导半闭弯尾姬蜂蛹休眠研究[J]. 环境昆虫学报, 2014, 36(6): 1065-1070.

期和降雨后及时用药可以有效控制霜霉病的发展,应该采取早发现,早防治的措施。为防止用药对葡萄品质产生影响,通常葡萄园在采收前一个月停止用药。因此,防治葡萄霜霉病应重视初侵染的预测及高效控制,推迟初侵染的时间及压低田间菌量,及时去除多余副梢,改善植株生长条件,增强寄主抗病性。

参考文献

- [1] 刘会宁. 葡萄霜霉病及其综合防治[J]. 北方园艺, 1999(24): 42-43.
- [2] CHEN Weijen, DELMOTTE F, CERVERA S R, et al. At least two origins of fungicide resistance in grapevine downy mildew populations [J]. Applied and Environment Microbiology, 2007, 73(6):5162-5172.
- [3] 李晓红, 宋润刚, 杨义明, 等. 山葡萄霜霉病的研究现状及防治对策[J]. 北方园艺, 2010, 34(13):197-200.
- [4] 雷百战, 李国英, 姚丽花. 葡萄霜霉病发病情况的调查和研究[J]. 新疆农业科学, 2004, 41(5):381-384.
- [5] 胡盼, 李兴红, 张夏兰, 等. 葡萄霜霉病田间调查及防治效果试验[J]. 中国农学通报, 2013, 29(16):181-185.
- [6] MARTA A D, MAGAREY R D, ORLANDINI S. Modelling leaf wetness duration downy mildew simulation on grapevine in Italy [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2005, 132(1/2):84-95.
- [7] 王国珍, 樊仲庆, 麻冬梅, 等. 贺兰山东麓酿酒葡萄霜霉病流行规律及测报技术[J]. 植物保护, 2004, 30(4):54-56.
- [8] 邓维萍, 杨敏, 何霞红, 等. 避雨栽培对葡萄霜霉病发生的影响与葡萄冠层微气象因子的关系[J]. 植物保护, 2017, 43(3):76-82.
- [9] ROSSI V, CAFFI T, GIOSUÈ S, et al. A mechanistic model simulating primary infections of downy mildew in grapevine [J]. Ecological Modelling, 2008, 212(3-4):480-491.
- [10] 唐艳. 湖南省葡萄霜霉病的发病规律及药剂筛选[D]. 长沙:湖南农业大学, 2014.
- [11] ORLANDINI S, MASSETTI L, MARTA A D. An agrometeorological approach for the simulation of *Plasmopara viticola* [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2008, 64:149-161.
- [12] GOBBIN D, JERMINI M, LOSKILL B, et al. Importance of secondary inoculum of *Plasmopara viticola* to epidemics of grapevine downy mildew [J]. Plant Pathology, 2005, 54(4): 522-534.
- [13] 刘莉颖, 董尊, 孙彦平, 等. 波尔多液对葡萄霜霉病和白腐病药效动态变化[J]. 农学学报, 2020, 112(6):32-36.
- [14] 沙月霞, 王国珍, 樊仲庆. 不同酿酒葡萄品种对霜霉病的抗性分类[J]. 西北农业学报, 2006, 15(5):114-117.
- [15] 马莉涛. 玛纳斯河流域酿酒葡萄赤霞珠和梅鹿辄的适应性研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2008.
- [16] 齐慧霞, 吴学仁, 齐永顺, 等. 不同酒葡萄品种对霜霉病的抗性研究[J]. 中国农学通报, 2005, 21(4):258-261.
- [17] NE small fruit management guide [EB/OL]. [2020-11-18]. <https://ag.umass.edu/fruit/ne-small-fruit-management-guide/grapes/diseases/table-55-relative-disease-susceptibility-chemical-sensitivity-for-selected>.
- [18] DE BEM, B P, BRIGHENTI E, BONIN B F, et al. Downy mildew intensity in tolerant grapes varieties in highlands of southern Brazil [C]// 39th World Vine and Wine Congress, Brazil: Bio Web of Conferences, 2016, 7, 01015.
- [19] DE BEM B P, BOGO A, EVERHART S E, et al. Effect of four training systems on the temporal dynamics of downy mildew in two grapevine cultivars in southern Brazil [J]. Tropical Plant Pathology, 2006, 41(6): 370-379.
- [20] Marselan [EB/OL]. [2020-11-18]. <https://vineandwine.vin/en/wine/wine-varieties/marselan>.
- [21] 于舒怡, 傅俊范, 刘长远, 等. 沈阳地区葡萄霜霉病流行时间动态及其气象影响因子分析[J]. 植物病理学报, 2016, 46(4): 529-535.
- [22] 吉丽丽, 李海强, 任毓忠, 等. 葡萄霜霉菌孢子囊扩散动态及与田间病情的相关性[J]. 果树学报, 2012, 29(1):100-104.
- [23] PARK E W, SEEM R C, GADOURY D M, et al. DMCAST: A prediction model for grape downy mildew development [J]. Viticulture Ecology Science, 1997, 52(3):182-189.
- [24] KIM K R, SEEM R C, PARK E W. Simulation of grape downy mildew development across geographic areas based on mesoscale weather data using supercomputer [J]. Plant Pathology Journal, 2005, 21(2):111-118.
- [25] DEL PONTELE E M, FERNANDES J M C, PIEROBOM C R. Factors affecting density of airborne *Gibberella zeae* inoculum [J]. Fitopatologia Brasileira, 2005, 30(1):55-60.

(责任编辑: 田 喆)

(上接 257 页)

- [13] 陈福寿, 王燕, 张红梅, 等. 寄主和温度对半闭弯尾姬蜂饲养的影响[J]. 应用昆虫学报, 2014, 51(1):53-59.
- [14] 陈福寿, 王燕, 李志敏, 等. 温度对半闭弯尾姬蜂发育和性比的影响[J]. 环境昆虫学报, 2011, 33(2):257-260.
- [15] 洪珊珊, 贾变桃, 张雨超, 等. 12 种杀虫剂对小菜蛾及半闭弯尾姬蜂的选择毒力[J]. 山西农业大学学报, 2015, 35(5):490-494.
- [16] 安颖敏, 贾变桃, 李志伟, 等. 12 种杀菌剂制剂对半闭弯尾姬蜂的急性毒性及安全性评价[J]. 生态毒理学报, 2017, 12(4):242-248.
- [17] 赵雪晴, 尹艳琼, 谌爱东, 等. 滇中菜区小菜蛾种群消长动态及其影响因子[J]. 应用昆虫学报, 2019, 53(2):298-304.
- [18] 赵雪晴, 马永翠, 尹艳琼, 等. 滇东北菜区小菜蛾种群发生特征及其关键影响因子[J]. 应用昆虫学报, 2019, 56(6):1353-1359.
- [19] 尹艳琼, 杨明文, 彭桂清, 等. 滇西南菜区小菜蛾发生规律及抗药性现状[J]. 植物保护, 2019, 45(6):288-291.
- [20] 唐柳青, 李欣, 孙淑君. 郑州郊区小菜蛾寄生蜂种类、田间消长动态及防治效果调查[J]. 河南农业大学学报, 2007, 41(2):167-170.
- [21] 周淑香, 鲁新, 李丽娟, 等. 吉林省二代区玉米螟落卵与赤眼蜂寄生动态关系研究[J]. 玉米科学, 2020, 28(1):165-171.

(责任编辑: 田 喆)