新疆哈密地区葡萄园昆虫群落结构及多样性分析*

李凯亮[1**] 房路超[1] 葛志强[1] 张振宇[1] 郭文超[2] 胡红英[1***]

（1. 新疆大学生命科学与技术学院，新疆生物资源基因工程重点实验室，乌鲁木齐 830017；
2. 新疆农业生物安全重点实验室，乌鲁木齐 830091）

摘 要 **【目的】** 明确新疆哈密地区葡萄园昆虫结构类群和时序变化，分析害虫和天敌的发生动态，为害虫综合防控提供科学依据。**【方法】** 采用网扫法和马来氏网诱集法获取昆虫标本，运用多样性指数统计分析哈密地区葡萄园内昆虫群落结构及其多样性。**【结果】** 共获得昆虫样本 18 736 头，隶属于 9 目 64 科，以膜翅目（31.25%）、双翅目（25.00%）、鞘翅目（15.63%）和半翅目（14.06%）为葡萄园昆虫优势类群；葡萄园 9 月中旬昆虫数量最多（3 414 头），群落多样性指数在 1.17-2.81 之间，群落丰富度指数在 17-47 之间，群落均匀度指数在 0.32-0.80 之间，群落优势集中指数在 0.09-0.56 之间，葡萄园主要害虫有双翅目果蝇，半翅目蚜虫、盲蝽、叶蝉和缨翅目蓟马，其中始花期（5 月）主要害虫为蚜虫和盲蝽，葡萄浆果生长期（6 月上旬-8 月中上旬）主要害虫为蚜虫和蓟马，葡萄成熟期（8 月下旬-9 月下旬）主要害虫为果蝇、盲蝽和叶蝉。主要天敌有草蛉、蚜茧蜂、姬小蜂、缨小蜂、缘腹细蜂和跳小蜂。多样性分析结果表明哈密葡萄园昆虫群落资源丰富并具有稳定性。**【结论】** 本研究明确了哈密地区葡萄园昆虫群落结构及其稳定性，并为葡萄园害虫防治和天敌保护提供了科学依据。

关键词 葡萄园；昆虫群落结构；多样性；害虫防控；天敌保护与利用

Community structure and diversity of insects in vineyards in Xinjiang's Hami area

LI Kai-Liang[1**] FANG Lu-Chao[1] GE Zhi-Qiang[1] ZHANG Zhen-Yu[1]
GUO Wen-Chao[2] HU Hong-Ying[1***]

(1. Xinjiang Key Laboratory of Biological Resources and Genetic Engineering, College of Life Science and Technology, Xinjiang University, Urumqi 830017, China; 2. Xinjiang Key Laboratory of Agricultural Bio-safety, Urumqi 830091, China)

Abstract **[Aim]** To investigate the population dynamics of insect pests and their natural enemies in vineyards in Hami, Xinjiang to improve the forecasting and control of major insect pests in this region. **[Methods]** Insect specimens were captured using net sweeping and Malaise trapping and their community structure and diversity was statistically analyzed using diversity indices. **[Results]** A total of 18 736 insect samples were collected, belonging to 9 orders and 64 families. The Hymenoptera (31.25%), Diptera (25.00%), Coleoptera (15.63%), and Hemiptera (14.06%), were the dominant insect taxa. The maximum number of insects captured was 3 414 in mid-September. The community diversity index ranged from 1.17 to 2.81, the community richness index ranged from 17 to 47, and the temporal trend in the community evenness index was basically consistent with that of the diversity index, ranging from 0.32 to 0.80. The dominant concentration index ranged from 0.09 to 0.56. The main pests in vineyards were fruit flies (Diptera), aphids, mirid bugs, leafhoppers (Hemiptera), and thrips (Thysanoptera). During the initial flowering period (May), aphids and mirid bugs were the primary pests, whereas aphids and

*资助项目 Supported projects：哈密重大病虫害生物防治体系研究项目（202017）；新疆维吾尔自治区自然科学基金项目（2011211A004）

**第一作者 First author，E-mail：1599329343@qq.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：huhongying@xju.edu.com

收稿日期 Received：2024-05-29；接受日期 Accepted：2024-08-28

thrips were the dominant pests during the grape berry stage (early June to mid-August). Fruit flies, mirid bugs, and leafhoppers became the primary pests during the grape maturation period (late August to late September). The main natural enemies of insect pests were members of the Chrysopidae, Aphidiidae, Eulophidae, Mymaridae, Scelionidae and Encyrtidae. Diversity analysis indicates that insect pests in Hami vineyards have a diverse range of natural enemies with stable populations. **[Conclusion]** This study clarifies insect community structure and stability in Hami vineyards, thereby providing a better basis for pest control and the protection of natural enemies in the vineyards of this region.

Key words vineyard; insect community structure; diversity; pest control; natural enemy conservation and utilization

葡萄主要分布于温带至亚热带地区，是世界起源最古老的植物之一。截至目前，我国葡萄栽培历史约有 2 320-2 520 年之久（孔庆山, 2004）。新疆哈密地区气候类型属典型温带大陆性干旱气候，具有干燥少雨、昼夜温差大、年均日照充足等特点，为葡萄的生长发育提供了得天独厚的条件，截至 2022 年底，新疆哈密葡萄种植面积 5 420 hm^2，葡萄总产量 11.45 万吨（哈密市人民政府, 2023）。以葡萄为主的林果业已成为哈密农业经济发展的支柱产业之一，为哈密地区农民增收起到了重大作用。

昆虫作为生物界种类最多的类群，与人类生产活动关系十分密切。农田昆虫群落是农业生态系统的重要组成部分，并在维持系统的结构和功能方面发挥着极其重要的作用（刘雨芳, 2019; 崔桂玲和李志, 2021）。在大力发展生态农业背景下，调查农业生态系统昆虫群落结构及分析昆虫群落生物多样性是生态农业发展的前提，也是害虫监测与防控的重要工作（王明强等, 2022）。

近年来诸多学者利用马来氏网诱集昆虫进而对不同田间昆虫群落、发生动态及生物多样性进行了分析研究，主要集中于桃园（刘雅等, 2017）、韭菜田（张晗等, 2023）、枣园（李凯亮等, 2023）、花生田（范燕等, 2023）、茶园（张潇引等, 2023; 郑世仲等, 2023）、柚园（蓝木香等, 2022）、向日葵田（王鹏冬等, 2021）和丹参田（王玉芹等, 2020）等。葡萄园昆虫的研究重点集中于主要害虫的发生与防治，但对葡萄园昆虫群落的研究寥寥无几（朱雅君等, 2022）。

新疆作为我国葡萄的主要种植区，不同区域的葡萄害虫种类和发生规律各有差异。随着葡萄产业的迅速发展，葡萄害虫的发生与防治已经成为研究的重点之一。如马德英等（2010）、曹文秋等（2017）、买热木古丽·克依木（2024）对吐鲁番地区葡萄阿小叶蝉 *Arboridia kakogawana* 的发生规律进行了详细调查研究，揭示了其在该地区的季节性动态及其对葡萄的危害特征；孙清花等（2019）对伊犁河谷地区葡萄瘿螨 *Colomerus vitis*、葡萄阿小叶蝉和真葡萄粉蚧 *Pseudococcus maritimus* 危害特征进行了总结报道；何天明等（2011）和王少山等（2011）对北疆地区葡萄瘿螨、葡萄短须螨 *Brevipalpus lewisi*、葡萄阿小叶蝉和金龟类害虫年发生动态及危害特征进行了调查研究，为该地区的葡萄害虫防治提供了理论依据。其它多数报道均为当地葡萄 1-2 种主要害虫的危害特征和防治方法的研究探讨（周天跃等, 2017; 主海峰, 2019; 周智颖, 2020; 阿地力·沙塔尔等, 2024）。目前新疆哈密地区葡萄害虫的研究对象集中于葡萄瘿螨、葡萄粉蚧和葡萄阿小叶蝉，主要研究方法是田间观察和果农访谈，研究结果以危害特征和防治方法为主，缺乏对葡萄园其它害虫群落的发生规律和暴发规模相关性研究。本研究利用网扫法结合马来氏网诱集法获取昆虫标本，对新疆葡萄主要种植产地哈密地区葡萄园昆虫群落进行系统性调查。明确了哈密地区葡萄园昆虫群落结构及主要害虫和天敌发生动态，分析了昆虫群落的多样性，为葡萄园害虫监测与防控以及天敌保护利用提供了重要依据。

1 材料与方法

1.1 研究地概况

选取新疆维吾尔自治区哈密市伊州区回城乡牧场社区和富民社区 3 片葡萄种植园作为调查区域（表 1），试验田内葡萄品种均为 A09 葡萄（俗称“黑美人”品种，哈密地区主要种植品

种），葡萄园采用清耕法，架型为棚架，园内常年杂草极少。葡萄枝蔓每年 10 月底开始埋土防寒，翌年 4 月出土上架。休眠修剪后和升温破眠前，将园内枯枝杂草彻底清除后焚烧，并且喷施石硫合剂。5 月中下旬及雨后，全园用三唑酮进行喷施，预防白粉病等主要病虫害。调查地区葡萄于 4 月中旬开始萌芽，5 月中上旬进入始花期，6 月上旬至 8 月中旬为葡萄浆果生长期，8 月下旬果实开始着色成熟，9 月下旬至 10 月上旬完成葡萄采摘，由萌芽到果实成熟，历经 140-155 d。故选取葡萄始花期至果实成熟期（2021 年 5-10 月）作为调查时间区段。

1.2　试验设计

采用网扫法结合马来氏网诱集法获取昆虫标本。网扫法：选用网孔孔径约为 0.5 mm 的捕虫网，采用平行取样法在葡萄园利用捕虫网在葡萄植株四周挥扫，每个样地网扫行数为葡萄总行数 1/10，每隔 10 d 对 3 片葡萄园各网扫 1 次，将网扫采集的所有标本装入塑封袋，并倒入 75%酒精保存，记录采集日期、海拔、温度和湿度等生境信息。马来氏网（兰陵县金康源商行）设立在①号葡萄园中心区域，诱集方法参照吴琼等（2016）报道的方法并稍作改进，将马来氏网中间黑色阻隔筛网与地面间保持无缝隙，以便爬行类昆虫的收集，维持马来氏网收集瓶内 75%酒精始终在一半以上，收集瓶换取时间与网扫时间相同，为 10 d 换取一次。获得的昆虫标本带回实验室进行挑拣，运用形态学分类方法进行物种鉴定（袁锋, 2006；彩万志等, 2011; 张巍巍和李元胜, 2011; 胡红英和黄人鑫, 2013），数据分析昆虫数量为调查期间两种方法获得昆虫数量的总和。

表 1　样本采集地信息

Table 1　Information on sample collection sites

编号 No.	经度（E） Longitude (E)	纬度（N） Latitude (N)	面积（hm^2） Acreage (hm^2)	海拔（m） Altitude (m)	树龄（年） Tree-age (year)	行间距（cm） Line spacing (cm)	株间距（cm） Plant spacing (cm)	棚架高度（cm） Pergola height (cm)	周边作物 Surrounding crops
①	42°47′ 58.585 2″	93°21′ 9.666 0″	26.67	672	6	433±21	71±19	207±8	哈密瓜 Hami melon 棉花 Cotton
②	42°47′ 57.796 0″	93°22′ 37.182 0″	1.33	673	3	382±8	79±6	214±11	玉米、棉花 Corn, cotton 哈密瓜 Hami melon
③	42°47′ 28.100 4″	93°18′ 33.130 8″	1.00	662	8	449±44	84±17	197±14	棉花 Cotton 辣椒 Pepper

1.3　测量指标

1.3.1　相对丰盛度（Relative abundance）　相对丰盛度（P_i）表示昆虫群落中各科丰盛度与总丰盛度的比值。

$$P_i = N_i/N \quad (1)$$

式中，群落丰盛度 N 为昆虫个体总数，N_i 为第 i 个科的丰盛度。

1.3.2　群落多样性（Diversity）　群落多样性采用 Shannon-Wiener 多样性指数（H'）进行计算。

$$H' = -\sum P_i \ln P_i \quad (2)$$

式中，P_i 为第 i 个科的个体数占总数个体数的比例。

1.3.3　科级丰富度（Family richness）　科级丰富度（S）表示昆虫群落包含的所有科数。

1.3.4　群落均匀度（Evenness）

$$J = H'/H_{max} = H'/\ln S \quad (3)$$

式中，H_{max} 为群落的最大多样性指数，即当有 S 个科的个体数量完全相等，其多样性指数值最大。

1.3.5　群落生态优势度（Ecological concentration）

群落生态优势度分析利用群落优势集中指数进行，以 Simpson 集中性指数（C）表示。

$$C = \sum P_i^2 \quad (4)$$

昆虫群落数量，10%以上为优势类群，1%-10%为常见类群，1%以下为稀有类群。

1.4 数据分析

葡萄园昆虫群落多样性以科为单位。利用 Microsoft Excel 2021 软件统计每次采样各科昆虫种类和数量，分析调查期间不同昆虫类群的动态变化与数量占比，并绘制葡萄园昆虫群落表格。以不同时间段采集的各科昆虫为变量，运用生态学分析方法（1.3 节测量指标）进行指标测定（马克平, 1994; 马克平和刘玉明, 1994; 刘棋等, 2018），计算调查期间葡萄园昆虫群落多样性指数的变化，采用 Origin 2023 软件进行图形绘制。

2 结果与分析

2.1 葡萄园昆虫群落结构分析

通过网扫和马来氏网诱集共获得哈密地区葡萄园昆虫样本 18 736 头，隶属于 9 目 64 科（表 2）。膜翅目昆虫 20 科，占比总科数的 31.25%；双翅目昆虫 16 科，占比总科数的 25.00%；鞘翅目昆虫 10 科，占比总科数的 15.63%；半翅目昆虫 9 科，占比总科数的 14.06%；鳞翅目昆虫 3 科，占比总科数的 4.69%；缨翅目和脉翅目昆虫各有 2 科，占比总科数 3.13%；啮目和螳螂目昆虫各有 1 科，占比昆虫总科数 1.56%。按照昆虫个体数量来看，葡萄园内脉翅目昆虫数量最多（5 123 头），以草蛉科丽草蛉 *Chrysopa formosa* 为主，半翅目昆虫数量次之（3 266 头），螳螂目昆虫数量最少（19 头）。哈密地区葡萄园昆虫目级多样性分析结果表明膜翅目多样性指数最高，为 2.176 7，双翅目和半翅目多样性指数介于 1-2 之间，啮目和螳螂目均为单目单科，多样性指数均为 0。

2.2 葡萄园科级昆虫群落结构分析

调查共获得葡萄园膜翅目昆虫个体数量 2 899 头，其中蚜茧蜂科（731 头，25.22%）、姬小蜂科（549 头，18.94%）、缨小蜂科（438 头，15.11%）和缘腹细蜂科（301 头，10.38%）为膜翅目优势类群，占膜翅目昆虫 69.65%，占比昆虫总个体数量 10.78%；双翅目昆虫个体数量 2 073 头，其中果蝇科（973 头，46.94%）和蚤蝇科（571 头，27.54%）为双翅目优势类群，占双翅目昆虫 74.48%，占比昆虫总个体数量 8.24%；鞘翅目昆虫 2 450 头，以锯谷盗科为优势类群（2 033 头，82.98%），占比昆虫总个体数量 10.85%；半翅目昆虫 3 266 头，其中蚜科（1 958 头，59.95%）、盲蝽科（697 头，21.34%）和叶

表 2 哈密葡萄园昆虫群落结构组成与多样性

Table 2 Structure and diversity of insect community in vineyard from Hami

序号 No.	类群 Groups	科数 Family number		个体数 Individual number		多样性指数 *H′* Diversity index
		数量 Quantity	占比（%） Proportion (%)	数量（头） Quantity (ind.)	占比（%） Proportion (%)	
1	膜翅目 Hymenoptera	20	31.25	2 899	15.47	2.176 7
2	双翅目 Diptera	16	25.00	2 073	11.06	1.595 0
3	鞘翅目 Coleoptera	10	15.63	2 450	13.08	0.758 4
4	半翅目 Hemiptera	9	14.06	3 266	17.34	1.090 1
5	鳞翅目 Lepidoptera	3	4.69	32	0.17	0.666 1
6	缨翅目 Thysanoptera	2	3.13	2 803	14.96	0.146 8
7	脉翅目 Neuroptera	2	3.13	5 123	27.34	0.039 0
8	啮目 Psocoptera	1	1.56	71	0.38	0
9	螳螂目 Mantodea	1	1.56	19	0.10	0
	合计 Total	64	100.00	18 736	100.00	

蝉科（498 头，15.25%）为半翅目优势类群，占半翅目昆虫 96.54%，占比昆虫总个体数量 16.83%；缨翅目昆虫个体数量 2 803 头，蓟马科（2 709 头，96.65%）为优势类群，占比昆虫总个体数量 14.46%。脉翅目昆虫个体数量 5 123 头，草蛉科（5 090 头，99.36%）为优势类群，占比昆虫总个体数量 27.17%。啮目、鳞翅目和螳螂目昆虫个体数量均较少，分别为 71、32 和 19 头，分别占昆虫总个体数量 0.38%、0.17%和 0.10%。葡萄园草蛉科、蓟马科、锯谷盗科和蚜科为昆虫群落的优势类群，果蝇科、蚜茧蜂科、盲蝽科、蚤蝇科、姬小蜂科、叶蝉科、缨小蜂科、缘腹细蜂科、跳小蜂科和蝇科为葡萄园昆虫群落常见类群，其余 50 科为稀有类群（表 3）。

2.3　葡萄园昆虫群落结构特征值时间动态分析

2.3.1　葡萄园昆虫群落的丰盛度时间动态　昆虫丰盛度代表每次调查所获取昆虫的个体总数。研究表明，葡萄园丰盛度在 8 月下旬至 9 月中旬（葡萄成熟期）维持较高水平，9 月中旬达到最高丰盛度（3 414 头），其中草蛉科 856 头和锯谷盗科 791 头，占比 9 月中旬总数量 48.24%。最低值为 6 月上旬（葡萄花期末尾，152 头）。9 月上旬之后丰盛度处于下降趋势，直至 10 月上旬葡萄采摘结束后丰盛度为 247 头（图 1）。

2.3.2　葡萄园昆虫群落多样性指数时间动态　研究表明，葡萄园调查期间昆虫群落多样性指数范围在 1.17-2.81 之间，最低值出现在 7 月上旬（葡萄浆果生长期），7 月上旬昆虫数量为 1 052 头，而蚜科昆虫有 721 头，占比 68.54%，是导致多样性指数低的主要原因。最高值出现在 5 月下旬（2.81）。多样性指数小于 2 的有 6 月下旬、7 月上旬、8 月中旬、9 月下旬和 10 月上旬。6 月下旬和 7 月上旬由于蚜科昆虫的大幅增长导致多样性指数偏低，8 月中旬出现低值的原因是蓟马科和草蛉科昆虫数量大幅增长所致，9 月下旬和 10 月上旬是由于葡萄采摘和温度下降导致昆虫类群数量减少，而草蛉科昆虫占据数量较多而导致（图 2）。

2.3.3　葡萄园昆虫群落丰富度时间动态　研究表明，葡萄园昆虫群落丰富度指数范围在 17-47 之间，最高值出现在 8 月上旬（葡萄浆果生长末期，47 科），从 6 月中旬至 8 月上旬丰富度指数均维持在较高水平（大于 40 科），最低值出现在 10 月上旬，导致这种现象的原因可能为这一时间葡萄果实已完成采摘，并且果农已将大部分葡萄叶片进行摘除（图 3）。

2.3.4　葡萄园昆虫群落均匀度时间动态　研究表明，葡萄园昆虫群落均匀度指数变化趋势与多样性指数变化趋势基本一致，指数范围在 0.32-0.80 之间。调查期间最低值出现在 7 月上旬（葡萄浆果生长期，0.32），最高值出现在 6 月上旬（葡萄花期末尾，0.80）（图 4）。

2.3.5　葡萄园昆虫群落优势集中指数时间动态　研究表明，葡萄园昆虫群落优势集中指数在 0.09-0.56 之间，昆虫群落优势集中指数大于 0.30 的有 6 月中旬至 7 月上旬、9 月下旬和 10 月上旬。其中 6 月中旬至 7 月上旬（葡萄浆果生长期）蚜科昆虫与调查昆虫个体总数比值分别为 56.72%、74.81%和 68.54%，是导致此阶段群落优势集中指数大于 0.30 的主要原因。草蛉科昆虫在 9 月下旬和 10 月上旬（葡萄采摘期）分别占同期昆虫总数量的 54.99%和 50.20%，该科昆虫的高度集中分布，是导致群落优势集中指数大于 0.30 的主要原因（图 5）。

2.4　葡萄园主要害虫及天敌类群发生动态分析

2.4.1　主要害虫类群发生动态分析　基于昆虫群落结构，以及害虫数量和危害程度筛选出葡萄园主要害虫有双翅目果蝇，半翅目蚜虫、盲蝽、叶蝉和缨翅目蓟马。果蝇科害虫以黑腹果蝇 *Drosophila melanogaster* 为主，黑腹果蝇在调查前期数量较少，直至 8 月中旬果实进入转色期（果实外皮由青绿色生长为紫褐色），葡萄果实开始变软且含糖量增加时果蝇数量开始快速增长，至 9 月中上旬果实进入成熟期时，果蝇数量达到全年的峰值，后续葡萄采摘时数量开始下降，直至 10 月上旬葡萄果实全部采摘结束后，果蝇数量达到调查期间最低值。蚜虫自葡萄长出嫩叶时开始出现，6 月中旬开始大量增长，至 7

表 3　哈密葡萄园昆虫科级群落结构分析

Table 3　Analysis of insect family community structure in Hami vineyards

序号 No.	类群 Groups	数量（头） Quantity (ind.)	比例（%） Proportion (%)	序号 No.	类群 Groups	数量（头） Quantity (ind.)	比例（%） Proportion (%)	序号 No.	类群 Groups	数量（头） Quantity (ind.)	比例（%） Proportion (%)
Ⅰ	**膜翅目 Hymenoptera**	**2 899**	**15.47**	24	水蝇科 Ephydridae	72	0.38	Ⅳ	**半翅目 Hemiptera**	**3 266**	**17.43**
1	蚜茧蜂科 Aphidiidae	731	3.90	25	食蚜蝇科 Syrphidae	53	0.28	47	蚜科 Aphididae	1 958	10.45
2	姬小蜂科 Eulophidae	549	2.93	26	丽蝇科 Calliphoridae	32	0.17	48	盲蝽科 Miridae	697	3.72
3	缨小蜂科 Mymaridae	438	2.34	27	麻蝇科 Sarcophagidae	28	0.15	49	叶蝉科 Cicadellidae	498	2.66
4	缘腹细蜂科 Scelionidae	301	1.61	28	大蚊科 Tipulidae	25	0.13	50	粉虱科 Aleyrodidae	50	0.27
5	跳小蜂科 Encyrtidae	289	1.54	29	瘿蚊科 Cecidomyiidae	24	0.13	51	木虱科 Psyllidae	30	0.16
6	金小蜂科 Pteromalidae	146	0.78	30	潜蝇科 Agromyzidae	22	0.12	52	跷蝽科 Berytidae	12	0.06
7	隧蜂科 Halictidae	99	0.53	31	蚊科 Culicidae	20	0.11	53	红蝽科 Pyrrhocoridae	9	0.05
8	姬蜂科 Ichneumonidae	85	0.45	32	眼蕈蚊科 Sciaridae	13	0.07	54	缘蝽科 Coreidae	7	0.04
9	广腹细蜂科 Platygasteridae	81	0.43	33	摇蚊科 Chironomidae	11	0.06	55	扁蝽科 Aradidae	5	0.03
10	蚁科 Formicidae	56	0.30	34	秆蝇科 Chloropidae	11	0.06	Ⅴ	**鳞翅目 Lepidoptera**	**32**	**0.17**
11	赤眼蜂科 Trichogrammatidae	41	0.22	35	花蝇科 Anthomyiidae	8	0.04	56	夜蛾科 Noctuidae	25	0.13
12	蚜小蜂科 Aphelinidae	19	0.10	36	食虫虻科 Asilidae	6	0.03	57	螟蛾科 Pyralidae	5	0.03
13	蜜蜂科 Apidae	17	0.09	Ⅲ	**鞘翅目 Coleoptera**	**2 450**	**13.08**	58	天蛾科 Sphingidae	2	0.01
14	茧蜂科 Braconidae	16	0.09	37	锯谷盗科 Silvanidae	2 033	10.85	Ⅵ	**缨翅目 Thysanoptera**	**2 803**	**14.96**
15	柄腹细蜂科 Heloridae	10	0.05	38	瓢甲科 Coccinellidae	146	0.78	59	蓟马科 Thripidae	2 709	14.46
16	锤角细蜂科 Diapriidae	8	0.04	39	隐翅甲科 Staphylinidae	87	0.46	60	纹蓟马科 Aeolothripidae	94	0.50
17	瘿蜂科 Cynipidae	5	0.03	40	金龟甲科 Scarabaeidae	82	0.44	Ⅶ	**脉翅目 Neuroptera**	**5 123**	**27.34**
18	棒小蜂科 Thysanidae	3	0.02	41	象甲科 Curculionidae	29	0.15	61	草蛉科 Chrysopidae	5 090	27.17
19	长尾小蜂科 Torymidae	3	0.02	42	叩头甲科 Elateridae	22	0.12	61	蚁蛉科 Myrmeleontidae	33	0.17
20	巨胸小蜂科 Perilampidae	2	0.01	43	叶甲科 Chrysomelidae	17	0.09	Ⅷ	**啮目 Psocoptera**	**71**	**0.38**
Ⅱ	**双翅目 Diptera**	**2 073**	**11.06**	44	豆象科 Bruchidae	16	0.09	63	分啮科 Lachesillidae	**71**	0.38
21	果蝇科 Drosophilidae	973	5.19	45	吉丁甲科 Buprestidae	10	0.05	Ⅸ	**螳螂目 Mantodea**	**19**	**0.10**
22	蚤蝇科 Phoridae	571	3.05	46	步甲科 Carabidae	8	0.04	64	螳螂科 Mantidae	19	0.10
23	蝇科 Muscidae	204	1.09								

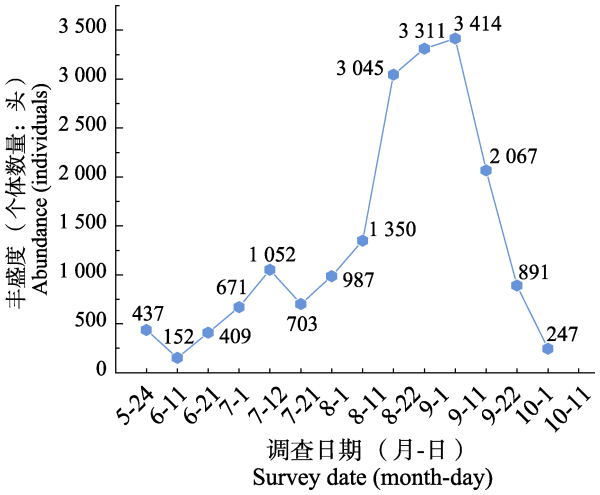

图 1　哈密地区葡萄园昆虫群落丰盛度时间动态（2021）

Fig. 1　Temporal dynamic of abundances of insect communities in vineyard of Hami (2021)

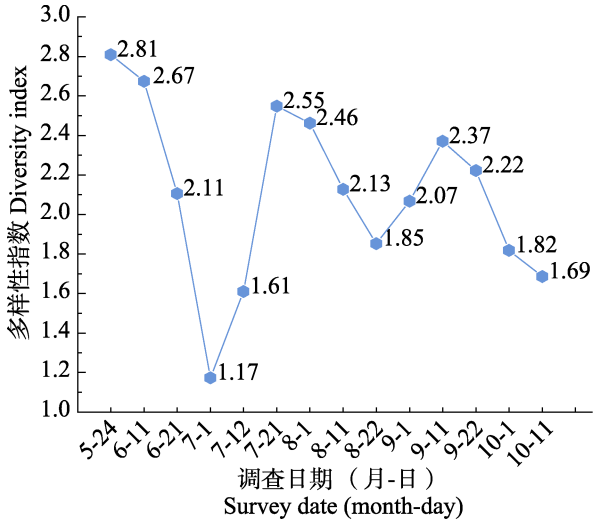

图 2　哈密地区葡萄园昆虫群落多样性时间动态（2021）

Fig. 2　Temporal dynamic of diversity index of insect communities in vineyard of Hami (2021)

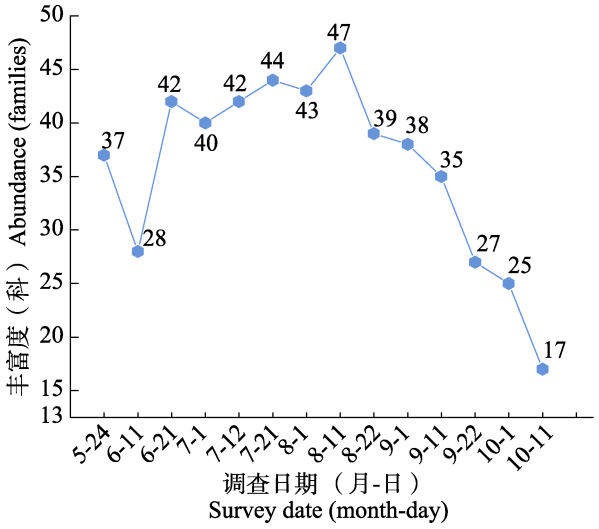

图 3　哈密地区葡萄园昆虫群落丰富度时间动态（2021）

Fig. 3　Temporal dynamic of richness of insect communities in vineyard of Hami (2021)

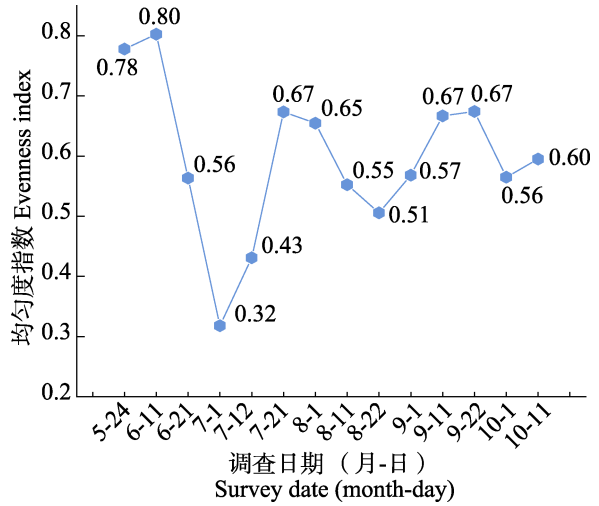

图 4　哈密地区葡萄园昆虫群落均匀度时间动态（2021）

Fig. 4　Temporal dynamic of evenness of insect communities in vineyard of Hami (2021)

月上旬达到全年的峰值，之后数量开始骤减，到 9 月中旬后蚜虫全部进入越冬代。盲蝽第一次出现峰值为 5 月下旬，此时以绿盲蝽 *Apolygus lucorum* 为主，到 6 月上旬数量骤减，之后到 7 月上旬出现牧草盲蝽 *Lygus pratensis*，9 月上旬开始快速增长，至 9 月中旬达到峰值，也为全年最高的峰值。叶蝉科害虫首次发现于 7 月下旬，8 月下旬开始快速增长，直至 9 月上旬达到全年的峰值。蓟马科害虫以烟蓟马 *Thrips tabaci* 和西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* 为主，于 7 月下旬开始快速增长，8 月中旬达到全年峰值。通过数量分析，全年害虫数量最多的时间段为 8 月中旬至 9 月上旬，8 月中旬害虫以果蝇和蓟马为主，8 月下旬以果蝇、叶蝉和蓟马为主，9 月上旬以果蝇、盲蝽、叶蝉和蓟马为主（图 6）。

2.4.2　主要天敌类群发生动态分析　葡萄园共获得寄生性天敌 2 722 头，隶属于 16 科，均为膜翅目昆虫，其中蚜茧蜂科（731 头，26.86%）、姬小蜂科（549 头，20.17%）、缨小蜂科（438 头，16.09%）、缘腹细蜂科（301 头，11.06%）和跳小蜂科（289 头，10.62%）为葡萄园优势寄生性天敌类群，金小蜂科（146 头，5.36%）、姬

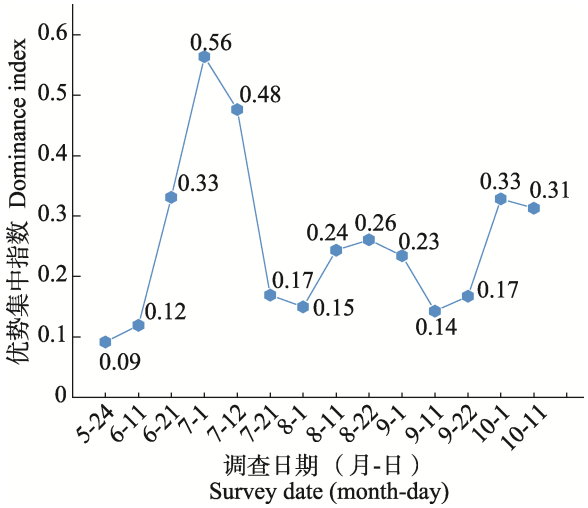

图 5　哈密地区葡萄园昆虫群落优势集中指数时间动态（2021）

Fig. 5　Temporal dynamic of ecological dominance index of insect communities in vineyard of Hami (2021)

蜂科（85 头，3.12%）、广腹细蜂科（81 头，2.98%）、赤眼蜂科（41 头，1.51%）为常见类群，蚜小蜂科、茧蜂科、柄腹细蜂科、锤角细蜂科、棒小蜂科、长尾小蜂科和巨胸小蜂科为稀有类群。捕食性天敌优势类群为草蛉，调查期间共获得 5 090 头。

通过室内饲养发现葡萄园黑腹果蝇寄生性天敌为蝇蛹金小蜂 *Nasonia vitripennis*，为本研究金小蜂科的主要种群，金小蜂全年峰值为果蝇暴发峰值（9 月上旬）之后的 9 月中下旬；蚜茧蜂作为蚜虫的主要寄生性天敌，其首次峰值为蚜虫暴发峰值（7 月上旬）之后的 7 月下旬；缨小蜂作为葡萄园叶蝉的主要寄生性天敌，其全年峰值与叶蝉暴发峰值时间接近（9 月上旬）；姬小蜂作为葡萄园蓟马主要寄生性天敌，其全年峰值为蓟马暴发峰值（8 月中旬）之后的 9 月上旬；跳小蜂作为蚧总科和木虱科的主要寄生性天敌，在葡萄园出现两次峰值，第一次为 5 月下旬，第二次为 9 月上旬；缘腹细蜂作为葡萄园鳞翅目和半翅目害虫的主要寄生性天敌，其 9 月上旬数量最多；姬蜂科作为葡萄园鳞翅目害虫主要寄生性天敌，其 9 月中旬数量最多；广腹细蜂大部分寄生于葡萄园双翅目害虫，其 8 月下旬数量最多；赤眼蜂作为葡萄园叶蝉和鳞翅目害虫的主要寄生性天敌，其 8 月下旬数量最多。葡萄园寄生性天敌优势类群和常见类群在调查期间大多表现为一个峰值，且与相对应害虫寄主类群发生动态相比，寄生性天敌均表现出较强的跟随作用和寄生效能。葡萄园寄生性天敌稀有类群在调查中的发生动态均未表现出明显的规律性（图 6）。

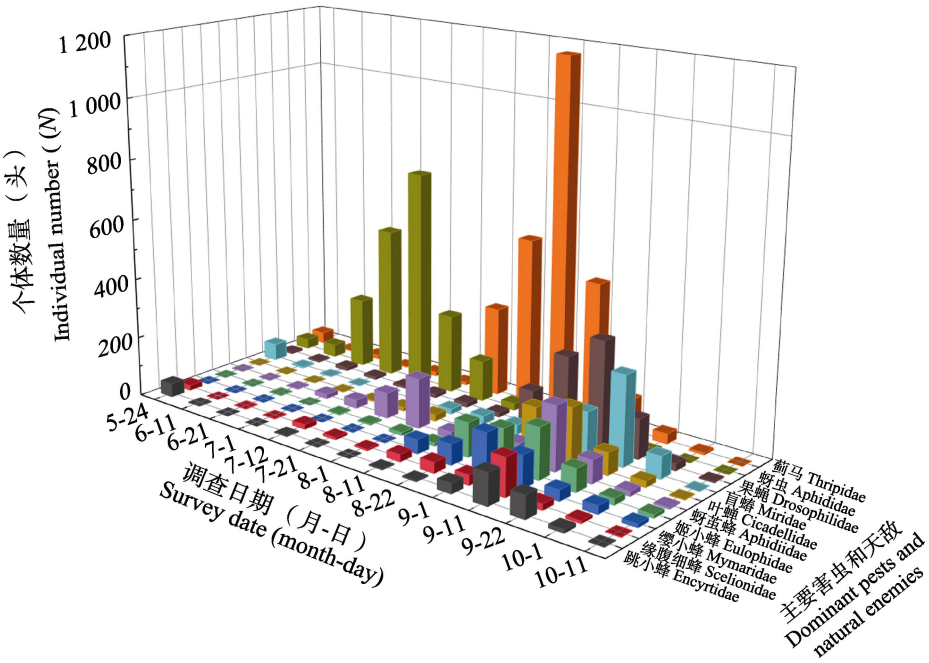

图 6　哈密地区葡萄园主要害虫及寄生性天敌群落发生动态分析（2021）

Fig. 6　Dynamic analysis of the occurrence of major pest and parasitic natural enemies communities in vineyards from Hami (2021)

3　讨论

昆虫群落可受多种因素的影响，主要有生存环境、植被类型、温度和人为干扰等因素（陈瑜和马春森, 2010; 钟燕妮等, 2023; 何北辰等, 2024）。调查期间，10 月上旬随着葡萄果实采摘的完成和葡萄枝叶清理工作的实施，以及哈密地区大幅度的降温（9 月下旬平均气温 17.1 ℃，10 月上旬平均气温 8.4 ℃。10 月上旬有 7 d 最低温度小于等于 0 ℃）是导致昆虫群落发生较大变化的主要原因。哈密地区葡萄园植被类型单一，园内间作植物和杂草极少，周边主要农作物大致相同，因此本研究结果受葡萄园次要植被类型的影响因素较小，研究结果可为哈密及周边地区综合防控害虫提供参考依据。

在研究调查过程中发现哈密地区蚜虫和蓟马发生数量大且危害范围广。除葡萄园发生严重外，蚜虫在枣园、棉花、西瓜和哈密瓜等农作物田地发生量也比较高，蓟马在棉花地和辣椒地发生也较为严重，过多的害虫引发种植者喷洒大量化学农药进行防治。化学防治作为主要的防治方法，具有快速高效和使用简便等优点，但其缺点也显著可见，如污染环境、增加害虫抗药性、农药残留危害人畜等，因此针对害虫防治应以绿色环保的可持续防治为主。蚜虫类害虫应加强果园管理，及时剪除被害叶片及枝条，并集中烧毁，可适量使用矿物油剂喷雾，致使叶片蚜虫虫体或卵壳形成油膜而窒息死亡,也可防止蚜虫在叶面分泌唾液，预防蚜虫传播病毒；在蚜虫发生初期，利用蚜虫的趋光性、趋黄性可进行物理诱杀防治；还可以利用白僵菌、菊欧文氏杆菌、草蛉、瓢虫和蚜茧蜂等多元化生物防治方式对蚜虫进行防控（Holland *et al*., 2008; 董瑞等, 2010; Brewer *et al*., 2019; Batista *et al*., 2022; 潘明真等, 2022）。蓟马是一类隐匿性较强的害虫，主要危害植物的花与嫩叶，亦可用对特定光线的敏感性进行物理防治，即夜间使用杀虫灯和白天使用粘虫色板诱集等，利用蓟马入土化蛹的习性，通过覆盖地膜阻止蓟马入土化蛹而达到减少害虫数量的目的（Aguilar-Fenollosa and Jacas, 2013; Rodríguez and Coy-Barrera, 2023; 吴圣勇等, 2024）。由于蚜虫和蓟马繁殖能力极强，以聚集性危害为主，所以应加强哈密地区其他农作物田地此类害虫调查和监测预报工作，针对每年的第一代害虫采取强有力的综合防治措施，进而减少害虫的全年危害程度。

研究发现草蛉于 7 月下旬开始快速增多，直至 8 月下旬达到全年峰值（1 464 头），从 8 月中旬至 9 月中旬，每次调查草蛉数量均大于 600 头，为葡萄园中捕食性天敌绝对优势类群。但在实际调查中发现部分种植者误以为数量庞大的草蛉是葡萄害虫而进行防治。由于草蛉的成虫在羽化后，必须补充足够的营养后才可以产卵，营养物质主要来源于葡萄的花粉、花蜜、蜜露和多种害虫的虫卵及幼虫，可能会对种植者造成假象误以为草蛉是害虫，而草蛉作为捕食性天敌可捕食多种农业害虫，并且多个国家已在出售草蛉进行生物防治（邵振芳等, 2016; Del Pozo-Valdivia *et al*., 2021）。因此相关部门可通过实地宣讲、自媒体宣传和集体培训等多种方法为农业种植者科普昆虫的种类、发生动态、生物学特性和绿色防治方法等，为农业的可持续发展提供保障。

昆虫群落调查获取昆虫的方法多种多样，主要包含网扫法、马来氏网诱集法、黄蓝板诱集法、灯诱法和陷阱法等，不同方法的使用均具有一定的偏向性和局限性（王一, 2020; 邹言等, 2021）。网扫法通过在昆虫活动范围附近挥动使昆虫受到惊吓起飞后收集到捕虫网内，是获取昆虫最根本且最方便的方法，马来氏网诱集法具有收集昆虫标本受损小、可持续收集、外界干扰因素小和操作简单等优点，已成为研究昆虫群落结构和发生动态的重要方法，但本研究采用的两种昆虫收集方法对蛀干类、粉蚧类和蚧壳虫等在植物表面附着能力强、生活方式隐蔽、夜行性强、飞行能力较弱的昆虫收集都具有一定的局限性，同时存在对鳞翅目昆虫保存易受损而难以鉴定等问题，进而对哈密地区葡萄园昆虫群落的反映具有一定的缺陷性。因此，在关于害虫监测和昆虫群落研究时，应根据环境、目标昆虫的生活特性和人为干扰等因素多方面综合考虑研究方法，使得结

果更加准确可靠。

本研究利用网扫法和马来氏网诱集法对新疆哈密地区葡萄园昆虫群落进行系统调查，共获得昆虫 18 736 头，隶属于 9 目 64 科。以草蛉科、蓟马科、锯谷盗科和蚜科为葡萄园总昆虫群落优势类群，果蝇科、蚜茧蜂科、盲蝽科、蚤蝇科、姬小蜂科、叶蝉科、缨小蜂科、缘腹细蜂科、跳小蜂科和蝇科为总昆虫群落常见类群，剩余 50 科为稀有类群。葡萄园主要害虫为果蝇、蚜虫、叶蝉、盲蝽和蓟马。主要寄生性天敌为蚜茧蜂、姬小蜂、缨小蜂、缘腹细蜂和跳小蜂，主要捕食性天敌为草蛉。多样性分析结果表明，哈密地区葡萄园昆虫群落多样性指数、均匀度指数和丰富度指数较高，表明哈密葡萄园昆虫群落资源丰富并具有稳定性。在此基础上明确了昆虫类群的发生规律，为新疆哈密地区葡萄园害虫防治和天敌保护提供了理论依据。

参考文献 (References)

Adili·Shataer, Wang J, Li JF, Ma YA, Aierken·Abudureheman, 2024. The biological characteristics of a new invasive pest, *Lobesia botrana*. *Journal of Biosafety*, 33(1): 99–105. [阿地力·沙塔尔, 王洁, 李俊峰, 马依阿, 艾尔肯·阿不都热合曼, 2024. 新入侵害虫葡萄花翅小卷蛾的生物学特性. 生物安全学报, 33(1): 99–105.]

Aguilar-Fenollosa E, Jacas JA, 2013. Effect of ground cover management on Thysanoptera (thrips) in clementine mandarin orchards. *Journal of Pest Science*, 86(3): 469–481.

Batista MC, Heimpel GE, Bulgarella M, Venzon M, 2022. Diet breadth of the aphid predator *Chrysoperla rufilabris* Burmeister (Neuroptera: Chrysopidae). *Bulletin of Entomological Research*, 112(4): 528–535.

Brewer MJ, Peairs FB, Elliott NC, 2019. Invasive cereal aphids of North America: Ecology and pest management. *Annual Review of Entomology*, 64: 73–93.

Cai WZ, Pang XF, Hua BZ, 2011. General Entomology (Second Edition). Beijing: China Agriculture University Press. 214–360. [彩万志, 庞雄飞, 花保祯, 2011. 普通昆虫学(第二版). 北京: 中国农业大学出版社. 214–360.]

Cao WQ, Lin SY, Wang YQ, Fan WL, Hu HY, 2017. A survey of population dynamics of leafhopper, *Arboridia kakogawana* (Matsumura) and parasitoids of vineyard in Turpan. *Journal of Environmental Entomology*, 39(2): 396–404. [曹文秋, 林思雨, 王雨晴, 范文林, 胡红英, 2017. 吐鲁番葡萄园葡萄阿小叶蝉发生规律及寄生蜂资源调查. 环境昆虫学报, 39(2): 396–404.]

Chen Y, Ma CS, 2010. Effect of global warming on insect: A literature review. *Acta Ecologica Sinica*, 30(8): 2159–2172. [陈瑜, 马春森, 2010. 气候变暖对昆虫影响研究进展. 生态学报, 30(8): 2159–2172.]

Cui GL, Li Z, 2021. Analysis of countermeasures for crop disease and pest control under the background of ecological agriculture development. *South China Agriculture*, 15(24): 35–36. [崔桂玲, 李志, 2021. 生态农业发展背景下作物病虫害防治对策探析. 南方农业, 15(24): 35–36.]

Del Pozo-Valdivia AI, Morgan E, Bennett C, 2021. In-field evaluation of drone-released lacewings for aphid control in California organic lettuce. *Journal of Economic Entomology*, 114(5): 1882–1888.

Dong R, Wang J, Zhai YZ, 2010. Study on phototropic law of insects. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 38(25): 13563–13564. [董瑞, 王静, 翟玉柱, 2010. 昆虫趋光性规律研究. 安徽农业科学, 38(25): 13563–13564.]

Fan Y, Zhao XF, Yao T, Liu XG, 2023. Insect species composition and ecological analysis in peanut production area of Tangshan City, Hebei Province. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 27(4): 69–74. [范燕, 赵雪飞, 幺田, 刘晓光, 2023. 河北省唐山市花生产区昆虫种类组成及生态学分析. 河北农业科学, 27(4): 69–74.]

Hami City People's Government, 2023. Statistical Bulletin on National Economic and Social Development of Hami City in 2022. https://www.hami.gov.cn/info/5859/335986.htm. [哈密市人民政府, 2023. 哈密市 2022 年国民经济和社会发展统计公报. https://www.hami.gov.cn/info/5859/335986.htm.]

He BC, Yan XY, Liu YX, Xiang ZY, Wang H, Liu HM, Zhang HF, Yang DL, Zhao JN, Zhang YJ, Wu SW, 2025. Research progress on ecological regulation of crop pests in non-crop habitats and functional plants. *Chinese Journal of Biological Control*, 41(2): 501–510. [何北辰, 闫雪影, 刘雨欣, 向子仪, 王慧, 刘红梅, 张海芳, 杨殿林, 赵建宁, 张艳军, 武淑文, 2025. 非作物生境及其中功能植物生态调控作物害虫的研究进展. 中国生物防治学报, 41(2): 501–510.]

He TM, Wu YX, Tan Y, Wu GY, 2011. Investigation of the main grape diseases and insect pests and control methods in northern Xinjiang. *Sino-Overseas Grapevine & Wine*, 2011(7): 43–44, 46. [何天明, 吴玉霞, 谭艳, 武广元, 2011. 北疆地区葡萄主要病虫害及防治方法调查. 中外葡萄与葡萄酒, 2011(7): 43–44, 46.]

Holland JM, Oaten H, Southway S, Moreby S, 2008. The effectiveness of field margin enhancement for cereal aphid

control by different natural enemy guilds. *Biological Control*, 47(1): 71–76.

Hu HY, Huang RX, 2013. Colored Pictorial Handbook of Insects in Xinjiang. Urumqi: Xinjiang University Press. 1–300. [胡红英, 黄人鑫, 2013. 新疆昆虫原色图鉴. 乌鲁木齐: 新疆大学出版社. 1–300.]

Kong QS, 2004. Chronicles of Chinese Grapes. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press. 1–114. [孔庆山, 2004. 中国葡萄志. 北京: 中国农业科学技术出版社. 1–114.]

Lan MX, Liu HN, Yang HS, 2022. Temporal dynamics of insect community structure and diversity in pomelo orchard in Meizhou area. *Journal of Jiaying University* (*Natural Science*), 40(3): 30–33. [蓝木香, 刘惠娜, 杨和生, 2022. 梅州地区柚园昆虫群落结构及多样性时序动态研究. 嘉应学院学报(自然科学), 40(3): 30–33.]

Li KL, Zhang ZY, Hu HY, 2023. Insect community structure and diversity analysis of vineyard in Hami region, Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 60(8): 2028–2037. [李凯亮, 张振宇, 胡红英, 2023. 新疆哈密地区枣园昆虫群落结构及多样性分析. 新疆农业科学, 60(8): 2028–2037.]

Liu Q, Cheng WZ, Bai RX, Dong JC, Jiang ZL, 2018. Insect community structure on *Bletilla striata* (Thunb.) Reichb.f in Pu'er District, Yunnan Province. *Journal of Environmental Entomology*, 40(5): 1036–1050. [刘棋, 成文章, 拜如霞, 董竞成, 蒋智林, 2018. 云南普洱紫花三叉白及昆虫群落多样性研究. 环境昆虫学报, 40(5): 1036–1050.]

Liu Y, Zhu SC, Ren ZW, Guo XJ, Zhang F, Xiao JP, Sun QN, Xu HH, Wang SG, Tang B, 2017. The structure and diversity of insect community in main peach orchards of Zhejiang Province. *Journal of Environmental Entomology*, 39(6): 1225–1234. [刘雅, 朱世城, 任鑽威, 郭晓军, 张帆, 肖金平, 孙奇男, 徐海洪, 王世贵, 唐斌, 2017. 浙江主要桃产区桃园昆虫群落结构及多样性研究. 环境昆虫学报, 39(6): 1225–1234.]

Liu YF, 2019. A review of the diversity and ecological function of paddy field insect communities in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 56(2): 183–194. [刘雨芳, 2019. 中国稻田昆虫群落多样性及生态调控功能研究进展. 应用昆虫学报, 56(2): 183–194.]

Ma DY, Ma JY, Wang HQ, Zhu XH, Chen WM, 2010. The occurrence regularity of pests and diseases of grapes and key control techniques at green food level in Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 47(11): 2245–2251. [马德英, 马俊义, 王惠卿, 朱晓华, 陈卫民, 2010. 新疆葡萄重大病虫害发生规律及绿色防控技术. 新疆农业科学, 47(11): 2245–2251.]

Ma KP, 1994. Measurement of biotic community diversity I: α diversity (Part 1). *Biodiversity Science*, 1994(2): 162–168. [马克平, 1994. 生物群落多样性的测度方法Ⅰ: α 多样性的测度方法(上). 生物多样性, 1994(2): 162–168.]

Ma KP, Liu YM, 1994. Measurement of biotic community diversity I: α diversity (Part 2) . *Biodiversity Science*, 1994 (4): 231–239. [马克平, 刘玉明, 1994. 生物群落多样性的测度方法Ⅰ: α 多样性的测度方法(下). 生物多样性, 1994(4): 231–239.]

Mairemuguli·Keyimu, 2024. Occurrence pattern of major pests and diseases in Turpan grapes and green prevention and control technology. *Agricultural Machinery Market*, 2024(8): 91–93. [买热木古丽·克依木, 2024. 吐鲁番葡萄重大病虫害发生规律及绿色防控技术. 农机市场, 2024(8): 91–93.]

Pan MZ, Zhang Y, Cao HH, Wang XX, Liu TX, 2022. Research progress, application and prospects in aphid biological control on main crops in China. *Journal of Plant Protection*, 49(1): 146–172. [潘明真, 张毅, 曹贺贺, 王杏杏, 刘同先, 2022. 我国主要农作物蚜虫生物防治的研究进展、应用与展望. 植物保护学报, 49(1): 146–172.]

Rodríguez D, Coy-Barrera E, 2023. Overview of updated control tactics for western flower *Thrips*. *Insects*, 14(7): 649.

Shao ZF, Yin WB, Chen JH, Wang ZQ, 2016. Application research progress of Chrysopidaes in biological control. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2016(3): 171–174. [邵振芳, 尹文兵, 陈建华, 王泽清, 2016. 草蛉在虫害生物防治中的应用研究进展. 现代农业科技, 2016(3): 171–174.]

Sun QH, Jiao ZW, Zhang XF, Chen RN, 2019. Integrated control technology of red glob grapevine pests and diseases in the Ili river valley. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2019(14): 120–121. [孙清花, 焦子伟, 张相锋, 陈仁宁, 2019. 伊犁河谷红地球葡萄病虫害综合防治技术. 现代农业科技, 2019(14): 120–121.]

Wang MQ, Luo AR, Zhou QS, Chen JT, Xie TT, Li Y, Chesters D, Shi XY, Xiao H, Liu HJ, Ding Q, Zhou X, Luo YP, Lu YY, Tong YJ, Zhao ZY, Bai M, Guo PF, Chen S, Nakamura A, Peng YQ, Zhao YH, Wei SH, Lin XL, Chen HY, Luo SX, Lu YH, Lu L, Yu JP, Zhou X, Zou Y, Lu H, Zhu CD, 2022, Research progress on insect diversity. *Biodiversity Science*, 30(10): 121–149. [王明强, 罗阿蓉, 周青松, 陈婧婷, 谢婷婷, 李逸, Douglas Chesters, 石晓宇, 肖晖, 刘桓吉, 丁强, 周璇, 罗一平, 路园园, 佟一杰, 赵政宇, 白明, 郭鹏飞, 陈思, 中村彰宏, 彭艳琼, 赵延会, 魏淑花, 林晓龙, 陈华燕, 罗世孝, 陆宴辉, 鲁亮, 余建平, 周欣, 邹怡, 路浩, 朱朝东, 2022. 昆虫多样性三十年研究进展. 生物多样性, 30(10): 121–149.]

Wang PD, Yang XY, Zhang XW, Jia AH, Shi H, 2021. Structure and diversity of insect community in sunflower field of Lüliang

region in Shanxi Province. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 49(3): 351–356, 365. [王鹏冬, 杨新元, 张学武, 贾爱红, 史宏, 2021. 山西吕梁地区向日葵田昆虫群落结构及多样性. 山西农业科学, 49(3): 351–356, 365.]

Wang SS, Zeng ZB, Xiong JX, Shan HC, Lei DC, Wang PL, Li GY, 2011. Study on grapevine pests in Shihezi region of Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 48(8): 1494–1498, 1569. [王少山, 曾治帮, 熊健喜, 单鸿臣, 雷定才, 王佩玲, 李国英, 2011. 石河子垦区葡萄害虫种类及主要害虫田间消长规律研究. 新疆农业科学, 48(8): 1494–1498, 1569.]

Wang Y, 2020. Comparison of dynamic monitoring effect of insect diversity between Malaise and light trap. Master dissertation. Hangzhou: Zhejiang University. [王一, 2020. 马氏网与诱虫灯对昆虫多样性动态监测效果的比较. 硕士学位论文. 杭州: 浙江大学.]

Wang YQ, Ding WJ, Liu Y, Lu ZB, Lu YF, Yu Y, Guo WX, 2020. The study on structure and diversity of insect community in *Salvia miltiorrhiz* fields during flowering period. *Journal of Environmental Entomology*, 42(4): 910–915. [王玉芹, 丁文静, 刘岩, 卢增斌, 卢亚菲, 于毅, 郭文秀, 2020. 丹参田花期昆虫群落结构及多样性研究. 环境昆虫学报, 42(4): 910–915.]

Wu Q, van Achterberg C, Chen XX, 2016. An introduction to the types of Malaise traps and their application for collecting insects. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(3): 660–667. [吴琼, Cornelis van Achterberg, 陈学新, 2016. 昆虫诱集装置——马来氏网的类型与使用. 应用昆虫学报, 53(3): 660–667.]

Wu SY, Xie W, Liu WC, Lei ZR, Wang DJ, Ren XY, Zhang QK, Lü BQ, He Z, Tang LD, 2024. Research progress on thrips in Chinese cowpea and integrated control measures. *Plant Protection*, 50(2): 10–18. [吴圣勇, 谢文, 刘万才, 雷仲仁, 王登杰, 任小云, 张起恺, 吕宝乾, 贺振, 唐良德, 2024. 我国豇豆蓟马研究进展及综合防控措施. 植物保护, 50(2): 10–18.]

Yuan F, 2006. Taxonomy Hexapoda. 2nd ed. Beijing: China Agriculture Press. 1–664. [袁锋, 2006. 昆虫分类学. 第 2 版. 北京: 中国农业出版社. 1–664.]

Zhang H, Sun YT, Hao LY, Zheng HN, Huang Z, Ran HF, Gao HM, Wang SN, 2023. Insect community structure and diversity in leek field in Shijiazhuang. *China Plant Protection*, 43(8): 41–48. [张晗, 孙英焘, 郝玲玉, 郑卉娜, 黄泽, 冉红凡, 高慧敏, 王素娜, 2023. 石家庄韭菜田昆虫群落结构及多样性. 中国植保导刊, 43(8): 41–48.]

Zhang WW, Li YS, 2011. Chinese Insects Illustrated. Chongqing: Chongqing University Press. 1–690. [张巍巍, 李元胜, 2011. 中国昆虫生态大图鉴. 重庆: 重庆大学出版社. 1–690.]

Zhang XY, Wang BL, Yang JJ, Liu Y, Wu XL, Pu DQ, 2023. A survey on insect communities at tea plantations in Bazhong City. *Acta Tea Sinica*, 64(3): 56–60. [张潇引, 王彬力, 杨佳佳, 刘毅, 伍兴隆, 蒲德强, 2023. 巴中市茶园昆虫群落结构初步研究. 茶叶学报, 64(3): 56–60.]

Zheng SZ, Liu CF, Jin S, Chen MX, Yu JL, Fang YL, Liang JY, 2023. Investigation on insect community structure and diversity of ecological tea plantation. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University* (*Natural Science Edition*), 52(4): 438–444. [郑世仲, 刘楚非, 金珊, 陈美霞, 俞佳乐, 方玉玲, 梁家源, 2023. 马氏网集虫法调查福鼎生态茶园昆虫群落结构及多样性. 福建农林大学学报(自然科学版), 52(4): 438–444.]

Zhong YN, Zou Y, Wang SS, Li LK, Li RZ, Xiao NW, Chen FJ, 2023. Investigation and analysis of the species and community diversity of insects in different types of habitats in Beijing-Tianjin-Hebei area of Taihang Mountain. *Journal of Environmental Entomology*, 45(2): 285–292. [钟燕妮, 邹言, 王诗诗, 李立坤, 李润钊, 肖能文, 陈法军, 2023. 京津冀太行山片区不同生境昆虫种类和群落多样性调查与分析. 环境昆虫学报, 45(2): 285–292.]

Zhou TY, Wang SS, Qu HL, Chen LS, Wang JG, 2017. The biological characteristics of the newly pest *Batracomorphus pandarus* Knight in Xinjiang grape orchards. *Journal of Biosafety*, 26(1): 58–62. [周天跃, 王少山, 屈荷丽, 陈刘生, 王俊刚, 2017. 新疆葡萄新害虫——绿长突叶蝉主要生物学特性. 生物安全学报, 26(1): 58–62.]

Zhou ZY, 2020. Study on the occurrence regularity and bait technique of *potosia brevitasis* in vineyard. Master dissertation. Yangling: Northwest A&F University. [周智颖, 2020. 葡萄园白星花金龟发生规律与诱杀技术研究. 硕士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学.]

Zhu HF, 2019. Occurrence dynamics and control measures of two pests in vineyards of Turpan City. Master dissertation. Urumqi: Xinjiang Agricultural University. [主海峰, 2019. 吐鲁番市葡萄园两种害虫发生动态及防治对策. 硕士学位论文. 乌鲁木齐: 新疆农业大学.]

Zhu YJ, Liu JY, Ren S, Wang SP, Li F, Wu QM, Hou SL, Yu C, Xu F, 2022. A preliminary report on structure and diversity of insect community in Shanghai grape plantations. *Journal of Environmental Entomology*, 44(5): 1097–1112. [朱雅君, 刘静远, 任硕, 王书平, 李飞, 吴启明, 侯淑玲, 于翠, 徐飞, 2022. 上海地区葡萄种植园昆虫种群调查. 环境昆虫学报, 44(5): 1097–1112.]

Zou Y, Liu JW, Li LK, Zeng LY, Chen FJ, 2021. Comparison of different insect collection methods in Zhenzhuquan Town, Beijing. *Journal of Environmental Entomology*, 43(3): 758–767. [邹言, 刘佳文, 李立坤, 曾路影, 陈法军, 2021. 北京市珍珠泉乡不同昆虫采集方法采集效果对比分析. 环境昆虫学报, 43(3): 758–767.]