

苹果园主要害虫及其天敌生态位和集团分析

郑方强¹, 张晓华², 墨铁路¹, 时爱菊¹, 郑建强², 吴举彬¹

(1. 山东农业大学植物保护学院, 泰安 271018; 2. 烟台市植保站, 烟台 264001)

摘要:在生态调控苹果园, 对烟台红富士苹果树上主要害虫及其天敌的垂直生态位、水平生态位和时间生态位进行了分析, 计算了三维生态位重叠值。通过聚类分析分别对害虫和天敌集团进行了划分, 将叶片害虫群落分为 4 个集团, 分别是“绣线菊蚜”、“金纹细蛾”、“叶螨集团”和“喜食嫩叶害虫集团”; 将叶片天敌群落分为 4 个集团, 包括“喜食蚜虫天敌集团”、“专性食螨天敌集团”、“金纹细蛾寄生蜂集团”和“蜘蛛集团”。通过昆虫群落集团的划分, 探讨了叶片昆虫群落结构的组织和种间关系。分析了主要害虫与天敌在树冠内的空间生态位和时间生态位重叠, 表明天敌和害虫在空间上的同域性和时间上的同步性较强。

关键词:生态位; 集团; 群落; 害虫; 天敌; 苹果

文章编号: 1000-0933(2008)10-4830-11 中图分类号: Q145, Q968, S436.611 文献标识码: A

Ecological niches and guilds of main insect pests and their natural enemies on apple trees

ZHENG Fang-Qiang^{1,*}, ZHANG Xiao-Hua², MO Tie-Lu¹, SHI Ai-Ju¹, ZHENG Jian-Qiang², WU Ju-Bin¹

1 College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China

2 Station of Plant Protection of Yantai City, Yantai 264001, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(10): 4830 ~ 4840.

Abstract: The ecological niches of the insect pests and their natural enemies on apple leaves, including vertical, horizontal and temporal niches, were researched in the ecological management apple orchard in Muping District of Yantai City located in the east part of China. The vertical and temporal niche breadth had significant difference among the eight species of insect pests, but the horizontal niche breadth was high and showed no significant difference except two suckers, a leafhopper, *Erythroneura sudra*, and a phytophagous thrip, indicating that the resources were exploited differently in the vertical dimension of the canopy of apple tree and in the temporal sequences, but similarly in the horizontal dimension. The three-dimensional niche overlaps were calculated by using Cody's summation α and used to classify the guilds of the insect pests and their natural enemies. The community of the insect pests was classified into four guilds, including "the guild of apple green aphid, *Aphis citricola*", "the guild of *Lithocolletis ringoniella*", "the guild of spider mites" and "the guild of pests feeding on tender leaves". The formation of pest guilds resulted from the life history, the feeding behaviors, the resources requirement of the insect pests and the developmental stages of the apple tree. The community of the natural enemies consisted of four guilds, including "the guild of aphidophagous natural enemies", "the guild of obligatory predators of spider mites", "the guild of parasitoids of *Lithocolletis ringoniella*" and "the guild of spiders". The classification of guilds can help elucidate how the insect community organized and the pests and their natural enemies interacted. The spatial and the

基金项目: 山东省科技厅科技攻关资助项目

收稿日期: 2007-05-14; 修订日期: 2008-02-27

作者简介: 郑方强 (1963 ~), 男, 山东博兴人, 博士生, 副教授, 主要从事昆虫生态与害虫治理. E-mail: fqzheng@sdaa.edu.cn

Foundation item: The project was financially supported by Shandong Province programs for science and technology development

Received date: 2007-05-14; **Accepted date:** 2008-02-27

Biography: ZHENG Fang-Qiang, Ph. D. candidate, Associate professor, mainly engaged in insect ecology and pest management. E-mail: fqzheng@sdaa.edu.cn

temporal niche overlaps obviously showed close sympatry in space and close synchrony in time between the insect pests and their natural enemies, indicating that the natural enemies could respond quickly to the occurrence of insect pests and then exerted suppressing effect on insect pests. The criteria of classifying guilds of the insect community on apple leaves and the competition of organisms from different guilds were also discussed.

Key Words: ecological niche; guild; community; insect pests; natural enemies; apple

生态位是物种在生物群落中,在时空维上与物理环境和生物环境的关系^[1]。Chesson 认为在时间和空间的某一特殊点上,物理因子(如温度和湿度)和生物因子(如食物资源和自然天敌)的结合是生态位空间的一个点^[2]。他的现代生态位定义则是物种在生态位空间每一个点上的反应和效应,反应是指物种在资源利用时,在生长发育、存活等生命参数上的变化;效应包括对资源的消耗、干扰其它物种对资源的利用、维持天敌的生存和对空间的占据^[1,2]。因此,对物种的生态位既要考虑它的“需求生态位”,即物种对环境(如资源)作出的反应;也要考虑它的“影响生态位”,即物种对环境的影响^[3]。生态位首先涉及物种对资源的利用,再涉及同一营养级之间对资源消耗时的竞争等问题。所以,生态位与竞争相关,许多研究者基于生态位来研究竞争^[4,5]。一个物种通过与其环境的互动,从而产生适应而进化。因此,生态位是研究生物群落结构、物种多样性、种间关系和进化的基础理论之一。

集团是表示生物群落中以相似的方式利用相同资源的物种种群的集合,这样的种群组合在一起,形成特定的类群,与生物分类地位不是很相关,但它们的生态位需求明显地存在重叠^[6]。集团也解释为占据相似生态位物种的集合^[7]。这一术语注意处于竞争关系中的同域种,它使得研究者较容易地明确生物群落是如何组织的和分析它们之间的相互作用关系,即把一个复杂的生物群落分成几个具有特定生物功能的类群,这些类群由一个或几个物种组成。

关于苹果昆虫生态位和集团的研究,国内报道较多,石万成等研究了四川苹果(品种金冠)11种叶片害虫的空间和时间生态位,并进行了集团分析^[8]。秦玉川等对北京红星苹果上发生的山楂叶螨和苹果全爪螨及其天敌的时间和空间生态位^[9]、营养生态位^[10]和微气候生态位^[11]进行了研究。赵白鸽等对山楂叶螨及其捕食性天敌的空间生态位进行了研究^[12]。但是,苹果害虫和天敌的发生、群落结构组成与苹果品种、地理位置、气候以及管理水平的差异有很大关系。本文较全面地对烟台红富士苹果园栖息于叶片上的主要害虫及其天敌的生态位和集团进行分析,以揭示苹果园昆虫群落的结构和种间关系,对苹果害虫的管理和自然天敌的保护具有重要意义。

1 研究方法

1.1 果园立地条件

试验在烟台市牟平区宁海镇西油坊果园进行,该园地处低矮丘陵地带,面积 6hm²,园内分散种有大樱桃、桃树、山楂和杏等,某些区域苹果行间种有甘蓝、茄子和豇豆等;果园周围是开阔农田,常年种植小麦和玉米或花生。此园是生态调控园,苹果品种是红富士,树龄近 15a。

1.2 抽样

1996 年于苹果害虫及天敌大量发生季节的 6~8 月份调查,每次选择 6~10 株树冠丰满的树为抽样树,每株树取东南西北 4 个方位,作为水平生态位的资源维,每方位又分上中下 3 个层次,作为垂直生态位的资源维,将整个树冠分为 12 个资源单位。在每资源单位设 1 样点,共 12 个样点,每样点随机抽取 10 个叶片,每株共计 120 个叶片,仔细调查其上所有的害虫及天敌种类和数量。每次调查集中在 1~2d 完成,从 6 月上旬开始,每隔 10d 调查 1 次,作为时间生态位的间隔,3 个月共调查 9 次。

1.3 数据分析

1.3.1 生态位宽度

用 Levins 等^[13,14]提出的公式:

$$B_i = 1/N \sum P_{ik}^2$$

经标准化后^[14]的值为:

$$B = (nB_i - 1)/(n - 1)$$

式中, B_i 为生态位宽度, B 为标准生态位宽度, P_{ik} 为物种 i 利用资源单位 k 的个体数比例。 n 为资源单位数。本文用的是标准生态位宽度。

1.3.2 生态位重叠

采用 Pianka^[15] 提出的公式:

$$O_{ij} = \sum P_{ik} P_{jk} / \sqrt{\sum P_{ik}^2 \sum P_{jk}^2}$$

式中, O_{ij} 为物种 i 和物种 j 的生态位重叠, $0 \leq O_{ij} \leq 1$; P_{ik} 、 P_{jk} 为物种 i 和物种 j 在资源单位 k 中所占的比例。 May^[16] 曾用作竞争系数。

1.3.3 多维生态位重叠

采用 Cody^[17] 的“总和 α ”法(也见高颖等^[18])。公式为:

$$\alpha = (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3) / 3$$

式中, α 为三维生态位重叠值, α_1 、 α_2 、 α_3 分别代表物种在树冠垂直、水平和时间 3 个资源维上的一维生态位重叠值(即 Pianka 公式中的 O_{ij} 值)。

以上数据处理均利用 Microsoft Excel 和 DPS 系统^[19] 计算生态位宽度和生态位重叠。

1.3.4 集团分析方法

利用 SPSS 10.0 对害虫和天敌的三维生态重叠值进行系统聚类(重心法)^[20], 并进行集团划分。

2 结果与分析

2.1 苹果害虫的生态位和集团分析

选 8 种害虫进行分析, 分别是绣线菊蚜(*Aphis citricola*)、山楂叶螨(*Tetranychus viennensis*)、苹果叶螨(*Panonychus ulmi*)、金纹细蛾(*Lithocolletis ringoniella*)、银纹潜蛾(*Lyonetia prunifoliella*)、苹小卷叶蛾(*Adoxophyes orana*)、小绿叶蝉(*Erythroneura sudra*)和 1 种植食性蓟马(学名未知)。

2.1.1 垂直生态位

8 种害虫在树冠上中下 3 个层次上的垂直生态位宽度和生态位重叠见表 1。在垂直方向上害虫的生态位宽度变化较大, 说明在垂直方向上利用资源程度有很大差异。绣线菊蚜、两种叶螨和苹小卷叶蛾生态位宽度大, 其次是金纹细蛾和小绿叶蝉, 银纹潜蛾和蓟马的最小。生态位较低的害虫一般在树的下部或上部取食, 如金纹细蛾首先在树冠下部叶片上危害, 然后向中上部扩散; 而小绿叶蝉、银纹潜蛾和蓟马则喜欢幼嫩叶片, 多趋于上中部。在生态位重叠方面, 一般具有相似取食习性的害虫垂直生态位重叠很高, 如两种叶螨、蚜虫和小绿叶蝉。

2.1.2 水平生态位

8 种害虫在树冠东南西北 4 个方位上的水平生态位宽度和生态位重叠见表 2。害虫在 4 个方位上的生态位宽度除了小绿叶蝉和蓟马的较低外, 其余差异不显著, 说明害虫在水平方位上利用资源基本上无选择性。而且它们之间的生态位重叠也较大。

2.1.3 时间生态位

8 种害虫从 6 月上旬至 8 月下旬的时间生态位宽度和生态位重叠见表 3。8 种害虫在时间序列上的生态位宽度都较低, 表现出害虫发生的季节性差异, 其中以两种叶螨、苹小卷叶蛾和金纹细蛾的时间生态位宽度相对较大, 说明它们发生持续时间长, 其余害虫的时间生态位宽度较低, 这与苹果生育期, 特别是与季节、新叶出现以及害虫对苹果生育期和温度的适应有关。绣线菊蚜尽管在果园发生量大, 但一般春秋发生, 高温季节特别是春梢停止生长后, 新叶减少, 其种群数量急剧下降, 待秋梢伸长, 嫩叶又多时, 数量又渐增, 故种群增长明

显呈双峰型。而两种叶螨则在高温季节发生。银纹潜蛾多在秋梢抽出后发生。生态位重叠以两种叶螨的时间生态位重叠最大。喜食幼嫩部位的害虫(苹小卷叶蛾、蓟马、叶蝉和银纹潜蛾)生态位重叠值大。

表 1 8 种害虫的垂直生态位宽度(B)和生态位重叠(O)

Table 1 The vertical niche breadth and overlaps of the insect pests

物种 Species	生态位宽度(B) Niche breadth	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0.83	1.00							
2	0.98	0.91	1.00						
3	0.93	0.86	0.99	1.00					
4	0.74	0.72	0.95	0.97	1.00				
5	0.19	0.85	0.60	0.50	0.32	1.00			
6	0.94	0.93	0.97	0.93	0.87	0.74	1.00		
7	0.14	0.82	0.58	0.47	0.30	0.99	0.74	1.00	
8	0.72	0.99	0.86	0.81	0.65	0.87	0.88	0.83	1.00

1: 绣线菊蚜 *Aphis citricola*; 2: 山楂叶螨 *Tetranychus viennensis*; 3: 苹果叶螨 *Panonychus ulmi*; 4: 金纹细蛾 *Lithocolletis ringoniella*; 5: 银纹潜蛾 *Lyonetia prunifoliella*; 6: 苹小卷叶蛾 *Adoxophyes orana*; 7: 蓟马 *Thrip*; 8: 小绿叶蝉 *Erythroneura sudra*; 三角阵中的数据为生态位重叠值, 表 2 ~ 4 同
The data in the triangular matrix are niche overlaps, all the species in Table 2 ~ 4 below are the same as in Table 1

表 2 8 种害虫的水平生态位宽度(B)和生态位重叠(O)

Table 2 The horizontal niche breadth and overlaps of the insect pests

物种 Species	生态位宽度(B) Niche breadth	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0.99	1.00							
2	0.99	0.99	1.00						
3	0.96	0.98	0.99	1.00					
4	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00				
5	0.93	0.95	0.97	0.95	0.97	1.00			
6	0.97	0.99	0.99	0.99	0.99	0.94	1.00		
7	0.84	0.90	0.94	0.92	0.95	0.97	0.90	1.00	
8	0.62	0.82	0.83	0.78	0.85	0.89	0.77	0.93	1.00

表 3 8 种害虫的时间生态位宽度(B)和生态位重叠(O)

Table 3 The temporal niche breadth and overlaps of the insect pests

物种 Species	生态位宽度(B) Niche breadth	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0.15	1.00							
2	0.30	0.07	1.00						
3	0.25	0.13	0.95	1.00					
4	0.57	0.08	0.67	0.64	1.00				
5	0.21	0.01	0.46	0.44	0.92	1.00			
6	0.16	0.01	0.14	0.11	0.79	0.91	1.00		
7	0.18	0.10	0.77	0.76	0.84	0.85	0.60	1.00	
8	0.14	0.01	0.09	0.10	0.78	0.89	0.96	0.57	1.00

2.1.4 害虫集团分析

害虫的三维生态位重叠值见表 4, 集团的聚类结果见图 1。当取距离系数 $0.280 < D \leq 0.409$ 时, 将害虫分为 4 个集团。

表 4 8 种害虫的三维生态位重叠(α)Table 4 The three-dimensional niche overlaps of the insect pests(α)

物种 Species	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1.00							
2	0.66	1.00						
3	0.66	0.98	1.00					
4	0.60	0.87	0.87	1.00				
5	0.60	0.68	0.63	0.74	1.00			
6	0.64	0.70	0.68	0.88	0.87	1.00		
7	0.61	0.76	0.72	0.70	0.94	0.75	1.00	
8	0.61	0.59	0.56	0.76	0.88	0.87	0.78	1.00

集团 1 仅绣线菊蚜 1 种,为典型的趋嫩叶刺吸类害虫。在空间上多集中在树冠上中部外围。一般在叶背面取食。在发生上呈双峰型。

集团 2 由山楂叶螨和苹果叶螨组成,刺吸为害叶片,高温季节发生型,称为“叶螨集团”。

集团 3 仅金纹细蛾 1 种,其幼虫在叶背面潜食形成虫斑,其数量随季节逐渐上升,至秋季达到高峰。

集团 4 由银纹潜蛾、苹小卷叶蛾、蓟马和小绿叶蝉组成。这些害虫以危害展开的新叶为显著特点,称为“喜食嫩叶集团”,当春梢和秋梢伸长叶片展开时多发生。其中银纹潜蛾秋季多发生,危害新展开的秋梢叶片,形成弯曲的虫道。

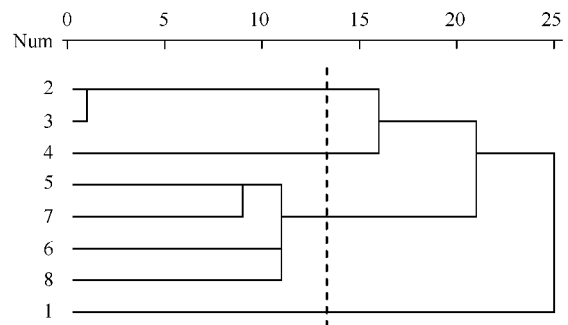


图 1 8 种害虫的系统聚类

Fig. 1 Dendrogram of cluster analysis of eight species of pests

图中数字 1~8 代表的物种见表 1 下的说明 The number 1—8 represents the same species as Table 1

2.2 苹果害虫天敌的生态位和集团分析

选 12 种(类)发生量较大的天敌进行分析,分别是绣线菊蚜蚜小蜂 *Aphelinus* sp.、蚜茧蜂(含三叉蚜茧蜂 *Trioxys* sp. 和全脉蚜茧蜂 *Ephedrus* sp.)、金纹细蛾寄生蜂(金纹细蛾姬小蜂 *Sympiesis soriceicornis* 和金纹细蛾绒茧蜂 *Apanteles* sp.)、食蚜瓢虫(包括异色瓢虫(*Harmonia axyridis*)和龟纹瓢虫(*Propylaea japonica*))、中华通草蛉(*Chrysoperla sinica*)、大草蛉(*Chrysopa pallens*)、微小花蝽(*Orius minutus*)、深点食螨瓢虫(*Stethorus punctillum*)、塔六点蓟马(*Scolothrips takahashii*)、食螨瘿蚊(*Feltiella acarisuga*)、东方钝绥螨(*Amblyseius orientalis*)、蜘蛛类(包括草间小蜘蛛(*Erigonidium graminicola*)和三突花蛛(*Misumenops tricuspidatus*))。

2.2.1 垂直生态位

12 种天敌在树冠上中下 3 个层次上的垂直生态位宽度和生态位重叠见表 5。具有较高生态位宽度的依次是绣线菊蚜蚜小蜂、东方钝绥螨、深点食螨瓢虫、中华通草蛉、微小花蝽、金纹细蛾寄生蜂、大草蛉、食蚜瓢虫、塔六点蓟马,在 0.78~0.99 之间,这与它们的搜索能力强有关。蜘蛛尽管搜索能力强,但在树冠下部较多,中上部较少,故其生态位宽度不大。蚜茧蜂似乎不喜欢寄生群体量大的蚜虫,多寄生树冠下部分散的蚜虫个体。食螨瘿蚊多在树冠下部的叶片反面,故其生态位宽度很低。从生态位重叠看,除了食螨瘿蚊与其他天敌的生态位重叠小外,其余天敌之间的生态位重叠很大。

2.2.2 水平生态位

12 种天敌在树冠 4 个方位上的水平生态位宽度和生态位重叠见表 6。与害虫相似,天敌在水平方位上的生态位宽度都很大,说明它们在 4 个方位上利用资源的能力基本相同。生态位重叠也很高,特别是取食相同猎物的类群。

表 5 12 种天敌的垂直生态位宽度(B)和生态位重叠(O)
Table 5 The vertical niche breadth and overlaps of the natural enemies

物种 Species	生态位 宽度 B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.99	1.00											
2	0.65	0.87	1.00										
3	0.94	0.98	0.94	1.00									
4	0.85	0.96	0.92	0.99	1.00								
5	0.95	0.97	0.89	0.95	0.90	1.00							
6	0.91	0.97	0.97	0.98	0.95	0.97	1.00						
7	0.95	0.99	0.78	0.94	0.90	0.95	0.91	1.00					
8	0.97	0.99	0.81	0.96	0.94	0.95	0.93	0.99	1.00				
9	0.78	0.93	0.98	0.98	0.98	0.90	0.98	0.85	0.88	1.00			
10	0.19	0.67	0.92	0.74	0.70	0.75	0.83	0.54	0.57	0.83	1.00		
11	0.98	0.99	0.91	0.99	0.98	0.97	0.98	0.96	0.98	0.96	0.71	1.00	
12	0.58	0.85	0.99	0.90	0.87	0.89	0.95	0.74	0.77	0.95	0.96	0.88	1.00

1: 绣线菊蚜小蜂 *Aphelinus* sp. ; 2: 蚜茧蜂 Aphidiids; 3: 金纹细蛾寄生蜂 Parasitoids of *Lithocolletis ringoniella*; 4: 食蚜瓢虫 ladybird beetles feeding on aphids; 5: 中华通草蛉 *Chrysoperla sinica*; 6: 大草蛉 *Chrysopa pallens*; 7: 微小花蝽 *Orius minutus*; 8: 深点食螨瓢虫 *Stethorus punctillum*; 9: 塔六点蓟马 *Scolothrips takahashii*; 10: 食螨瘿蚊 *Feltiella acarisuga*; 11: 东方钝绥螨 *Amblyseius orientalis*; 12: 蜘蛛 Spiders; 下同 the same below; 三角阵中的数据为生态位重叠值,表 6~8 同 The data in the triangular matrix are niche overlaps, all the species in Table 6~8 below are the same as in Table 5

表 6 12 种天敌的水平生态位宽度(B)和生态位重叠(O)
Table 6 The horizontal niche breadth and overlaps of the natural enemies

物种 Species	B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.99	1.00											
2	0.78	0.91	1.00										
3	0.91	0.96	0.85	1.00									
4	0.92	0.97	0.88	0.88	1.00								
5	0.97	0.99	0.96	0.94	0.96	1.00							
6	0.87	0.94	0.81	0.98	0.91	0.92	1.00						
7	0.96	0.99	0.87	0.92	0.99	0.97	0.92	1.00					
8	0.98	0.99	0.86	0.95	0.98	0.97	0.95	0.99	1.00				
9	0.99	0.99	0.88	0.95	0.98	0.98	0.94	0.99	0.99	1.00			
10	0.85	0.95	0.74	0.88	0.95	0.90	0.90	0.98	0.98	0.97	1.00		
11	0.94	0.98	0.81	0.97	0.94	0.94	0.97	0.97	0.99	0.99	0.97	1.00	
12	0.99	0.99	0.90	0.94	0.98	0.99	0.93	0.99	0.99	0.99	0.96	0.98	1.00

2.2.3 时间生态位

12 种天敌从 6 月上旬至 8 月下旬的时间生态位宽度和生态位重叠见表 7。天敌在时间序列上的发生也不均匀,时间生态位宽度较大的有绣线菊蚜小蜂、中华通草蛉、微小花蝽、蜘蛛,生态位宽度较小的有金纹细蛾寄生蜂、东方钝绥螨、深点食螨瓢虫。从捕食性天敌的生态位重叠来看,有相同猎物者一般它们的时间生态位重叠值高。

2.2.4 天敌的集团分析

天敌的三维重叠位值见表 8。其中绣线菊蚜天敌之间、叶螨天敌之间的三维生态位重叠值高。天敌集团的聚类结果见图 2。当距离系数取 $0.199 < D \leq 0.263$ 时,将天敌分为 4 个集团。

表 7 12 种天敌的时间生态位宽度(B)和生态位重叠(O)

Table 7 The temporal niche breadth and niche overlaps of the natural enemies

物种 Species	B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.57	1.00											
2	0.26	0.95	1.00										
3	0.18	0.31	0.12	1.00									
4	0.18	0.77	0.78	0.10	1.00								
5	0.31	0.84	0.83	0.28	0.96	1.00							
6	0.26	0.79	0.77	0.10	0.92	0.87	1.00						
7	0.55	0.68	0.53	0.29	0.79	0.74	0.79	1.00					
8	0.19	0.30	0.15	0.32	0.04	0.20	0.07	0.23	1.00				
9	0.24	0.31	0.11	0.52	0.02	0.21	0.07	0.25	0.92	1.00			
10	0.24	0.31	0.11	0.68	0.02	0.21	0.06	0.26	0.87	0.98	1.00		
11	0.17	0.26	0.10	0.35	0.01	0.18	0.08	0.21	0.84	0.95	0.88	1.00	
12	0.65	0.68	0.51	0.53	0.69	0.69	0.71	0.94	0.31	0.34	0.40	0.22	1.00

1: 绣线菊蚜蚜小蜂 *Aphelinus* sp; 2: 蚜茧蜂 *Aphidiids*; 3: 金纹细蛾寄生蜂 *Parasitoids of Lithocolletis ringoniella*; 4: 食蚜瓢虫 ladybird beetles feeding on aphids; 5: 中华通草蛉 *Chrysoperla sinica*; 6: 大草蛉 *Chrysopa pallens*; 7: 微小花蝽 *Orius minutus*; 8: 深点食螨瓢虫 *Stethorus punctillum*; 9: 塔六点蓟马 *Scolothrips takahashii*; 10: 食螨瘿蚊 *Feltiella acarisuga*; 11: 东方钝绥螨 *Amblyseius orientalis*; 12: 蜘蛛 Spiders

表 8 12 种天敌的三维生态位重叠 (α)Table 8 The three-dimensional niche overlaps of the natural enemies (α)

物种 Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1.00											
2	0.91	1.00										
3	0.75	0.64	1.00									
4	0.90	0.86	0.66	1.00								
5	0.94	0.89	0.72	0.94	1.00							
6	0.90	0.85	0.69	0.93	0.92	1.00						
7	0.89	0.72	0.72	0.89	0.89	0.87	1.00					
8	0.76	0.61	0.74	0.65	0.71	0.65	0.74	1.00				
9	0.74	0.66	0.82	0.66	0.69	0.66	0.70	0.94	1.00			
10	0.69	0.59	0.77	0.55	0.62	0.60	0.59	0.80	0.93	1.00		
11	0.75	0.60	0.77	0.64	0.69	0.67	0.72	0.94	0.96	0.85	1.00	
12	0.84	0.80	0.79	0.84	0.85	0.87	0.89	0.69	0.76	0.77	0.69	1.00

集团 1 由绣线菊蚜蚜小蜂、蚜茧蜂、异色瓢虫、大草蛉、中华通草蛉和微小花蝽 6 种组成。这些天敌在发生上与绣线菊蚜发生相吻合,与蚜虫跟随现象明显,称为“喜食蚜虫集团”。此集团内部因取食习性、捕食行为及在树冠上的分布有明显差异,在结构上是松散的,有寄生性的,有捕食性的。其中的捕食性种类,也兼食叶螨。

集团 2 即“蜘蛛集团”,由草间小黑蛛和三突花蛛组成。典型的游猎性天敌,猎物广泛。

集团 3 称为“金纹细蛾寄生蜂集团”,包括金纹细蛾姬小蜂和绒茧蜂,是金纹细蛾的重要寄生性天敌。

集团 4 由塔六点蓟马、东方钝绥螨、深点食螨瓢虫和食螨瘿蚊组成,皆为叶螨的专性捕食性天敌,称“专性食螨天敌集团”。集团内物种在空间分布和捕食行为上存在分化。

可以看出,果园内天敌主要由蚜虫和叶螨的两大天敌集团组成。天敌群落中的 3 个集团恰好对应控制害虫群落中的 3 个集团。

2.3 重要害虫及其天敌总体空间生态位和时间生态位重叠分析

选取 16 种(类)重要害虫和天敌在树冠内的 12 个空间资源维进行分析。害虫分别是绣线菊蚜、山楂叶

螨、苹果叶螨、金纹细蛾和苹小卷叶蛾;天敌分别是绣线菊蚜蚜小蜂、金纹细蛾寄生蜂、食蚜瓢虫、中华通草蛉、大草蛉、微小花蝽、深点食螨瓢虫、塔六点蓟马、食螨瘿蚊、东方钝绥螨和蜘蛛类。

2.3.1 总体空间生态位分析

在树冠内 12 个资源维上的空间生态位宽度和重叠见表 9。害虫的生态位宽度大小依次为山楂叶螨、苹果叶螨、苹小卷叶蛾、绣线菊蚜、金纹细蛾;天敌为绣线菊蚜蚜小蜂、微小花蝽、深点食螨瓢虫、东方钝绥螨、中华通草蛉、塔六点蓟马、食蚜瓢虫、金纹细蛾寄生蜂、蜘蛛、大草蛉、食螨瘿蚊。

在生态位重叠上,两种叶螨与其专性天敌集团中的深点食螨瓢虫、东方钝绥螨、塔六点蓟马的重叠值很高,此外与其兼食性天敌中华通草蛉、微小花蝽和食蚜瓢虫、蜘蛛的生态位重叠值也很高。金纹细蛾与其寄生蜂的重叠值也较高,与微小花蝽的重叠值也较高,在果园观察,微小花蝽也可以刺穿叶片表皮去刺吸金纹细蛾幼虫,特别是在后期的 8~9 月份。绣线菊蚜与天敌蚜小蜂、食蚜瓢虫、中华通草蛉、大草蛉、微小花蝽的生态位重叠值很高。

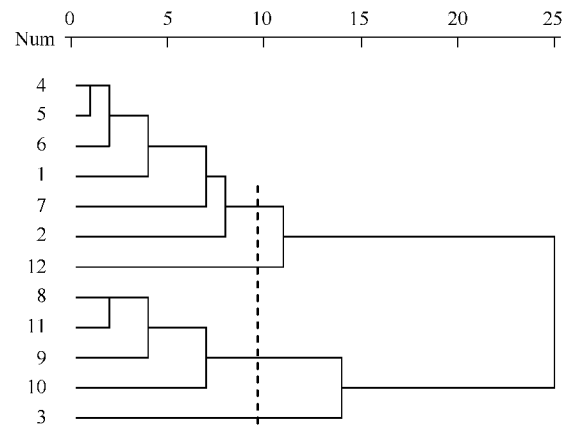


图 2 12 种天敌的系统聚类

Fig. 2 Dendrogram of cluster analysis of 12 species/groups of natural enemies 图中数字 1~12 代表的物种见表 5 下的说明 The number 1~12 represent the same species as Table 5

表 9 16 种害虫及天敌在树内的空间生态位宽度(B)和生态位重叠(O)

Table 9 The spatial niche breadth and overlaps of the insect pests and their natural enemies

物种 Species	B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0.86	1.00															
2	0.98	0.89	1.00														
3	0.92	0.84	0.98	1.00													
4	0.80	0.71	0.94	0.96	1.00												
5	0.86	0.90	0.92	0.87	0.82	1.00											
6	0.98	0.93	0.98	0.96	0.90	0.93	1.00										
7	0.64	0.72	0.79	0.81	0.81	0.69	0.80	1.00									
8	0.78	0.77	0.91	0.94	0.90	0.71	0.90	0.79	1.00								
9	0.86	0.85	0.92	0.90	0.87	0.87	0.90	0.78	0.82	1.00							
10	0.58	0.64	0.78	0.76	0.79	0.70	0.81	0.68	0.73	0.65	1.00						
11	0.92	0.94	0.95	0.91	0.81	0.90	0.96	0.75	0.86	0.90	0.69	1.00					
12	0.90	0.92	0.94	0.92	0.83	0.87	0.95	0.76	0.86	0.91	0.71	0.98	1.00				
13	0.81	0.74	0.94	0.97	0.98	0.79	0.92	0.78	0.93	0.83	0.81	0.83	0.85	1.00			
14	0.29	0.30	0.63	0.64	0.80	0.58	0.58	0.57	0.53	0.65	0.70	0.44	0.47	0.72	1.00		
15	0.87	0.85	0.95	0.93	0.88	0.85	0.94	0.72	0.86	0.85	0.74	0.89	0.91	0.92	0.56	1.00	
16	0.61	0.60	0.85	0.86	0.93	0.76	0.78	0.71	0.77	0.77	0.73	0.66	0.68	0.89	0.81	0.80	1.00

1:绣线菊蚜 *Aphis citricola*; 2:山楂叶螨 *Tetranychus viennensis*; 3:苹果叶螨 *Panonychus ulmi*; 4:金纹细蛾 *Lithocolletis ringoniella*; 5:苹小卷叶蛾 *Adoxophyes orana*; 6:绣线菊蚜蚜小蜂 *Aphelinus* sp; 7:金纹细蛾寄生蜂 *Parasitoids of Lithocolletis ringoniella*; 8:食蚜瓢虫 ladybird beetles feeding on aphids; 9:中华通草蛉 *Chrysoperla sinica*; 10:大草蛉 *Chrysopa pallens*; 11:微小花蝽 *Orius minutus*; 12:深点食螨瓢虫 *Stethorus punctillum*; 13:塔六点蓟马 *Scolothrips takashii*; 14:食螨瘿蚊 *Feltiella acarisuga*; 15:东方钝绥螨 *Amblyseius orientalis*; 16:蜘蛛 Spiders; 下同 the same below; 三角阵中的数据为生态位重叠值, 表 10 同 The data in the triangular matrix are niche overlaps, all the species in Table 10 below are the same as in Table 10

2.3.2 时间生态位重叠分析

16 种害虫及天敌的时间生态位重叠见表 10。两种叶螨与其 4 种专性天敌的时间生态位重叠较高,其中

与深点食螨瓢虫的最高;此外,与其兼性天敌中华通草蛉和蜘蛛的重叠值也较高。绣线菊蚜与其天敌蚜小蜂、大草蛉、食蚜瓢虫、中华通草蛉、微小花蝽的重叠值较高,与蜘蛛的重叠值较高也很高;金纹细蛾与其寄生蜂的重叠值很高,与微小花蝽的重叠值也较高。

表 10 16 种害虫及天敌的时间生态位重叠

Table 10 The temporal niche overlaps of the insect pests and their natural enemies

物种 Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	1.00															
2	0.07	1.00														
3	0.13	0.95	1.00													
4	0.08	0.67	0.64	1.00												
5	0.01	0.14	0.11	0.79	1.00											
6	0.57	0.41	0.54	0.50	0.23	1.00										
7	0.03	0.29	0.28	0.87	0.98	0.31	1.00									
8	0.24	0.24	0.37	0.27	0.07	0.77	0.10	1.00								
9	0.26	0.37	0.51	0.45	0.21	0.84	0.28	0.96	1.00							
10	0.51	0.23	0.32	0.26	0.06	0.79	0.10	0.92	0.87	1.00						
11	0.25	0.42	0.38	0.52	0.28	0.68	0.29	0.79	0.74	0.79	1.00					
12	0.01	0.85	0.82	0.68	0.15	0.30	0.32	0.04	0.20	0.07	0.23	1.00				
13	0.01	0.64	0.63	0.76	0.38	0.31	0.52	0.02	0.21	0.07	0.25	0.92	1.00			
14	0.01	0.61	0.60	0.84	0.55	0.31	0.68	0.02	0.21	0.06	0.26	0.87	0.98	1.00		
15	0.00	0.47	0.46	0.61	0.23	0.26	0.35	0.01	0.18	0.08	0.21	0.84	0.95	0.88	1.00	
16	0.33	0.52	0.47	0.70	0.51	0.68	0.53	0.69	0.69	0.71	0.94	0.31	0.34	0.40	0.22	1.00

3 结论与讨论

通过对苹果园害虫与天敌生态位和集团分析,将 8 种害虫分为 4 个集团,12 种天敌分为 4 个集团,明确了群落的基本结构。在树冠生态位空间内主要天敌和主要害虫的同域性强,在时间上有一定同步性,表现出跟随现象。

3.1 苹果害虫与天敌集团的划分

本研究是基于不同营养级物种的生态位重叠来进行集团划分的,有的是基于取食行为划分的,常称为取食集团,如对取食熊果树(*Arctostaphylos* spp.) 叶片昆虫集团的划分,分为咀嚼类昆虫、刺吸类昆虫、潜叶昆虫和造瘿昆虫^[21]。还有的是按照分类上的近缘类群划分的^[22~25]。不论以何种方式来分,它必须真实反映群落的结构和种间关系才有意义。基于生态位重叠来划分是有意义的,单纯的依赖于分类学划分的集团不能真正揭示群落内物种之间关系。假如苹果园内笼统的将寄生蜂作为一个集团,有寄生卷叶蛾的,有寄生蚜虫的,有寄生潜叶蛾的等等,则体现不出它们的功能,因为不知道寄生蜂的寄主如何;再如,若把瓢虫类作为一个集团,有捕食蚜虫的异色瓢虫、龟纹瓢虫,有捕食叶螨的深点食螨瓢虫,同样也不能体现集团的功能。所以,基于分类学的集团划分仅仅是出于数据处理的方便,而不能反映群落真正的组织和种间关系,毕竟集团是一个生态学单位而不是分类学单位。理想的方法是通过科学的抽样,建立在数量分析的基础上(正如 Jaksic^[26]所表明的),特别是结合多元分析技术(聚类或排序等),将群落内的集团进行划分。

3.2 害虫集团内的竞争

既然集团内的物种以相似的方式利用环境中相同的资源,因此,集团内的物种因生态位重叠而有可能形成竞争种对。但是生态位重叠能否引起竞争历来存在争议^[2, 3, 14~16, 27, 28]。就两种叶螨来说,它们的取食方式相同,取食的又都是叶片,生态位重叠值又很高,理论上讲,竞争很激烈。但是二者的行为习性不同,苹果叶螨通常在叶片正面为害,而山楂叶螨则在反面为害,常常在叶脉处形成小的群体取食。即使苹果叶螨因下雨或叶片正面数量大,有时也在叶反面活动,但它只是在叶反面的亚缘部活动,表现与山楂叶螨存在生态位分离,以避免造成直接的竞争,这与秦玉川等^[9]的观察一致。苹果害虫的另一个集团,即“喜食嫩叶集团”,有苹小卷叶蛾、银纹潜蛾、小绿叶蝉和蓟马,虽然都喜欢取食嫩叶,但后两者为刺吸类害虫,它们与苹小卷叶蛾、银

纹潜蛾的口器类型、取食行为明显不同,自然不会引起竞争,而是处于共存。

3.3 天敌集团内的竞争和捕食

从考虑害虫与天敌之间的关系出发,集团的划分对于指导生物防治也有重要的意义。集团内物种因存在资源需求方面的重叠,容易引起竞争或者捕食,是干扰生物防治的重要因子^[29~31]。因此弄清某一生物群落内天敌的集团结构,对于天敌的引种、保护利用和释放有重要的指导意义,重要的是避免“集团内捕食”现象(intra-guild predation, IGP)。天敌集团内的物种因在时空上共存,常常存在 IGP。IGP 指的是在同一集团内,利用相似资源的物种被杀死和取食而成为潜在竞争者的现象^[30]。其不利影响是造成一种天敌被捕食或被挤出生态位。如在蚜虫天敌集团中就存在 IGP,如食蚜蝇的卵、1~2 龄幼虫会被瓢虫或草蛉捕食,食蚜瘿蚊(*Aphidoletes aphidimyza*)则被食蚜蝇幼虫捕食,食蚜蝇的蛹能被草蛉幼虫捕食^[32]。由于一些多食性捕食者对尔埃蚜茧蜂(*Aphidius ervi*)的捕食,还导致豌豆蚜(*Acyrtosiphon pisum*)在苜蓿田内种群密度增加^[33]。当狼蛛(*Pardosa littoralis*)和飞虱专性天敌盲蝽(*Tytthus vagus*)共存时,狼蛛会捕食盲蝽,导致飞虱种群增长^[34]。异色瓢虫自亚洲引进美国后,在苹果园释放后,目前已成为优势种,对其他瓢虫影响较大,导致包括七星瓢虫(*Coccinella septempunctata*)、一些本地瓢虫种类和食蚜瘿蚊发生都很少^[35~37]。

就本研究的“喜食蚜虫集团”来说,调查中发现微小花蝽能捕食绣线菊蚜小蜂成虫;瓢虫种类也以异色瓢虫占绝对优势,龟纹瓢虫数量少,七星瓢虫一直没有调查到,说明异色瓢虫的生态位占领和扩张能力明显强,与 Brown 和 Miller^[37]对苹果园异色瓢虫的观察相似,说明该集团内也存在 IGP。但是在田间实际情况下,由于天敌各自的生物学和对资源的需求不同,许多天敌却共处于相同的生态位空间中,表现出生态位分离。如大草蛉一般在树冠上中部和外围蚜虫多的部位发生;蚜小蜂、瓢虫和中华通草蛉在树冠生态位空间内分布广;蚜茧蜂一般在绣线菊蚜分散的位置寄生,很少寄生群体拥挤的蚜虫,且寄生高龄若蚜和成蚜,而蚜小蜂则寄生小若蚜。由于苹果树上的蚜虫群体异常强大,对于这些天敌来说,它们的寄主资源十分丰富,从而避免了相互的激烈竞争,使它们共存于这一集团中而对蚜虫起联合控制作用。

对“专性食螨天敌”集团来说,它们的生态位重叠值很高,有可能存在 IGP,但调查中尚未发现这种捕食现象,是否存在深点食螨瓢虫或塔六点蓟马捕食植绥螨,有待进一步观察或进行试验验证而得出结论。

References:

- [1] Shea K, Chesson P. Community ecology theory as a framework for biological invasions. *Trends in ecology and evolution*, 2002, 17(4): 170—176.
- [2] Chesson P. Mechanisms of maintenance in species diversity. *Annuals Review of Ecology and Systematics*, 2000, 31: 343—366.
- [3] Laibold M A. The niche concept revisited: mechanistic models and community context. *Ecology*, 1995, 76(5): 1371—1382.
- [4] Amezcaga I, Rodríguez M á. Resource partitioning of four sympatric bark beetles depending on swarming dates and tree species. *Forest Ecology and Management*, 1998, 109(1-3): 127—135.
- [5] Stanton M L, Palmer T M, Young T P. Competition-colonization trade-off in a guild of African acacia-ants. *Ecological Monographs*, 2002, 72: 347—363.
- [6] Root R B. The niche exploitation pattern of the bluegrey gnatcatchers. *Ecological Monographs*, 1967, 37: 317—350.
- [7] Mackenzie A, Ball A S, Virdee S R. *Instant notes in Ecology* (2nd edition). Beijing: Science Press, 2003. 189—193.
- [8] Shi W C, Liu H, Xie H. Study on the population niches of insect pests on apple leaves. *Journal of Southwest Agricultural University*, 1990, 12(2): 148—150.
- [9] Qin Y C, Cai N H, Huang K X. Studies on niches of *Tetranychus viennensis*, *Panonychus ulmi* and their predatory enemies: (I) spatial and temporal niches. *Acta Ecologica Sinica*, 1991, 11(4): 332—337.
- [10] Qin Y C, Shen Z R, Zhao Y Z. Studies on niches of *Tetranychus viennensis*, *Panonychus ulmi* and their predatory enemies: (II) trophic niches. *Acta Ecologica Sinica*, 1994, 14(1): 1—8.
- [11] Qin Y C, Guan Z H. Studies on niches of *Tetranychus viennensis*, *Panonychus ulmi* and their predatory enemies: (III) microclimate niche. *Acta Ecologica Sinica*, 1995, 15(2): 128—133.
- [12] Zhao B G, Yan Y H, Duan J J. Analysis on the ecological effect of control of predacious complex on spider mites from vegetational diversity in apple orchard. *Natural Enemies of Insects*, 1993, 15(1): 22—27.
- [13] Levins R. *Evolution in changing environment*. Princeton: Princeton University Press, 1968. 120.
- [14] Hurlbert S H. The measurement of niche overlap and some relatives. *Ecology*, 1978, 59(1): 67—77.

- [15] Pianka E R. The structure of lizard communities. *Annuals Review of Ecology and Systematics*, 1973, 4: 53—74.
- [16] May R M. Some notes on estimating the competition matrix, α . *Ecology*, 56: 737—741.
- [17] Cody M L. Competition and structure of bird communities. Princeton: Princeton University Press, 1974.
- [18] Gao Y, Qian G Z. The niche analysis of bird communication in evergreen broad-leaf forest in Tiantong mountain, Zhejiang Province. *Acta Ecologica Sinica*, 1987, 7(1): 73—81.
- [19] Tang Q Y, Feng M G. *DPS data processing system for practical statistics*. Beijing: Science Press, 2002. 238—240.
- [20] Lu W D. SPSS for Windows statistic and analysis (Second Edition). Beijing: Electronic Industry Press, 2002. 338—365.
- [21] Andres M R, Connor E F. The community-wide and guild-specific effects of pubescence on the folivorous insects of manzanitas *Arctostaphylos* spp. *Ecological Entomology*, 2003, 28: 383—396.
- [22] Vanderwel M C, Malcolm J R, Smith S M, *et al.* Insect community composition and trophic guild structure in decaying logs from eastern Canadian pine-dominated forests. *Forest Ecology and Management*, 2006, 225: 190—199.
- [23] Liu W X, Wan F H, Guo J Y. Structure and seasonal dynamics of arthropods in transgenic *Bt* Cotton field. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(5): 729—735.
- [24] Shi G L, Chang B S, Huang M J, *et al.* The structure and seasonal dynamics of nutritional classes and dominant functional guilds of arthropod community at jujube fields intercropped with herb. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(5): 399—409.
- [25] Hao S G, Zhang X X, Cheng X N, *et al.* The dynamics of biodiversity and composition of nutrition classes and dominant guilds of arthropod community in paddy field. *Acta Entomologica Sinica*, 1998, 41(4): 343—353.
- [26] Jaksic F M. Abuse and misuse of the term “guild” in ecological studies. *Oikos*, 1981, 31: 397—400.
- [27] Colwell R K, Futuyma D J. On the measurement of niche breadth and overlap. *Ecology*, 1971, (4): 567—576.
- [28] Abrames P. Some comments on measuring niche overlap. *Ecology*, 1980, 61(1): 41—49.
- [29] Rosenheim J A, Kaya H K, Ehler L E, *et al.* Intraguild predation among biological-control agents: theory and evidence. *Biological Control*, 1995, 5(3): 303—335.
- [30] Müller C B, Brodeur J. Intraguild predation has become a major research topic in biological control and conservation. *Biological Control*, 2002, 25(3): 216—223.
- [31] Polis G A, Myers C, Hoit R D. The ecology and evolution of intraguild predation: potential competitors that eat each other. *Annuals Review of Ecology and Systematics*, 1989, 20: 297—330.
- [32] Hindayana D, Meyhöfer R, Scholz D, *et al.* Intraguild predation among the hoverfly *Episyrphus balteatus* de Geer and other aphidophagous predators. *Biological Control*, 2001, 20(3): 236—246.
- [33] William E S, Anthony R I. Generalist predators disrupt biological control by a specialist parasitoid. *Ecology*, 2001, 82(3): 705—706.
- [34] Finke D L, Denno R F. Intra-guild predation relaxes natural enemy impacts on herbivore populations. *Ecological Entomology*, 2003, 28(1): 67—73.
- [35] Brown M W, Miller S S. Coccinellidae in apple orchards of eastern West Virginia and the impact of invasion by *Harmonia axyridis*. *Entomological News*, 1998, 109(21): 36—142.
- [36] Brown M W. Effect of *Harmonia axyridis* invasion on the aphidophagous coccinellid guild on apple in West Virginia, USA. *IOBC Bull.* 1999, 22(2): 7.
- [37] Burio G, Santi F, Maini S. On intra-guild predation and cannibalism in *Harmonia axyridis* (Pallas) and *Adalia bipunctata* L. *Biological Control*, 2002, 24: 110—116.

参考文献:

- [8] 石万成, 刘旭, 谢辉. 苹果叶片害虫种群生态位的研究. *西南农业大学学报*, 1990, 12(2): 148—150.
- [9] 秦玉川, 蔡宁华, 黄可训. 山楂叶螨、苹果全爪螨及其捕食性天敌生态位的研究 I. 时间与空间生态位. *生态学报*, 1991, 11(4): 332—337.
- [10] 秦玉川, 沈佐锐, 赵玉珍. 山楂叶螨、苹果全爪螨及其捕食性天敌生态位的研究 II. 营养生态位. *生态学报*, 1994, 14(1): 1—8.
- [11] 秦玉川, 管致和. 山楂叶螨、苹果全爪螨及其捕食性天敌生态位的研究 III. 微气候生态位. *生态学报*, 1995, 15(2): 128—133.
- [12] 赵白鸽, 严毓华, 段建军. 从苹果园植被多样化看叶螨天敌群落自然控制的生态效应. *昆虫天敌*, 1993, 15(1): 22—27.
- [18] 高颖, 钱国桢. 天童常绿阔叶林中鸟类群落结构的空间生态位分析. *生态学报*, 1987, 7(1): 73—81.
- [19] 唐启义, 冯明光. *DPS 数据处理系统*. 北京: 科学出版社, 2002. 238—240.
- [20] 卢纹岱. *SPSS for Windows 统计分析 (第2版)*. 北京: 电子工业出版社, 2002. 338—365.
- [23] 刘万学, 万方浩, 郭建英, 等. 转 *Bt* 基因棉田节肢动物群落营养层及优势功能团的组成与变化. *生态学报*, 2002, 22(5): 729—735.
- [24] 师光禄, 常宝山, 黄敏佳, 等. 枣园间种牧草对节肢动物群落营养层与优势功能团的影响. *生态学报*, 2006, 26(2): 399—409.
- [25] 郝树广, 张孝羲, 程遇年, 等. 稻田节肢动物群落营养层及优势功能集团的组成与多样性动态. *昆虫学报*, 1998, 41(4): 343—353.