

研究报告

Research Reports

辣椒田蓟马及主要捕食性天敌昆虫种类与时间生态位

胡昌雄^{1,2#}, 李宜儒^{1#}, 吕布典¹, 殷红慧³, 徐天养³,
胡加云³, 陈国华^{1*}, 张晓明^{1*}

(1. 云南农业大学植物保护学院, 云南生物资源保护与利用国家重点实验室, 昆明 650201;

2. 云南省农业科学院蚕桑蜜蜂研究所, 蒙自 661101; 3. 云南省烟草公司文山州公司, 文山 663000)

摘要 为明确辣椒田蓟马及主要捕食性天敌昆虫种类和发生规律。于2019年和2020年对昆明市盘龙区辣椒田的蓟马及主要捕食性天敌昆虫的种类及种群数量进行了调查,并进行了时间生态位分析。结果表明,辣椒田蓟马种类共有10种,优势种为西花蓟马 *Frankliniella occidentalis*、黄蓟马 *Thrips flavus*、八节黄蓟马 *T. flavidulus* 和花蓟马 *F. intonsa*,其中西花蓟马的优势度最高,两年分别为0.593和0.551;主要捕食性天敌昆虫有南方小花蝽 *Orius similis*、二叉小花蝽 *O. bifilaris* 和异色瓢虫 *Harmonia axyridis*,其中南方小花蝽优势度最高,两年分别为0.759和0.728。两年中,西花蓟马的种群数量随时间变化波动幅度最大,在7月中上旬数量最高值两年分别为66.5头/m²和61.5头/m²,而捕食性天敌昆虫活动高峰时间滞后于蓟马。2019年黄蓟马时间生态位宽度最高,为0.80;2020年八节黄蓟马时间生态位宽度最高,为0.87。黄蓟马和八节黄蓟马同其他优势种蓟马的生态位重叠指数高,两种蓟马在时间序列上活动情况相似。3种捕食性天敌的时间生态位宽度和生态位重叠指数相近,在辣椒田存在一定的竞争作用。辣椒田蓟马发生量大且种类呈现多样性,其中西花蓟马种群数量较高,应着重对其进行防治。南方小花蝽、二叉小花蝽、异色瓢虫是控制辣椒蓟马的主要捕食性天敌昆虫,在辣椒花期前以及各种农事操作时尽可能保护其种群数量,增强天敌对蓟马的自然控害功能。

关键词 辣椒; 蓟马; 天敌; 种群; 时间生态位

中图分类号: S476.2 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2021385

Species and temporal niches of thrips and their main predatory insects in *Capsicum annuum* fields

HU Changxiong^{1,2#}, LI Yiru^{1#}, LÜ Budian¹, YIN Honghui³, XU Tianyang³, HU Jiayun³,
CHEN Guohua^{1*}, ZHANG Xiaoming^{1*}

(1. College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, State Key Laboratory for Conservation and Utilization of Bio-Resources in Yunnan, Kunming 650201, China; 2. Sericultural and Apicultural

Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Mengzi 661101, China;

3. Wenshan Branch of Yunnan Tobacco Company, Wenshan 663000, China)

Abstract In order to clarify the species and population dynamics of thrips and their main predatory insects, the species of thrips and their natural enemy and population size in *Capsicum annuum* fields were investigated in Panlong district, Kunming city in 2019 and 2020, and the temporal niches were analyzed. The results showed that 10 thrips species were collected in *C. annuum* fields, and the dominant thrips species were *Frankliniella*

收稿日期: 2021-07-07 修订日期: 2021-09-08

基金项目: 云南省基础研究专项面上项目(202001AT070134);云南省中青年学术技术带头人后备人才项目(202105AC160071);“云南省高层次人才培养支持计划”青年拔尖人才项目(YNWRQNB2020291);中国烟草总公司云南省公司科技计划(2018530000241015)

* 通信作者 E-mail:陈国华 ghchen@126.com;张晓明 zxmalex@126.com
为并列第一作者

occidentalis, *Thrips flavus*, *T. flavidulus* and *F. intonsa*. *F. occidentalis* has the highest dominance index of 0.593 and 0.551 in these two years, respectively. The main predatory insects were *Orius similis*, *O. bifilarus* and *Harmonia axyridis*. Among which *O. similis* has the highest dominance index of 0.759 and 0.728, respectively in the two years. The population size of *F. occidentalis* has maximum fluctuation range over time in the two years, the highest population size was observed in early-to-mid July (66.5 and 61.5 individuals per square meter of sampling plot, respectively). However, the peak periods of predatory insects lagged behind that of thrips. *T. flavus* had the highest value of temporal niche breadth (0.80) in 2019, while *T. flavidulus* had the highest value of temporal niche breadth (0.87) in 2020. *T. flavus* and *T. flavidulus* had a high niche overlap index compared with other dominant species of thrips, and these two species of thrips had similar activities in temporal niches. These three predatory insects had similar temporal niche breadth and niche overlap index during sampling, and therefore, they had slight competition in *C. annuum* fields. Thrips population size in *C. annuum* fields was higher than that of other insects, and *F. occidentalis* was the most dominant species, which should be focused on in pest control. *Orius similis*, *O. bifilarus* and *H. axyridis* were the main predatory natural enemies for controlling thrips in *C. annuum* fields. It would be better to protect their population as much as possible and enhance the control function of natural enemies against thrips before the flowering period of *C. annuum* and during various agricultural management practices.

Key words *Capsicum annuum*; thrips; natural enemy; population; temporal niches

辣椒 *Capsicum annuum* 起源于中南美洲热带和亚热带地区,明朝末年传入我国,在我国已有较长的种植历史,是重要的蔬菜和经济作物,含有较为丰富的维生素,其栽培范围广、产量高、销量大,主要种植区位于云南、山东、宁夏、河北等地^[1-2]。辣椒产业是我国蔬菜产业的重要组成部分,近年来辣椒种植相关产业快速发展,全国辣椒种植面积超 210 万 hm^2 ,占蔬菜种植总面积的 10% 以上,每年的总产量超过 4 400 万 t ^[3]。辣椒的栽培过程中,害虫取食和感染植物病毒严重影响辣椒的产量、品质和经济效益。蓟马是缨翅目 Thysanoptera 昆虫的统称,是辣椒上的主要害虫之一。其通过锉吸植物幼嫩组织直接为害辣椒,大量暴发时导致辣椒叶片枯萎,花朵脱落。此外,蓟马还传播多种植物病毒导致辣椒大幅减产甚至绝收,给辣椒种植产业造成巨大的经济损失^[4]。明确辣椒田蓟马和主要捕食性天敌昆虫种类和种群动态,对合理制定防治措施、确定最佳防治时间具有重要意义。蓟马具有寄主和适生区广、体型小、世代周期短和繁殖迅速等特点,一直以来对其进行防治难度较大^[5]。其中,西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* (蓟马科 Thripidae) 自 2003 年入侵我国以来,在全国各地传播为害辣椒、茄子和玫瑰等多种蔬菜和花卉,造成难以挽回的经济损失^[6]。研究表明,西花蓟马容易产生抗药性,因此对其防治变得愈发困难^[7]。蓟马在不同地区辣椒上的种类和种群动态有差异,在辣椒整个生长期内均可发生为害。

Walsh 等^[8]对澳大利亚昆士兰州辣椒上的蓟马种类和动态研究发现,棕榈蓟马 *Thrips palmi* 和西花蓟马最多,春季以西花蓟马为主,秋季以棕榈蓟马为主,此外还采集到呆蓟马属的 *Pseudanaphothrips achaeus*,以及烟蓟马 *Thrips tabaci*、澳洲疫蓟马 *T. imaginis* 和梳缺花蓟马 *Frankliniella schultzei*^[8]。蒋兴川等^[9]对云南省 7 个生态区种植的辣椒花期蓟马种类进行调查,发现多个地区优势种为西花蓟马,其次为花蓟马 *F. intonsa*、棕榈蓟马、黄蓟马 *T. flavus*、八节黄蓟马 *T. flavidulus* 和烟蓟马。入侵种西花蓟马在云南的南温带、中亚热带、北亚热带数量最多,花蓟马在北热带和南亚热带数量最多,而黄蓟马则是在中温带和北温带最多。蓟马在辣椒花朵中的种群数量高于其他部位,辣椒花期蓟马的种群数量可能会发生变化^[10-12]。

云南省具有多样的自然地理环境,气候类型丰富,辣椒种植广泛,蓟马在全省各地辣椒上为害严重。辣椒田蓟马的天敌昆虫主要有捕食螨类、小花蝽类、草蛉类和瓢虫类^[13-16]。已有的研究只报道了 1~3 种蓟马或天敌昆虫在辣椒田的种群动态,以及辣椒花期蓟马的种类和分布,对辣椒整个生长期蓟马的种类变化和捕食性天敌动态变化还不清楚。在蓟马为害日趋加重,且入侵种西花蓟马在全国范围内逐渐成为优势种的背景下,本研究采用盘拍法调查了云南昆明辣椒田中蓟马及主要捕食性天敌昆虫的种类和种群动态,可为预测预报蓟马在辣椒田的

发生提供理论依据,并为蓟马的生物防治昆虫开发和应用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验在昆明市盘龙区大摆村(102.77°N,25.26°E)进行,辣椒分别于2019年4月19日和2020年4月10日栽种,品种为‘螺丝辣’。株行距25~30 cm。常规种植管理,种植期间不施用杀虫剂,根据需要不定期对辣椒田进行人工除草。调查时选取3块种植和管理模式一致的辣椒田,每块辣椒田面积1 000~1 500 m²。

1.2 辣椒田蓟马及捕食性天敌昆虫采集和种类鉴定

两年中,3块辣椒田蓟马和主要捕食性天敌昆虫的调查时间均为5月—9月。在每块辣椒田中(去除边缘3 m)随机选取5个样点,每点选择1.0 m²,包括4~6株辣椒及未清除完的少量杂草。采用盘拍法采集蓟马及主要天敌昆虫。在白瓷盘中喷洒上清水防止蓟马和天敌逃离。白瓷盘置于所有植株下方,用木棍或手轻轻拍打植物枝条,较为矮小的杂草,直接割起后将蓟马及天敌昆虫震落于白磁盘。然后用软毛刷将掉落在瓷盘中的蓟马和小花蝽及瓢虫刷取到装有75%乙醇的采集瓶中,做好标记带回实验室。在实验室将昆虫置于解剖镜(Olympus, SZ51,放大倍数为20倍)下或制作为临时玻片观察,对蓟马和捕食性天敌昆虫种类进行鉴定和计数^[17-18]。文中不同种昆虫的数量包括了1.0 m²范围内辣椒植株上和杂草上的蓟马和捕食性天敌昆虫。

1.3 数据处理

1.3.1 蓟马和天敌昆虫的群落优势度

以第*i*种昆虫的个体数 n_i 占有所有昆虫的总个体数的比值,乘以该种在各个位置出现的频率 f_i 表示该种的优势度(Y),即 $Y=(n_i/N) \times f_i$,当 $Y \geq 0.05$ 时,即为该种植物上的优势种^[19]。

1.3.2 蓟马及天敌物种多样性

采用香农(Shannon)多样性指数(H')及Pielou均匀度指数(E),描述群落中种群的多样性^[20]。

$$H' = -\sum P_i \ln P_i; E = H' / \ln S.$$

式中 S 为物种的数量。采用单块样地蓟马或天敌昆虫总数进行计算,调查的3块样地为3次重复。

1.3.3 蓟马及天敌昆虫益害比例时序动态

蓟马及天敌的益害比(P_b)采用平均每块样地天敌昆虫的个体总数(N_n)与害虫的个体总数(N_p)的比值表示,即 $P_b = N_n / N_p$ 。

1.3.4 时间生态位宽度

根据Levins提出的生态位宽度计算公式 $B_i = 1 / (S \sum_i P_i^2)$ 和Hurlbert提出的标准生态位公式 $B = (B_i - 1) / (n - 1)$ 计算时间生态位宽度,式中: S 为物种数量; B 为第*i*种蓟马的标准生态位宽度,其中 $B \leq 1$; n 为生态位资源等级数; P_i 为第*i*种蓟马的个体数占总资源中所有蓟马个体总数的比例^[21-22]。

1.3.5 生态位重叠指数

生态位重叠指数公式: $L_{ij} = B \sum (P_{ik} \times P_{jk})$,式中, L_{ij} 为蓟马*i*和蓟马*j*的生态位重叠值; B 为第*i*种蓟马的标准生态位宽度; P_{ik} 、 P_{jk} 分别为蓟马*i*和蓟马*j*利用第*k*个资源单位的个体占总资源中对应蓟马总数的比例^[21]。

由于2019年调查了10次,2020年调查了14次,文中平均每次调查的个体数为单种蓟马或天敌在15个点全年调查总数与调查次数之比,即单次调查的蓟马或天敌数量平均值。计算生态位宽度和重叠指数时采用3块样地蓟马或天敌昆虫总数。试验数据采用MS Excel 2016记录和处理,不同种类蓟马或天敌的种群数量差异采用DPS 7.05进行方差分析(Tukey's 检验, $\alpha = 0.05$),所有图片均在Origin 2018中绘制。

2 结果与分析

2.1 辣椒田蓟马及主要天敌昆虫的数量及优势度

2019年和2020年,采集到辣椒田蓟马种类分别为西花蓟马、黄蓟马、八节黄蓟马、花蓟马、华简管蓟马 *Haplothrips chinensis*、端大蓟马 *Megalurothrips distalis*、棕榈蓟马、云南纹蓟马 *Aeolothrips yunnanensis*、烟蓟马和黄胸蓟马 *Thrips hawaiiensis* (表1)。优势种为西花蓟马、黄蓟马、八节黄蓟马和花蓟马。优势度最高的是西花蓟马,2019年西花蓟马种群平均单次调查的个体数量为351.30头,2020年西花蓟马平均单次调查值为368.36头;优势度最低的是花蓟马。2019年和2020年辣椒田捕食性天敌昆虫种类主要为南方小花蝽 *Orius similis*、二叉小花蝽 *O. bifilarus* 和

异色瓢虫 *Harmonia axyridis*。其中南方小花蝽的优
势度最高,2019 年和 2020 年平均单次调查的个体数
量分别为 54.70 头和 56.93 头;3 种捕食性天敌昆虫
中,异色瓢虫优势度最低。

表 1 辣椒田蓟马及主要天敌昆虫种类及优势度¹⁾

Table 1 Species and dominance of thrips and main natural enemy insects in *Capsicum annuum* fields

昆虫类别 Insect category	昆虫种类 Species	2019		2020	
		平均每次调查的 个体数/头 Mean number of individuals per survey	优势度 Dominance	平均每次调查的 个体数/头 Mean number of individuals per survey	优势度 Dominance
蓟马 Thrips	西花蓟马 <i>Frankliniella occidentalis</i>	351.30	0.593	368.36	0.551
	黄蓟马 <i>Thrips flavus</i>	107.50	0.181	119.79	0.179
	八节黄蓟马 <i>T. flavidulus</i>	48.90	0.074	63.79	0.095
	花蓟马 <i>F. intonsa</i>	37.50	0.063	46.93	0.070
	华筒管蓟马 <i>Haplothrips chinensis</i>	14.70	0.025	25.86	0.036
	端大蓟马 <i>Megalurothrips distalis</i>	15.20	0.021	9.36	0.008
	棕榈蓟马 <i>T. palmi</i>	13.10	0.015	28.64	0.037
	云南纹蓟马 <i>Aeolothrips yunnanensis</i>	1.70	0.002	2.14	0.001
	烟蓟马 <i>T. tabaci</i>	1.40	0.001	0.93	0.000
	黄胸蓟马 <i>T. hawaiiensis</i>	1.20	0.001	2.57	0.002
捕食性天敌昆虫 Predator insects	南方小花蝽 <i>Orius similis</i>	54.70	0.759	56.93	0.728
	二叉小花蝽 <i>O. bifilarus</i>	9.90	0.124	12.79	0.140
	异色瓢虫 <i>Harmonia axyridis</i>	7.50	0.073	8.50	0.093

1) “平均每次调查的个体数”为一年内 3 块样地所有取样点调查的蓟马总数或天敌昆虫与当年调查次数之比。
“Mean number of individuals per survey” is the ratio of the total number of thrips or predator insects surveyed at all sampling points in three plots in a year to the number of surveys conducted in that year.

2.2 辣椒田蓟马及主要天敌昆虫的种群动态

2019 年辣椒田 10 种蓟马在 5 月—9 月活动情
况不同,其中西花蓟马种群数量从 5 月 22 日开始上
升,在 7 月 12 日到达最高值 66.5 头/m² ($F_{9,20} =$
179.52, $P < 0.001$) (图 1)。在 6 月 25 日到 7 月 12
日之间增长速度最快,8 月 10 日到 8 月 27 日之间下
降速度最快(图 1)。其他蓟马种群数量总体维持在
相对较低的水平,在 5 月 6 日到 9 月 25 日期间均表
现出种群数量先上升后下降的趋势。主要天敌昆虫
南方小花蝽、二叉小花蝽和异色瓢虫在 5 月—9 月
辣椒生长期活动,其中南方小花蝽种群数量在 7
月 26 日达到最高,为 6.6 头/m² ($F_{2,6} = 16.75$, $P =$
0.003);二叉小花蝽和异色瓢虫种群数量分别在 8
月 10 日和 7 月 26 日达到最高值(图 2)。

2020 年与 2019 年相似,蓟马和主要天敌也是
在 5 月—9 月活动。西花蓟马种群数量从 5 月 2 日
开始上升,在 7 月 6 日到达最高值(61.5 头/m²)
($F_{9,20} = 275.83$, $P < 0.001$)后开始逐渐降低,在 7 月
28 日到 8 月 7 日间有所上升(图 1);南方小花蝽种
群数量在 7 月 17 日达到最高值 7.4 头/m² ($F_{2,6} =$

23.73, $P < 0.001$),并在 8 月 15 日到 8 月 26 日之间
种群数量达到第二个小高峰,为 4.8 头/m² ($F_{2,6} =$
38.35, $P < 0.001$) (图 2)。

2.3 辣椒田蓟马及主要天敌昆虫的群落多样性

2019 年辣椒田蓟马和主要天敌昆虫的香农多
样性指数随时间和辣椒生长期变化呈现出不同的波
动情况,其中有 2 个峰值,最大值在 8 月 27 日,为
2.47,最小值在 7 月 12 日,为 1.71,均匀度变化较为
稳定。2020 年香农多样性指数随时间推移变化明
显,最大值在 5 月 29 日,为 2.79,最小值在 7 月 6
日,为 1.68(图 3)。

2.4 辣椒田蓟马及主要天敌昆虫的益害比

2019 年辣椒田蓟马类害虫和主要天敌的益害
比在 9 月前呈现曲折的变化,9 月后益害比上升,在
5 月 22 日、6 月 25 日、7 月 26 日、9 月 10 日益害比
相对较高,说明在这 4 个时间点之前,天敌昆虫对蓟
马类害虫的控制效果显著,9 月 10 日益害比最高。
2020 年与 2019 年相似,在 5 月 29 日、6 月 15 日、7
月 17 日、9 月 7 日益害比相对较高,9 月 7 日益害比
最高(图 4)。

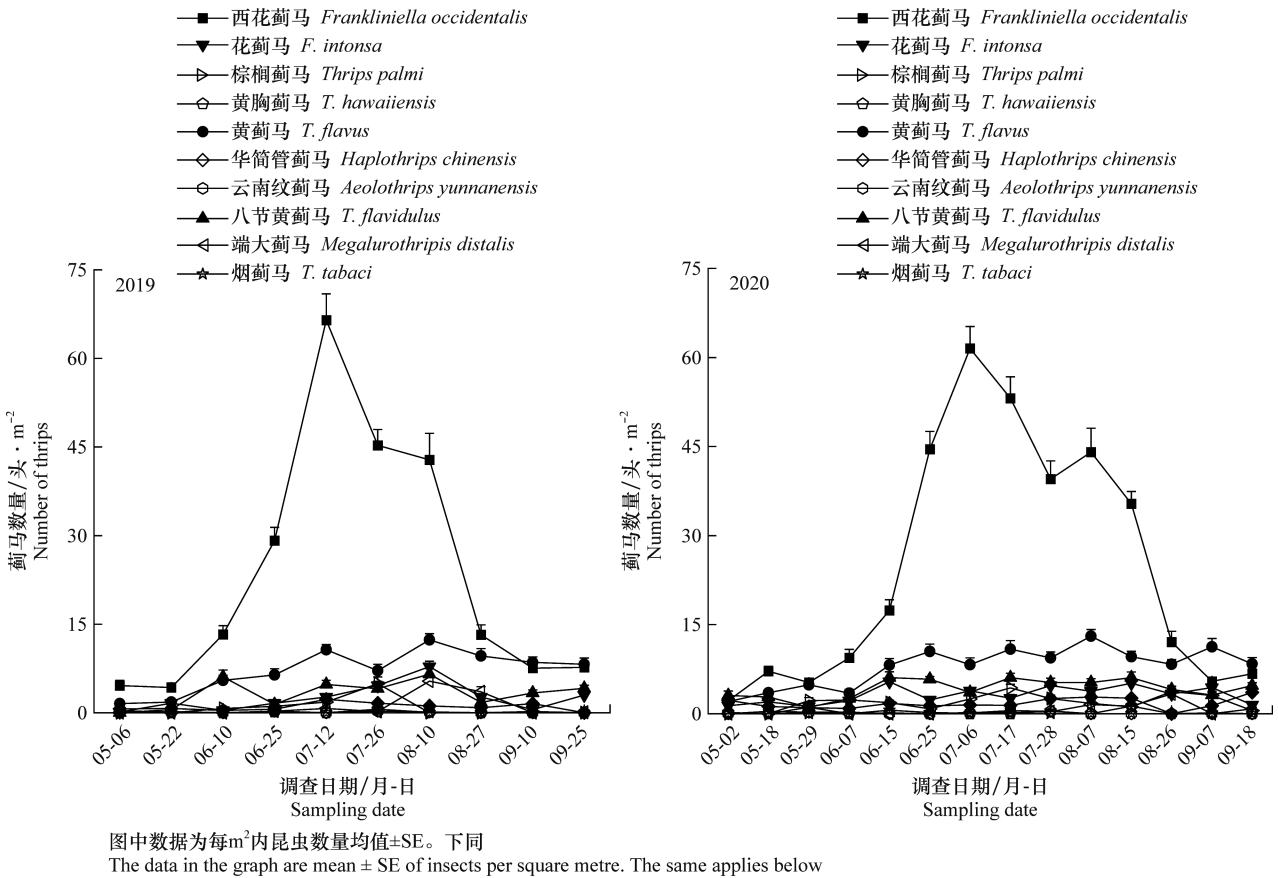


图 1 辣椒田蓟马种群动态

Fig. 1 Population dynamics of thrips in *Capsicum annuum* fields

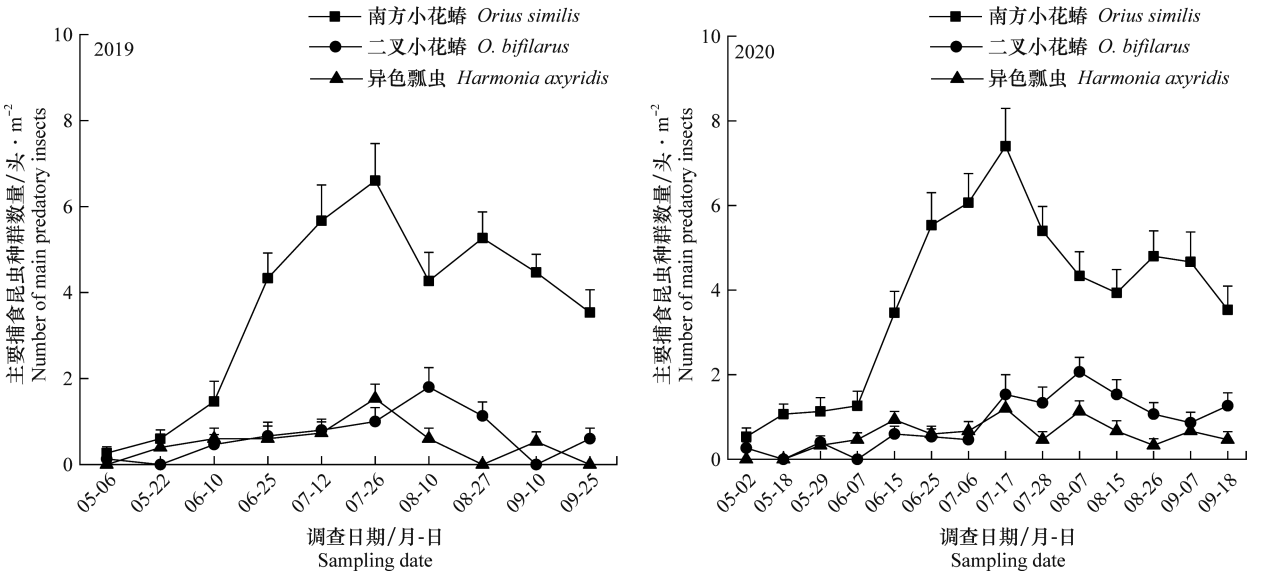


图 2 辣椒田主要天敌昆虫种群动态

Fig. 2 Population dynamics of main natural enemy insects in *Capsicum annuum* fields

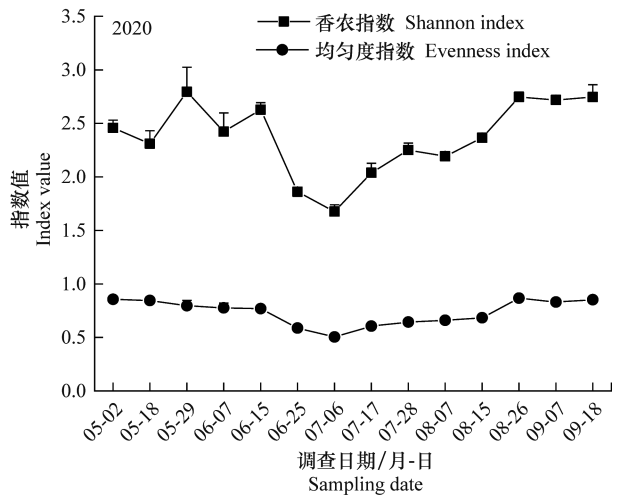
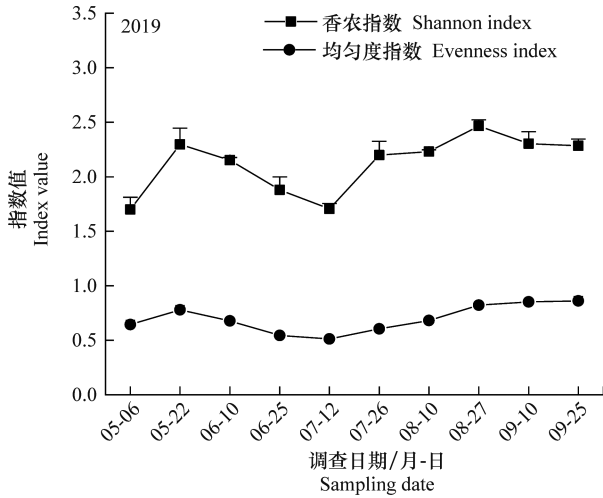


图 3 辣椒田昆虫群落多样性指数变化

Fig. 3 Changes in the diversity index of insect communities in *Capsicum annuum* fields

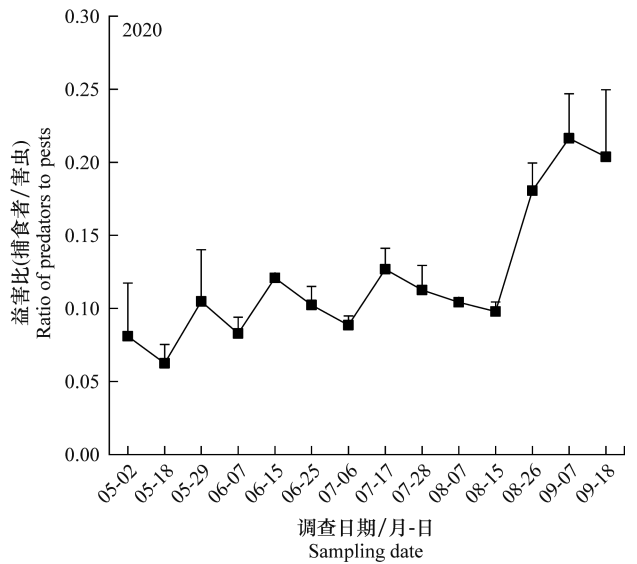
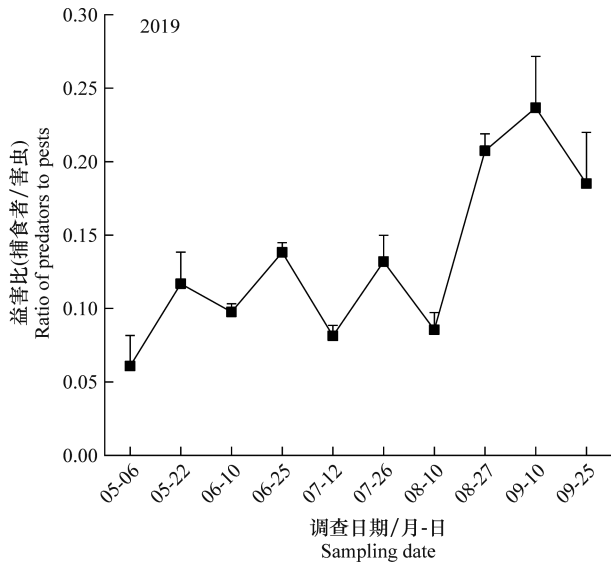


图 4 辣椒田主要天敌昆虫与蓟马的益害比

Fig. 4 The ratio of major natural enemy insects to thrips in *Capsicum annuum* fields

2.5 辣椒田蓟马及主要天敌昆虫种群的时间生态位

2019 年蓟马类害虫的生态位宽度较宽的为黄蓟马、华筒管蓟马和八节黄蓟马,分别为 0.80、0.67 和 0.66;主要天敌中生态位较宽的为南方小花蝽,为 0.73(表 2)。

2019 年辣椒田主要蓟马类害虫生态位重叠指数以黄蓟马和八节黄蓟马最高,为 0.95,其次为黄蓟马和花蓟马,为 0.92,再次为华筒管蓟马和西花蓟马、西花蓟马和花蓟马,分别为 0.91 和 0.90,说明这几种蓟马种群数量随时间变化规律近似。天敌昆虫与蓟马的生态位重叠指数中,南方小花蝽和黄蓟马的生态位

重叠指数最高,为 0.98,南方小花蝽和西花蓟马以及二叉小花蝽和花蓟马均为 0.93(表 2)。

2020 年蓟马类害虫的生态位宽度较宽的为八节黄蓟马、黄蓟马和花蓟马,分别为 0.87、0.85 和 0.82;主要的 3 种天敌生态位宽度近似,分别为南方小花蝽 0.76,异色瓢虫 0.71 和二叉小花蝽 0.64(表 3)。

2020 年辣椒田主要蓟马类害虫生态位重叠指数以黄蓟马和八节黄蓟马最高,为 0.98,其次为黄蓟马和花蓟马、八节黄蓟马和花蓟马,均为 0.97,再者为西花蓟马和黄蓟马、西花蓟马和八节黄蓟马,均为 0.92,说明这几种蓟马种群数量随时间变化规律近似(表 3)。天敌昆虫与蓟马的生态位重叠指数中,南方小花

蝽和黄蓟马的生态位重叠指数最高,为 0.98,其次是南方小花蝽和八节黄蓟马,为 0.97,再次是异色瓢虫和黄蓟马,为 0.96。2020 年天敌昆虫彼此间生态位

重叠指数比 2019 年增加,其中南方小花蝽和异色瓢虫的生态位重叠指数达到了 0.95。3 种天敌昆虫的生态位宽度相近,且生态位重叠指数相似(表 3)。

表 2 2019 年辣椒田蓟马及主要天敌昆虫种群时间生态位宽度和重叠指数¹⁾

Table 2 Temporal niche breadth and overlap index of thrips and main natural enemy insect populations in *Capsicum annuum* fields in 2019

种 Species	<i>T. p</i>	<i>T. t</i>	<i>F. o</i>	<i>A. y</i>	<i>T. h</i>	<i>T. f</i>	<i>T. fd</i>	<i>F. i</i>	<i>H. c</i>	<i>M. d</i>	<i>O. s</i>	<i>H. a</i>	<i>O. b</i>
<i>T. p</i>	0.18	0.73	0.77	0.52	0.79	0.61	0.64	0.59	0.69	0.23	0.70	0.84	0.61
<i>T. t</i>		0.12	0.51	0.70	0.85	0.38	0.36	0.52	0.50	0.12	0.49	0.69	0.40
<i>F. o</i>			0.52	0.62	0.61	0.92	0.89	0.90	0.91	0.65	0.93	0.88	0.91
<i>A. y</i>				0.38	0.69	0.53	0.44	0.61	0.64	0.33	0.55	0.65	0.56
<i>T. h</i>					0.07	0.46	0.46	0.58	0.50	0.30	0.57	0.70	0.56
<i>T. f</i>						0.80	0.95	0.92	0.90	0.69	0.98	0.81	0.91
<i>T. fd</i>							0.66	0.88	0.83	0.62	0.92	0.84	0.87
<i>F. i</i>								0.52	0.82	0.77	0.91	0.78	0.93
<i>H. c</i>									0.67	0.58	0.90	0.87	0.78
<i>M. d</i>										0.16	0.65	0.43	0.81
<i>O. s</i>											0.73	0.83	0.90
<i>H. a</i>												0.52	0.72
<i>O. b</i>													0.56

1) 表中对角线上的数据为各种群的时间生态位宽度。*F. o*:西花蓟马; *T. f*:黄蓟马; *T. fd*:八节黄蓟马; *F. i*:花蓟马; *H. c*:华筒管蓟马; *M. d*:端大蓟马; *T. p*:棕榈蓟马; *A. y*:云南纹蓟马; *T. t*:烟蓟马; *T. h*:黄胸蓟马; *O. s*:南方小花蝽; *O. b*:二叉小花蝽; *H. a*:异色瓢虫。表 3 同。
The data on the diagonal were the temporal niche breadth value between populations. *F. o*:*F. occidentalis*; *T. f*:*T. flavus*; *T. fd*:*T. flavidulus*; *F. i*:*F. intonsa*; *H. c*:*H. chinensis*; *M. d*:*Megalurothrips distalis*; *T. p*:*T. palmi*; *A. y*:*Aeolothrips yunnanensis*; *T. t*:*tabaci*; *T. h*:*T. hawaiiensis*; *O. s*:*Orius similis*; *O. b*:*Orius bifilarus*; *H. a*:*Harmonia axyridis*. The same applies in table 3.

表 3 2020 年辣椒田蓟马及主要天敌昆虫种群时间生态位宽度和重叠指数

Table 3 Temporal niche breadth and overlap index of thrips and main natural enemy insect populations in *Capsicum annuum* fields in 2020

种 Species	<i>T. p</i>	<i>T. t</i>	<i>F. o</i>	<i>A. y</i>	<i>T. h</i>	<i>T. f</i>	<i>T. fd</i>	<i>F. i</i>	<i>H. c</i>	<i>M. d</i>	<i>O. s</i>	<i>H. a</i>	<i>O. b</i>
<i>T. p</i>	0.70	0.32	0.85	0.63	0.46	0.91	0.86	0.90	0.76	0.68	0.92	0.93	0.86
<i>T. t</i>		0.07	0.42	0.07	0.14	0.39	0.43	0.43	0.34	0.04	0.40	0.45	0.27
<i>F. o</i>			0.57	0.59	0.48	0.92	0.92	0.90	0.84	0.59	0.95	0.92	0.87
<i>A. y</i>				0.33	0.30	0.54	0.55	0.55	0.54	0.30	0.55	0.53	0.44
<i>T. h</i>					0.15	0.53	0.55	0.61	0.61	0.43	0.49	0.48	0.59
<i>T. f</i>						0.85	0.98	0.97	0.92	0.69	0.98	0.96	0.94
<i>T. fd</i>							0.87	0.97	0.94	0.64	0.97	0.93	0.92
<i>F. i</i>								0.82	0.91	0.64	0.95	0.93	0.90
<i>H. c</i>									0.77	0.58	0.88	0.86	0.87
<i>M. d</i>										0.27	0.66	0.64	0.77
<i>O. s</i>											0.76	0.95	0.93
<i>H. a</i>												0.71	0.92
<i>O. b</i>													0.64

3 结论与讨论

本研究对辣椒整个生长期内的蓟马及主要捕食性天敌昆虫进行了系统调查,明确了 2019 年和 2020 年 5 月—9 月云南昆明盘龙区辣椒田蓟马和主要捕食性天敌昆虫的种群动态变化规律。两年共调查到辣椒田蓟马种类 10 种,其中西花蓟马、黄蓟马、

八节黄蓟马和花蓟马为优势种,是防控的重点。蒋兴川等^[9]发现云南不同生态区在花期辣椒上的蓟马主要为西花蓟马、花蓟马、黄蓟马、棕榈蓟马、烟蓟马和八节黄蓟马;胡昌雄等^[23]发现云南昆明地区辣椒上蓟马主要为西花蓟马、黄蓟马和花蓟马。这 6 种蓟马在本调查中均有发现,且有 4 种为优势种蓟马。不同地区作物上蓟马种类具有多样性,华北地区作物上蓟马

种类主要为西花蓟马、花蓟马和烟蓟马等;浙江地区主要为花蓟马、八节黄蓟马和黄胸蓟马等^[24-25]。不同地理和田间条件差异会造成蓟马的种类不同,某种蓟马成为优势种更有可能是由于杀虫剂施用水平,当地气候条件等因素影响的结果^[26-27]。因此,不同条件对蓟马种类的影响需要开展更多的研究。

2020 年 4 种蓟马优势种的数量均高于 2019 年,说明 2020 年蓟马类害虫在辣椒田发生量更大,种群数量有增长趋势。在不同的环境条件中,降水等气候因素对昆虫有很明显的影响^[28-29]。韩冬银等研究发现芒果园蓟马数量会随着气候的变化发生改变^[30];降雨后短时间内蓟马种群数量会明显减少,但是在降雨一段时间以后蓟马数量会随着植物新叶的长出而增加^[31-32]。本研究调查结果显示,2020 年蓟马类害虫种群数量比 2019 年增多,可能由于不同年份降水情况不同导致。不同生长期的辣椒田蓟马发生量不同,以西花蓟马为例,有研究表明昆明地区辣椒田西花蓟马的种群数量最多,且在辣椒花期蓟马丰富度最高^[9],本研究中西花蓟马的优势度是另外 3 种主要蓟马的 3~9 倍,与前人研究结果相同。西花蓟马入侵到云南后,与本地种花蓟马等蓟马形成种间竞争,并且在杀虫剂的影响下西花蓟马逐渐成为多个地区的优势种^[33-34],这可能是导致辣椒田西花蓟马数量最多的原因之一。2019 年和 2020 年辣椒田西花蓟马种群数量均在 7 月达到最大值,这一结果和蒋兴川等^[9]的研究结果一致,4 月—5 月种植的辣椒,开花期在 6 月—7 月,而蓟马会在寄主开花期大量繁殖,种群数量在相对较短的时间内迅速增加^[35-36]。随后结果期西花蓟马种群数量下降,可能是花朵凋谢导致的,也可能是辣椒田蓟马向其他寄主植物转移的结果^[37],进一步说明作物所处的生长发育阶段对蓟马数量有影响^[38]。辣椒田蓟马的主要捕食性天敌昆虫中南方小花蝽数量最多,是蓟马类害虫的优势天敌^[39]。其种群数量在蓟马种群数量达到最大值后 14 d 会到达顶峰,当蓟马数量下降时,南方小花蝽数量也随之降低,说明天敌南方小花蝽对蓟马具有一定的跟随现象^[16]。但是具体的跟随效应指标需要进一步研究。

昆虫多样性指数和均匀度指数是反映昆虫群落稳定性的重要指标^[40],昆虫种群多样性越高,昆虫群落越稳定。农田中昆虫群落的形成与人类行为有密切的关系,耕作制度、杀虫剂使用情况等直接影响到昆虫群落的组成结构^[41],而且昆虫多样性差的农

田易导致某种害虫暴发^[42]。本研究中辣椒田蓟马类害虫共有 10 种,主要的捕食性天敌昆虫种类有 3 种,害虫西花蓟马在很长一段时间内种群数量处于较高水平,香农多样性指数在 2 年中波动幅度大,变化快,与森林生态系统稳定的多样性指数差别很大^[43],说明农田生态系统稳定性较差,害虫极易暴发。生态位宽度表示一个物种利用资源的能力和对环境的适应性,时间生态位宽度表示一个物种在时间序列上的活动情况,一个物种的时间生态位宽度值越大,表明该物种在整个发生期内有更强的稳定性^[44-45]。黄蓟马和八节黄蓟马分别是 2019 年和 2020 年辣椒田生态位宽度值最高的 2 种蓟马,说明黄蓟马和八节黄蓟马在两年中种群动态相对稳定。本研究中种群数量最高的是西花蓟马,但西花蓟马的时间生态位宽度值比黄蓟马和八节黄蓟马低,造成这一现象的原因可能是西花蓟马在种群竞争中处于优势地位^[27,34],种群数量会在合适发育的时间内大量增长,出现突然增长的现象,最适发育期过后种群数量会突然下降,仅在辣椒生长前期和结果期时西花蓟马种群数量和黄蓟马等相近。生态位重叠指数表示物种与物种间相似的生态适应性和生物学特性^[46]。物种间时间生态位重叠指数越高,说明种间竞争关系越强或者捕食关系越密切^[47]。本研究中黄蓟马和八节黄蓟马生态位重叠指数最高(2019 年为 0.95,2020 年为 0.98),二者之间有最激烈的种间竞争,此外,黄蓟马和西花蓟马、花蓟马的生态位重叠指数也较高。2019 年蓟马种间生态位重叠指数比 2020 年低,可能是 2020 年蓟马发生量更大,导致种间竞争更激烈。物种可利用资源充足时,种间竞争关系弱,反之则强^[46]。2020 年蓟马捕食性天敌间生态位重叠指数比 2019 年高,可能是蓟马数量增加的同时,天敌数量由于跟随效应,导致天敌种间和种内竞争加剧,生态位重叠指数增加。天敌与害虫间的时间生态位重叠指数表示天敌对害虫的控制作用强弱^[48]。本研究中 3 种主要天敌对黄蓟马和八节黄蓟马时间生态位重叠指数均较高(大于 0.8),说明南方小花蝽、异色瓢虫和二叉小花蝽对黄蓟马和八节黄蓟马有相对较好的控制作用;其中南方小花蝽种群优势明显,并且对两种蓟马的控制作用最好,南方小花蝽是蓟马类害虫的重要天敌之一^[49]。

辣椒田中蓟马共有 10 种,其中优势种为西花蓟马、黄蓟马、八节黄蓟马和花蓟马,优势度最高的为西花蓟马。蓟马和天敌种群数量随辣椒的生长期呈

规律性变化,并在辣椒花期时具有最大值,蓟马种群间存在一定竞争。主要的捕食性天敌昆虫有南方小花蝽、异色瓢虫和二叉小花蝽,均对辣椒田优势种蓟马具有控制作用,在防治蓟马时可以结合田间捕食性天敌昆虫资源的发生规律制定合理的防治措施,以达到对辣椒田蓟马的持续控制。针对多种蓟马复合发生的辣椒田可加强对西花蓟马种群数量的监测及控制,定期做好蓟马及天敌种类和数量调查工作,针对优势的蓟马种类进行防治。

参考文献

- [1] 王立浩,张正海,曹亚从,等. “十二五”我国辣椒遗传育种研究进展及其展望[J]. 中国蔬菜, 2016(1): 1-7.
- [2] 庞洪翠. 不同辣椒品种对西花蓟马的抗性研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2017.
- [3] 吴永红,周书栋,李雪峰,等. 2019年辣椒科学研究进展[J]. 辣椒杂志, 2020, 18(2): 1-7.
- [4] REITZ S R, YEARBY E L, FUNDERBURK J E, et al. Integrated management tactics for *Frankliniella* thrips (Thysanoptera: Thripidae) in field-grown pepper [J]. Journal of Economic Entomology, 2003, 96(4): 1201-1214.
- [5] WAN Yanran, HUSSAIN S, MERCHANT A, et al. Tomato spotted wilt orthotospovirus influences the reproduction of its insect vector, western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, to facilitate transmission [J]. Pest Management Science, 2020, 76(7): 2406-2414.
- [6] 吕要斌,张治军,吴青君,等. 外来入侵害虫西花蓟马防控技术与示范[J]. 应用昆虫学报, 2011, 48(3): 488-496.
- [7] 颜改兰,王圣印. 西花蓟马对烯啶虫胺、噻虫胺和噻虫嗪的抗性风险和抗性稳定性[J]. 应用生态学报, 2020, 31(10): 3289-3295.
- [8] WALSH B, MALTBY J E, NOLAN B, et al. Seasonal abundance of thrips (Thysanoptera) in capsicum and chilli crops in south-east Queensland, Australia [J]. Plant Protection Quarterly, 2012, 27(1): 19-22.
- [9] 蒋兴川,李志华,蒋智林,等. 云南不同生态区辣椒花期蓟马种类及多样性指数比较[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2013, 28(4): 451-457.
- [10] GONZALEZ D, WILSON L T. A food-web approach to economic thresholds: a sequence of pests/predaceous arthropods on California cotton [J]. Entomophaga, 1982, 27(1): 31-43.
- [11] RAMACHANDRAN S, FUNDERBURK J, STAVISKY J, et al. Population abundance and movement of *Frankliniella* species and *Orius insidiosus* in field pepper [J]. Agricultural and Forest Entomology, 2001, 3(2): 129-137.
- [12] HANSEN E A, FUNDERBURK J E, REITZ S R, et al. Within-plant distribution of *Frankliniella* species (Thysanoptera: Thripidae) and *Orius insidiosus* (Heteroptera: Anthoridae) in field pepper [J]. Environmental Entomology, 2003, 32(5): 1035-1044.
- [13] 蒋月丽,武予清,段云,等. 释放东亚小花蝽对大棚辣椒上几种害虫的防治效果[J]. 中国生物防治学报, 2011, 27(3): 414-417.
- [14] 禹云超,邹军锐,曾广,等. 斯氏钝绥螨对西花蓟马和豆大蓟马若虫的捕食功能反应[J]. 应用昆虫学报, 2019, 56(6): 1317-1323.
- [15] SARKAR S C. 大草蛉对诱集作物紫花苜蓿的行为反应及对西花蓟马的生物防治[D]. 北京: 中国农业科学院, 2018.
- [16] 孙英,胡昌雄,吴道慧,等. 南方小花蝽和黄蓟马的种群动态及捕食功能反应[J]. 中国生物防治学报, 2021, 37(3): 451-458.
- [17] 韩运发. 中国经济昆虫志 第五十五卷: 缨翅目[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [18] WANG Jun, TONG Xiaoli, WU Donghui. The effect of latitudinal gradient on the species diversity of Chinese litter-dwelling thrips [J]. Zookeys, 2014, 417: 9-20.
- [19] 袁准,李毅,李育强,等. 湖南长沙棉田节肢动物群落特征、动态及优势种生态位[J]. 植物保护, 2015, 41(2): 37-43.
- [20] 牛翠娟,娄安如,孙儒泳,等. 基础生态学[M]. 3版. 北京: 高等教育出版社, 2015.
- [21] LEVINS R. Evolution in changing environments: Some theoretical explorations [M]. Princeton University Press, 1968.
- [22] HURLBERT S H. The measurement of niche overlap and some relatives [J]. Ecology, 1978, 59(1): 67-77.
- [23] 胡昌雄,段盼,李宜儒,等. 辣椒上西花蓟马的比例及其与南方小花蝽的种群活动规律[J]. 生态学杂志, 2021, 40(6): 1705-1715.
- [24] 吴青君,徐宝云,张治军,等. 京、浙、滇地区植物蓟马种类及其分布调查[J]. 中国植保导刊, 2007(1): 32-34.
- [25] 高慧敏. 华北地区常见蓟马种类及防治方法[J]. 现代农村科技, 2020(11): 33.
- [26] 刘建业,钱蕾,蒋兴川,等. CO₂ 浓度升高对西花蓟马和花蓟马成虫体内解毒酶和保护酶活性的影响[J]. 昆虫学报, 2014, 57(7): 754-761.
- [27] 胡昌雄,李宜儒,李正跃,等. 吡虫啉对西花蓟马和花蓟马种间竞争及后代发育的影响[J]. 生态学杂志, 2018, 37(2): 453-461.
- [28] 党志浩,陈法军. 昆虫对降雨和干旱的响应与适应[J]. 应用昆虫学报, 2011, 48(5): 1161-1169.
- [29] HOLMES N D, BENNISON J A, MAULDEN K A, et al. The pupation behaviour of the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) [J]. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica, 2012, 47(1): 87-96.
- [30] 韩冬银,李磊,陈俊谕,等. 气象因素对芒果蓟马种群数量动态的影响[J]. 环境昆虫学报, 2019, 41(3): 553-558.
- [31] 李晓龙,何鑫,李锋,等. 枸杞蓟马发生规律与降水相关性的初步研究[J]. 农业科技通讯, 2012(9): 84-85.
- [32] NASRUDDIN A, MOUND L A. Seasonal abundance and biology of *Crotonothrips polyalthiae* (Thysanoptera: Phlaeothripidae) and its damage to a shade tree, *Polyalthia longifolia* [J]. Florida Entomologist, 2012, 95(3): 610-616.

- 的捕食作用[J]. 中国生物防治学报, 2020, 36(4): 525–529.
- [7] 侯峥嵘, 孙贝贝, 刘先建, 等. 大红犀猎蝽对草地贪夜蛾 3 龄幼虫捕食功能反应[J]. 植物保护学报, 2020, 47(4): 852–858.
- [8] 张昌容, 邹军锐, 莫利锋. 四种猎物对南方小花蝽生长发育和繁殖的影响[J]. 生态学报, 2012, 32(18): 5646–5652.
- [9] AHMAD S N, KAMARUDIN N. Growth and longevity of the insect predator, *Sycanus dichotomus* Stål. (Hemiptera: Reduviidae) fed in live insect larvae [J]. Journal of Oil Palm Research, 2016, 28(4): 471–478.
- [10] 赵萍. 中国真猎蝽亚科分类研究(异翅亚目: 猎蝽科) [D]. 北京: 中国农业大学, 2008.
- [11] 罗永明, 蔡世民, 金启安. 海南岛芒果树害虫天敌昆虫复合体的初步研究[J]. 热带作物学报, 1993, 14(1): 61–66.
- [12] 陈聪, 黄焕华, 李奕震, 等. 桉树食叶害虫发生现状分析[J]. 中国森林病虫, 2016, 35(4): 25–28.
- [13] 向涛, 崔龙箫. 海南降香黄檀人工林重要害虫及天敌种类调查[J]. 热带农业科学, 2018, 38(11): 59–62.
- [14] MORALES-RAMOS J A, ROJAS M G, COUDRON T A. Artificial diet development for entomophagous arthropods [M] //MORALES-RAMOS J A, ROJAS M G, SHAPIRO-ILAN D I. Mass production of beneficial organisms-invertebrates and entomopathogens. Elsevier Inc., 2014: 203–240.
- [15] 于飞, 曾鑫年, 张帅, 等. 取食量对昆虫生长发育影响的研究[J]. 广东农业科学, 2004(1): 42–44.
- [16] ABDUL S, WAHYU D N, HERSANTI F, et al. Laboratory rearing of *Sycanus annulicornis* (Hemiptera: Reduviidae) on two species of prey: Differences in its biology and efficiency as a predator of the nettle caterpillar pest *Setothosea asigna* (Lepidoptera: Limacodidae) [J]. European Journal of Entomology, 2018, 115: 208–216.
- [17] TRUONG X L, PHAM H P, THAI T N L. Biology and predatory ability of the reduviid *Sycanus falleni* Stål (Heteroptera: Reduviidae: Harpactorinae) fed on four different preys in laboratory conditions [J]. Journal of Asia-Pacific Entomology, 2020, 23(4): 1188–1193.
- [18] 邓海滨, 陈泽鹏, 田明义, 等. 取食烟蚜和斜纹夜蛾的红彩真猎蝽实验种群生命表比较[J]. 中国烟草学报, 2013, 19(6): 92–96.
- [19] 苏湘宁, 邓海滨, 蔡青年, 等. 红彩真猎蝽对烟草重要害虫捕食选择性研究[J]. 中国农学通报, 2016, 32(26): 43–47.
- (责任编辑: 杨明丽)
- ~~~~~
- (上接 46 页)
- [33] 盖海涛, 邹军锐, 岳臻. 西花蓟马和花蓟马在辣椒上的种群动态[J]. 西南农业学报, 2012, 25(1): 337–339.
- [34] 张晓明, 姚茹瑜, 张宏瑞, 等. 不同花色菊品种上西花蓟马种群密度及雌雄性比[J]. 植物保护学报, 2017, 44(5): 737–745.
- [35] GERIN C, HANCE T H, VAN IMPE G. Impact of flowers on the demography of western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Thysan., Thripidae) [J]. Journal of Applied Entomology, 1999, 123(9): 569–574.
- [36] ZHANG Lumin, LIU Zhicheng, SUN Xingquan, et al. Population dynamics of *Orius strigicollis* and *Frankliniella intonsia* on Chinese rose and predatory functional response [J]. 中国生物防治, 2008, 24(S1): 21–27.
- [37] HEALEY M A, SENIOR L J, BROWN P H, et al. Relative abundance and temporal distribution of adult *Frankliniella occidentalis* (Pergande) and *Frankliniella schultzei* (Trybom) on French bean, lettuce, tomato and zucchini crops in relation to crop age [J]. Journal of Asia-Pacific Entomology, 2017, 20(3): 859–865.
- [38] 邹军锐, 任顺祥. 花粉和植物不同生长阶段对西花蓟马种群的影响[J]. 植物保护, 2006, 32(3): 39–42.
- [39] 李宜儒, 胡昌雄, 段盼, 等. 3 种常用杀虫剂对不同植物上南方小花蝽的毒力测定[J]. 河南农业科学, 2019, 48(2): 98–104.
- [40] VENJAKOB C, KLEIN A M, EBELING A, et al. Plant diversity increases spatio-temporal niche complementarity in plant-pollinator interactions [J]. Ecology and Evolution, 2016, 6(8): 2249–2261.
- [41] 王玉芹, 丁文静, 刘岩, 等. 丹参田花期昆虫群落结构及多样性研究[J]. 环境昆虫学报, 2020, 42(4): 910–915.
- [42] 何云川, 杨贵军, 王新谱. 银川不同湿地陆生昆虫群落多样性与稳定性[J]. 昆虫学报, 2018, 61(12): 1439–1452.
- [43] 邹言, 刘佳文, 李立坤, 等. 北京市延庆区不同生境昆虫多样性特征调查分析[J]. 应用昆虫学报, 2020, 57(5): 1161–1172.
- [44] 周立垚, 丁圣彦, 卢训令, 等. 人为干扰对传粉昆虫群落物种多样性及其优势类群生态位的影响[J]. 生态学报, 2020, 40(6): 2111–2121.
- [45] 孙儒泳. 动物生态学原理[M]. 3 版. 北京: 北京师范大学出版社, 2001.
- [46] 陈超, 侯蓉, 吴蔚, 等. 利用红外相机研究新龙县食肉目兽类及其猎物的时间生态位特征与重叠[J]. 四川动物, 2021, 40(1): 15–22.
- [47] 陈洪凡, 黄建华. 黄板诱集法取样下稻田稻飞虱及其天敌种群的时间生态位研究[J]. 环境昆虫学报, 2015, 37(2): 258–262.
- [48] 羊绍武, 张晓明, 郭海业, 等. 多年生水稻田主要害虫、天敌消长规律及时间生态位分析[J]. 应用昆虫学报, 2019, 56(6): 1370–1381.
- [49] 李宜儒, 李琼, 胡昌雄, 等. 吡虫啉对南方小花蝽捕食西花蓟马功能反应的影响[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2019, 34(4): 590–596.
- (责任编辑: 杨明丽)