

梨园芳香植物间作区节肢动物群落时序格局

胡竞辉¹, 王美超¹, 孔云¹, 姚允聪^{1,*}, 魏巍², 宋备舟¹, 李振茹³

(1. 北京农学院植物科学技术学院, 北京 102206; 2. 山西农业大学园艺学院, 山西太谷 030801;

3. 北京市大兴区林业局, 北京 102600)

摘要:以沙地梨园间作罗勒、孔雀草、薄荷为处理, 自然生草和清耕区为对照, 应用最优分割法和模糊聚类法, 探讨梨园节肢动物群落、害虫亚群落和天敌亚群落发生的时序格局特征及其相互联系。结果表明: 总群落、害虫亚群落以及其优势种个体数时序变化趋势呈偏态分布, 而天敌亚群落以及其优势种个体数的呈正态分布, 高峰期出现在6月末至7月中旬, 比总群落和害虫亚群落个体数发生高峰晚。在梨树年生长周期的主要时段中, 芳香植物间作区较自然生草区、清耕区害虫亚群落的发生数量(4月中至8月底)少; 而天敌亚群落发生数量(4月底至6月底)多。梨园各间作区节肢动物总群落和害虫亚群落时序最优格局均可划分5个时段: 发展初期、发展期、稳定期、波动期和衰退期; 天敌亚群落分为3个时段: 发展期、稳定期、衰退期。但处理间在发生时段的时间范围、发生数量及组成特征上存在复杂的差异。梨园节肢动物总群落、害虫亚群落、天敌亚群落时序聚类结果不同, 预示着处理间节肢动物总群落、害虫亚群落和天敌亚群落在各发生时段上的个体组成、物种丰富度、群落多样性指数、优势度和均匀度指数存在着差异。

关键词: 梨园; 芳香植物; 节肢动物群落; 最优格局; 聚类分析

Temporal structures of arthropod community of intercropping aromatic plants in pear orchard

HU Jinghui¹, WANG Meichao¹, KONG Yun¹, YAO Yuncong^{1,*}, WEI Wei², SONG Beizhou¹, LI Zhenru³

1 College of Plant Science and Technology, Beijing University of Agriculture, Beijing 102206, China

2 College of Horticulture, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801, China

3 Daxing District Forestry Bureau, Beijing 102600, China

Abstract: This paper was aimed to discuss the effects of intercropping aromatic plants on the temporal structures of arthropod community in pear orchard. Intercropping *Ocimum basilicum* L. (Tr1), *Tagetes patula* L. (Tr2), *Saturela hortensis* L. (Tr3) in pear orchard were carried out as three treatments and natural sward (Tr4) and clean tillage (Tr5) as control. Based on optimal partitioning method and cluster analysis, the temporal structures and relation of arthropod general community, pest sub-community and natural enemy sub-community were analyzed systematically in the different intercropping plots. The results showed that the community composition and dominance species composition of the arthropod general community, pest sub-community and natural enemy sub-community were significantly different from each other among different treatments. The individual number of community and dominance species of the arthropod general community, pest sub-community showed a skewed distribution and natural enemy sub-community, however, a normal distribution. The individual number of natural enemy sub-community peaked from late June to mid-July, posterior to that of the arthropod general community and pest sub-community. In most stage of the pear growth, individual numbers of pest sub-community in intercropping aromatic plants treatments decreased from mid-April to last August and those of natural enemy sub-community increased from last April to last June, compared to that of natural sward and clean tillage treatments. The

基金项目: 国家科技支撑重大项目(2008BAD92B08); 北京市自然科学基金项目(6102004); 北京市科学技术重大项目(D0705044040291)

收稿日期: 2010-03-11; **修订日期:** 2010-05-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yaoyc_20@126.com

trends were similar to each other in the individual number of arthropod general community and the pest sub-community. In the case of the pest sub-community, the treatments (species used as an intercrop) recorded differences in diversity when the fruits were green and differences in evenness and dominance when the fruits were ripening. The optimization stage of the arthropod general community, pest sub-community in the different treatments of pear orchard were divided into five stages, namely, initial development stage (last March to early April), development stage (mid-April to mid-May), fluctuation stage (last May to early June), stationary stage (mid-June to early August), and decline stage (mid-August to last September), and natural enemy sub-community were divided into three stages, namely, development stage (last March to early June), stationary stage (early June to early September), decline stage (after 20 days in September). But significant difference was observed in time range, quantity and structure characteristics among the different treatments. The clustering distinctness of arthropod general community, pest sub-community and natural enemy sub-community suggested that the individuals, abundance, diversity, dominance and evenness showed discrepancy in arthropod community during different stages among different treatments.

Key Words: pear orchard; aromatic plants; arthropod community; temporal structures; cluster analysis

群落的时间格局是群落的重要特征之一,反映了群落在时间过程中的变化及植物与节肢动物群落相互作用的效应^[1],对其深入研究有助于了解节肢动物群落的发生发展规律,揭示群落内复杂的种间关系及其对寄主植物物候期和环境因子的响应^[2-3],进而理解不同时期节肢动物群落的组成、结构、功能特点,以便制定有害生物综合治理的对策。Greg Spyreas^[4]和 Nicole John Bone^[5]对不同生境生物群落的结构、功能和动态进行研究,并探讨了节肢动物群落时间动态规律。师光禄^[6-8]等对不同类型枣园节肢动物群落中种的多样性、功能集团多样性和营养层多样性进行了调查,发现在变化趋势上功能集团多样性与种的多样性趋于一致,营养层多样性波动性小的特点。张久刚等^[9]对枣园节肢动物群落多样性的波动趋势进行分析,其年变化随季节变化而上下波动。邹运鼎^[3,10]、毕守东^[1,11-12]等对李园、石榴园、枣园、桃园的节肢动物群落结构进行调查,认为节肢动物群落结构的时间动态大致可分为4个时期,即发展初期、过渡期、鼎盛期和衰退期。而具有特殊气味和功能的芳香植物在梨园中间作,对梨园节肢动物群落结构及其时间动态特征的影响研究还很少见到报道。魏巍^[13]等应用生态位和灰色关联度等分析方法分别对梨园芳香植物间作区蚜虫和中国梨木虱及其天敌的相互关系进行分析,认为在梨树年生长周期中,薄荷、孔雀草和罗勒间作区的梨黄粉蚜、绣线菊蚜、梨二叉蚜与天敌类群的时序变化趋势相似,但发生的时段及数量与对照区存在显著差异;梨园间作芳香植物可能通过改变中国梨木虱及其天敌类群的组成、时序特征和生态位特征等控制中国梨木虱的发生。本文在梨园芳香植物间作区节肢动物群落结构特征^[14]和多样性时序特征^[15]的研究的基础上,应用最优分割法和模糊聚类法,探讨梨园芳香植物间作区节肢动物群落、害虫亚群落和天敌亚群落的时间动态规律及其相互联系,为芳香植物在果园中的应用和害虫的综合治理提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

供试梨园为北京市大兴区碧海林果有限公司国家级黄金梨生产基地。该园于2005年进入有机认证转换期。沙壤土,主栽品种为黄金梨[*Pyrus pyrifolia* (Burm. f.) cv. Nakai],20年生,株行距为5m×6m;树体生长健壮;按照有机转换期要求进行管理。

1.2 试验处理

试验共设5个间作区处理,依次为罗勒(*Ocimum basilicum* L.)间作区(Tr1)、孔雀草(*Tagetes patula* L.)间作区(Tr2)、香薄荷(*Saturela hortensis* L.)间作区(Tr3)、自然生草区(Tr4)和行间清耕区(即全部去除杂草,Tr5)。随机区组设计,3次重复,处理区(试验小区)面积为5m×666.7m,间种植物覆盖率为80%以上。间作植物于试验期每年1月份在温室育苗,待苗高长至约10—15cm时(3月上中旬)移植入梨园行间,株行距

0.2m×0.3m,生长期进行中耕除草,保持间作区无杂草。

1.3 调查方法

试验于2006—2007年进行。每年3—10月份每隔10d调查1次节肢动物的种类和数量。梨树树冠上节肢动物的种类和数量调查^[9]:在5个处理区分别按照5点取样法各选取有代表性的梨树5株(树龄、树高、树势较为一致)进行标记。首先目测2min调查在树冠上活动性大的节肢动物,然后每棵树取东、西、南、北4个方位,每个方位分上、中、下3层,将整个树冠分为12个资源单位,每个单位取0.5m的1—2年生枝1条,记录所有害虫及天敌的种类和数目;梨树空间(树冠以外)节肢动物的种类和数量调查^[16]:在5个处理区分别按照5点取样法各选取5株树挂糖醋液瓶。糖醋液瓶(瓶口直径12cm,高20cm)均挂于树东距地面0.5m处;对地面植被上节肢动物种类和数量调查^[17],在标记的梨树附近行间的植被上用捕虫网按对角线取样法随机扫网20次(网口直径30cm,深50cm,用白色尼纶纱制作),将扫取的节肢动物标本连同植物茎叶一起带回室内,进行鉴定分类,取2a平均值,统计所捕获的节肢动物的种类与数量。

1.4 群落结构特征数据分析方法

梨园节肢动物群落结构参数统计以科为单位。优势类群鉴定到种,分别统计分析各处理节肢动物群落、害虫亚群落和天敌亚群落结构参数^[18]。

(1) 物种丰富度 即群落中物种的数目,是最简单最古老的物种多样性测度方法^[19-21],用 S 表示。

(2) 相对丰盛度(p_i) $p_i = n_i/N$,其中 n_i 为抽样中第 i 个物种个体的数量, N 为总个体数。

(3) 多样性指数^[22] 采用Shannon-Wiener分析方法,用来描述物种的个体出现的紊乱性和不确定性,不确定性越高,多样性也就越高。 $H = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$, ($i = 1, 2, 3, \dots, s$),其中 $p_i = n_i/N$; n_i 为抽样中第 i 个物种个体的数量, N 为总个体数。

(4) 群落均匀度指数 群落中不同物种的多度分布的均匀程度,以Pielou^[23]公式计算: $J = H/H_{\max} = H/\ln S$,其中 J 为均匀度, H 为多样性指数, $\ln S$ 为种类数 S 取自然对数。

(5) 优势度指数^[24] 随机抽取的两个个体属于不同种的概率,以Simpson指数表示: $D = 1 - \sum_{i=1}^s \left[\frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)} \right]$, n_i 为抽样中第 i 个物种个体的数量, N 为总个体数;

(6) 最优分割 时间格局的最优分割以节肢动物种类与数量为行,时间序列为列,构成原始数据矩阵,对原始数据采用极差标准化进行标准化处理,求出变差矩阵,计算各分割段内的总变差及相应的分割点,最后以段内总变差判断群落的最优分割数及分割点。

(7) 群落系统聚类 以节肢动物群落所有种的总个体数(N)、物种丰富度(S)、群落多样性指数(H)、优势度(D)和均匀度指数(J)为指标,以调查日期为时序,数据经标准化转换后,采用欧氏最短距离法对其19次调查的群落实体进行系统聚类。

原始数据采用Microsoft Excel 2003和DPSv8.01版软件处理。

2 结果与分析

2.1 梨园节肢动物群落组成与优势种类时序变化特征

(1) 群落组成 通过系统调查,对采得的标本进行分类鉴定,初步统计出该梨园节肢动物总群落11目37科48种11833个个体(表1)。涵盖了同翅目(Homoptera)、半翅目(Hemiptera)、鞘翅目(Coleoptera)、鳞翅目(Lepidoptera)、蜱螨目(Acarina)、螳螂目(Mantodea)、脉翅目(Neuroptera)、双翅目(Diptera)、寄螨目(Parasitiformes)、膜翅目(Hymenoptera)、蜘蛛目(Araneae)。以同翅目、鞘翅目、半翅目和鳞翅目节肢动物为主,相对丰盛度分别为0.483、0.109、0.106和0.099,优势种为中国梨木虱(*Psyllachinensis*)和绣线菊蚜(*Aphis citricola* Van der Goot),相对丰盛度分别为0.156和0.114。天敌亚群落8目14科18种1727个个体,其中以鞘翅目、膜翅目、脉翅目和蜘蛛目为主,相对丰盛度分别为0.279、0.162、0.155和0.154。天敌亚群落的优势种为中华草蛉(*Chrysoperla sinica* Tjeder)、植绥螨(*Phytoseiid* mites)、七星瓢虫(*Coccinella septempunctata*)。

Linnaeus)和龟纹瓢虫(*Propylea japonica*),相对丰盛度分别为0.126、0.121、0.12和0.098。害虫亚群落7目23科30种10106个个体,以同翅目、半翅目和鳞翅目为主,相对丰盛度分别为0.565、0.119和0.115,优势种为中国梨木虱、绣线菊蚜和康氏粉蚧(*Pseudococcus comstocki* Kuwana),相对丰盛度分别为0.182、0.133和0.087。

表1 梨园节肢动物群落组成

Table 1 The composition of arthropod communities in pear orchard

目 Order	科 Family	种数 Species		个体数 Individual	
		数量/头 Numbers	百分比/% Percentage	数量/头 Numbers	百分比/% Percentage
同翅目 Homoptera	蚜科 Aphididae	2	4	1854	15.67
	木虱科 Psyllidae	1	2	1847	15.61
	粉蚧科 Pseudococcidae	1	2	880	7.44
	根瘤蚜科 Phylloxeridae	1	2	710	6.00
	叶蝉科 Cicadellidae	1	2	243	2.05
	盾蚧科 Diaspididae	1	2	179	1.51
鞘翅目 Coleoptera	鳃金龟科 Melolonthidae	2	4	524	4.43
	瓢虫科 Coccinellidae	3	6	482	4.07
	丽金龟科 Rutelidae	2	4	255	2.16
	步甲科 Carabidae	1	2	24	0.20
半翅目 Hemiptera	网蝽科 Tingidae	2	4	1092	9.23
	蝽科 Pentatomidae	1	2	115	0.97
	猎蝽科 Reduviidae	1	2	44	0.37
鳞翅目 Lepidoptera	卷蛾科 Tortricidae	1	2	517	4.37
	夜蛾科 Noctuidae	1	2	355	3.00
	刺蛾科 Limacodidae	1	2	165	1.39
	斑蛾科 Zygaenidae	1	2	122	1.03
	粉蝶科 Pieridae	1	2	9	0.07
膜翅目 Hymenoptera	茎蜂科 Cephidae	1	2	226	1.91
	蚁科 Formicidae	1	2	156	1.32
	茧蜂科 Braconidae	1	2	70	0.60
	跳小蜂科 Encyrtidae	1	2	63	0.54
	赤眼蜂科 Trichogrammatidae	1	2	61	0.52
	姬蜂科 Ichneumonidae	1	2	55	0.47
	蜜蜂科 Apidae	1	2	49	0.41
	胡蜂科 Vespidae	1	2	29	0.24
双翅目 Diptera	蚊科 Culicidae	2	4	140	1.18
	食蚜蝇科 Syrphidae	2	4	138	1.17
	丽蝇科 Calliphoridae	2	4	136	1.15
	家蝇科 Muscidae	1	2	108	0.91
脉翅目 Neuroptera	草蛉科 Chrysopidae	2	4	268	2.26
螳螂目 Mantodea	螳螂科 Mantidae	1	2	43	0.36
蜘蛛目 Araneae	狼蛛科 Lycosidae	1	2	106	0.89
	皿网蛛科 Linyphiidae	1	2	92	0.78
	逍遥蛛科 Philodromidae	1	2	69	0.58
寄螨目 Parasitoformes	植绥螨科 Phytoseiidae	1	2	207	1.75
蜱螨目 Acarina	叶螨科 Tetranychidae	2	4	399	3.37
合计 Total	37	48	100	11833	100

(2)时序特征 节肢动物总群落、害虫亚群落和天敌亚群落个体数整体上呈现先升后降的特点。节肢动物总群落和害虫亚群落个体数在5月中下旬达到最大值,天敌亚群落个体数高峰期出现在6月下旬至7月上旬(图1)。Tr1、Tr2、Tr3 3个处理区在5月上旬至8月上旬害虫个体数明显少于Tr4和Tr5区(图1P);而5个处理的天敌亚群落个体数差异不明显(图1E)。

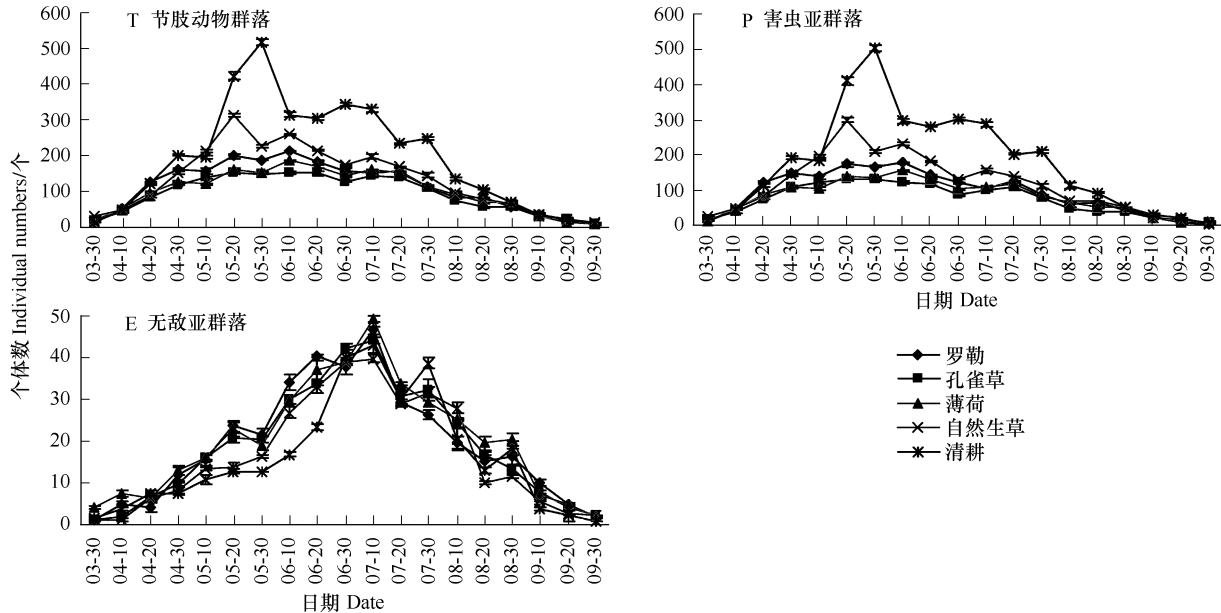


图1 间作芳香植物梨园节肢动物群落、害虫亚群落和天敌亚群落个体数时序特征

Fig.1 Dynamics of individual number the arthropod community, pest sub-community and natural enemy sub-community in the plots of the intercropping aromatic plants in pear orchard

中国梨木虱和绣线菊蚜的时序变化同害虫亚群落的时序特征较为一致,而康氏粉蚧的高峰期出现在7月,中华草蛉、捕食螨、七星瓢虫的时序变化同天敌亚群落时序特征基本一致(图1和图2)。Tr1、Tr2、Tr3 3个处理区中国梨木虱、绣线菊蚜、康氏粉蚧个体数明显低于Tr4和Tr5区,Tr2区中国梨木虱相对与Tr1、Tr3、Tr5区高峰期提前10d左右,而Tr4区延后10d左右。天敌亚群落优势种中华草蛉、捕食螨、七星瓢虫各处理个体数差异不大,时序变化差异不明显。

2.2 梨园不同间作区梨园节肢动物群落时间动态最优格局分析

采用有序样本最优分割法,把各个调查时段的节肢动物群落的个体数作为有序样本,在不打乱样本顺序的前提下,以总变差变化为依据,把所有样本分为若干段^[1,3],便于和梨园环境的季节变化相对照,了解不同处理区节肢动物群落的时间格局。

从表2和表3可以看出,节肢动物总群落和害虫亚群落均分为5个区段,各区段的特点与梨树物候期密切相关。第1阶段为3月末4月初即梨树花芽萌动和初花期,为节肢动物群落发展初期。第2阶段为4月中旬至5月上中旬的梨树开花期,各种节肢动物陆续迁入,该阶段为节肢动物群落发展期。第3阶段为5月下旬至6月上旬即梨树幼果期,节肢动物群落处于波动期,梨木虱和绣线菊蚜发生量较大。第4阶段为6月中旬至8月初即梨树果实膨大期,该阶段为节肢动物群落稳定期,多数害虫数量都有所增加,处理间有明显差异。第5个阶段为8月中旬至9月末即果实膨大和成熟期,节肢动物群落处于衰退期,主要是菜粉蝶、蚜类、食心虫和蚜虫等害虫,但数量有明显的减少。

天敌亚群落最优分割结果各处理均可分为3个阶段。第1阶段为3月末至6月初,天敌种类数量较少,处于缓慢增加的发展阶段;第2阶段为6月初至9月上旬,天敌亚群落较为稳定的阶段;第3阶段为9月中下旬,为天敌亚群落衰退期。处理间差异表现在:Tr5处理区第1阶段时间长于其它4个处理区,Tr1、Tr2经最优

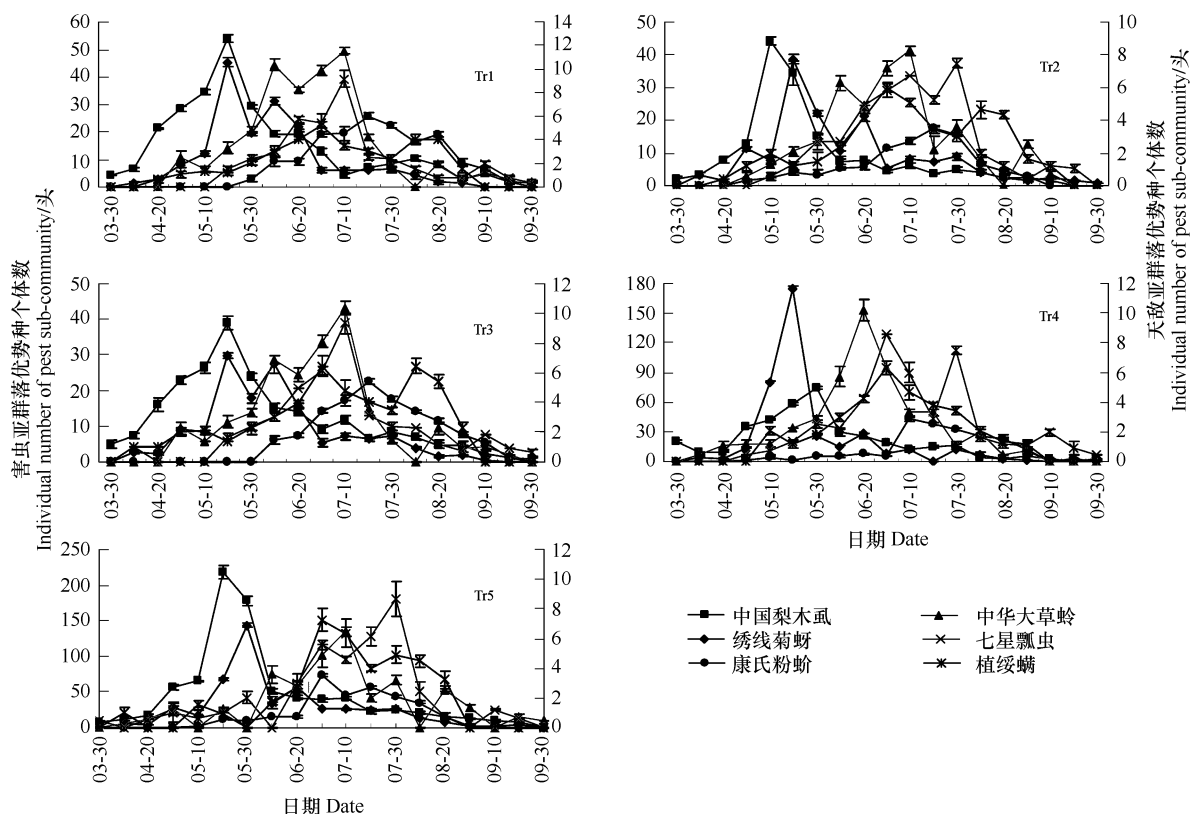


图2 间作芳香植物梨园节肢动物害虫亚群落和天敌亚群落优势种时序特征

Fig.2 Dynamics of dominance species of the arthropod pest sub-community and natural enemy sub-community in the plots of the intercropping aromatic plants in pear orchard

分割后的3个时间段较为一致,Tr3、Tr4分割的3个时间段完全一致。

2.3 梨园不同间作区梨园节肢动物群落时间动态聚类分析

群落随时间的变动过程是一个复杂的过程,不同时期群落之间的联系很难仅仅通过表象进行测定^[1,3],为此采用模糊聚类方法,对各时期群落进行更加全面的分析。以19次调查结果中节肢动物群落基本特征(N 、 S 、 H 、 D 、 J)为指标,以组内差异较小、组间差异显著作为分组依据, r 为相似系数,经数据标准化转换后,对节肢动物群落变化时段特征进行模糊聚类分析。

(1)节肢动物总群落 由图3可以看出,各处理区节肢动物群落基本特征在梨树年周期中时序变化均可聚为3类。其类型特点为:第1类是3月末即梨树萌芽期。第2类各处理区的时间区段差异较大,芳香植物间作区均为4月上中旬或9月中下旬;而Tr4、Tr5区为一些害虫大量发生的5月中下旬。第3类各处理区的其他调查日,包括梨树幼果期和果实膨大期,群落基本特征较稳定,处理间差异不明显。

(2)害虫亚群落 各处理害虫亚群落基本特征聚类结果如图4,Tr1、Tr4、Tr5处理区时序聚类后各时间区段的特点是:第1类是节肢动物活动较少的3月30日。第2类是梨树和芳香植物旺盛生长阶段,节肢动物物种数和个体数也较多。第3类为梨树果实成熟期,多数昆虫进入活动末期,发生数量较少。第4类为各处理其他调查日,该时期为节肢动物群落较稳定的阶段。Tr2和Tr3区其它处理区聚类结果有明显差异,主要表现为:Tr2处理区5月中下旬与其他调查日归为一类,主要是因为此时期该处理区没有因为害虫未大量发生而导致害虫亚群落基本特征发生较大改变;Tr3区9月20日和9月30日都分别聚为一类,说明该处理这两次调查害虫亚群落基本特征发生了变化。

(3)天敌亚群落 各处理天敌亚群落基本特征聚类结果如图5。3月下旬、4月上旬和9月中下旬3个时

表 2 芳香植物间作区梨园节肢动物总群落最优分割
Table 2 Result of optimization cut apart to time change of arthropod community in the treatments of intercropping aromatic plants

处理 Treatments	分类类别 Classification level	误差函数 Stage general variance	最优分割* Result of optimization cut apart
Tr1	2	71.9509	1-6,7-19
	3	56.1578	1-6,7-13,14-19
	4	48.9929	1-2,3-6,7-13,14-19
	5	43.3670	1-2,3-6,7,8-13,14-19
Tr2	2	70.0763	1-7,8-19
	3	55.7678	1-7,8-13,14-19
	4	47.9763	1-4,5-7,8-13,14-19
	5	41.6362	1-3,4-6,7-8,9-13,14-19
Tr3	2	72.1868	1-7,8-19
	3	56.7495	1-7,8-13,14-19
	4	48.6623	1-5,6-8,9-13,14-19
	5	43.4091	1-3,4-6,7-8,9-13,14-19
Tr4	2	72.8169	1-7,8-19
	3	59.1366	1-7,8-14,15-19
	4	51.6360	1-6,7-9,10-14,15-19
	5	44.0413	1-2,3-6,7-9,10-14,15-19
Tr5	2	70.2147	1-9,10-19
	3	55.0383	1-9,10-13,14-19
	4	44.8157	1-4,5-9,10-13,14-19
	5	39.0783	1-2,3-4,5-9,10-13,14-19

* 时间: 1: 03-30,2: 04-10,3: 04-20,4: 04-30,5: 05-10,6: 05-20,7: 05-30,8: 06-10,9: 06-20,10: 06-30,11: 07-10 12: 07-20,13: 07-30,14: 08-10,15: 08-20,16: 08-30,17: 09-10,18: 09-20,19: 09-30

表 3 芳香植物间作区梨园节肢动物害虫亚群落群落最优分割
Table 3 Result of optimization cut apart to time change of pest sub-community in the treatments of intercropping aromatic plants in pear orchard

处理 Treatments	分类类别 Classification level	误差函数 Stage general variance	最优分割* Result of optimization cut apart
Tr1	2	38.58623	1-9,10-19
	3	31.73689	1-6,7-13,14-19
	4	27.37754	1-2,3-7,8-13,14-19
	5	21.62947	1-2,3-4,5-9,10-13,14-19
Tr2	2	41.03243	1-7,8-19
	3	33.97455	1-6,7-13,14-19
	4	29.90140	1-6,7-8,9-13,14-19
	5	24.68691	1-3,4-6,7-8,9-13,14-19
Tr3	2	39.05214	1-8,9-19
	3	32.22437	1-6,7-13,14-19
	4	27.11023	1-5,6-8,9-13,14-19
	5	22.74045	1-2,3-5,6-8,9-13,14-19
Tr4	2	42.06840	1-8,9-19
	3	36.74065	1-6,7-13,14-19
	4	32.83541	1-6,7-10,11-13,14-19
	5	26.38306	1-2,3-6,7-10,11-13,14-19
Tr5	2	37.86996	1-7,8-19
	3	31.59807	1-4,5-9,10-19
	4	27.81653	1-4,5-9,10-13,14-19
	5	22.52756	1-2,3-6,7-9,10-13,14-19

* 时间:1: 03-30,2: 04-10,3: 04-20,4: 04-30,5: 05-10,6: 05-20,7: 05-30,8: 06-10,9: 06-20,10: 06-30,11: 07-10 12: 07-20,13: 07-30,14: 08-10,15: 08-20,16: 08-30,17: 09-10,18: 09-20,19: 09-30

期天敌亚群落结构特征具有较大的相似性,经聚类后 Tr1、Tr2、Tr3、Tr4 处理区各自将其聚为两类。经聚类后, Tr1、Tr3 处理区聚类结果一致,Tr2、Tr4 处理区聚类结果一致,说明在该时期 Tr1 和 Tr3、Tr2 和 Tr4 天敌亚群落结构特征具有相似性。从聚类结果的各时间段来看,各处理差异性不大。

3 结论与讨论

梨园节肢动物群落组成和数量的时序变化特征是梨园有害昆虫综合治理的重要依据。用最优分割法和模糊聚类法对梨园节肢动物群落时序变化进行格局划分和相似类型聚类,并与梨树年生长发育时期相对应,以便按照群落在各时段的发生特点针对性地进行生物调控。

果园间作已成为有机果园主要的综合管理措施,其对果园节肢动物群落的生态调控作用被大量报道。丁瑞丰^[25]对杏-麦间作果园分别套种油菜、芜菁和紫花苜蓿 3 种蜜源植物对果园节肢动物群落相关参数进行分析,发现 3 种蜜源植物均能增加果园生物多样性,提高生态系统的稳定性,果园中草蛉、瓢虫类天敌数量明显增加。任爽^[26]等对板栗园节肢动物群落多样性研究中,发现板栗园主要类群的季节数量消长动态,总群落和

害虫亚群落的物种丰富度、多样性指数和均匀度指数变化趋势较为一致。本研究对不同芳香植物间作区梨园中主要害虫和天敌个体数的时序变化进行分析,认为芳香植物间作区主要害虫个体数量明显低于自然生草区和清耕对照区,而不同间作区天敌亚群落个体数差异不大(图 2)。节肢动物总群落个体数时序和害虫亚群落时序特征基本一致(图 1T,图 1P),与前人^[25-26]的研究结果较为一致。

韩宝瑜^[27]等对不同品种的茶园节肢动物群落进行研究,认为茶园节肢动物群落可划分为 3 个时期,即增长期、繁荣期和降落期。高飞^[28]、刘长仲^[29]等对不同间作系统节肢动物群落组成与时序动态进行研究,均认为节肢动物群落时序可明显划分为 4 个阶段。本研究依据最优分割(表 2、表 3)和聚类结果(图 3、图 4),将梨园芳香植物间作区节肢动物群落和害虫亚群落分为 5 个时期,即发展初期、发展期、稳定期、波动期和衰退期。节肢动物群落时序特点与梨树物候期紧密相关。在 5 月中下旬间作芳香植物对节肢动物群落的调节作用明显,芳香植物间作区节肢动物群落波动减弱且波动期短。波动期的出现和卢申^[30]对油菜田节肢动物群落的研究蚜虫大发生阶段结果相似,这一时期对梨园节肢动物群落的调控是梨园生态调控的重要内容,该时期也是梨园管理的关键时期。

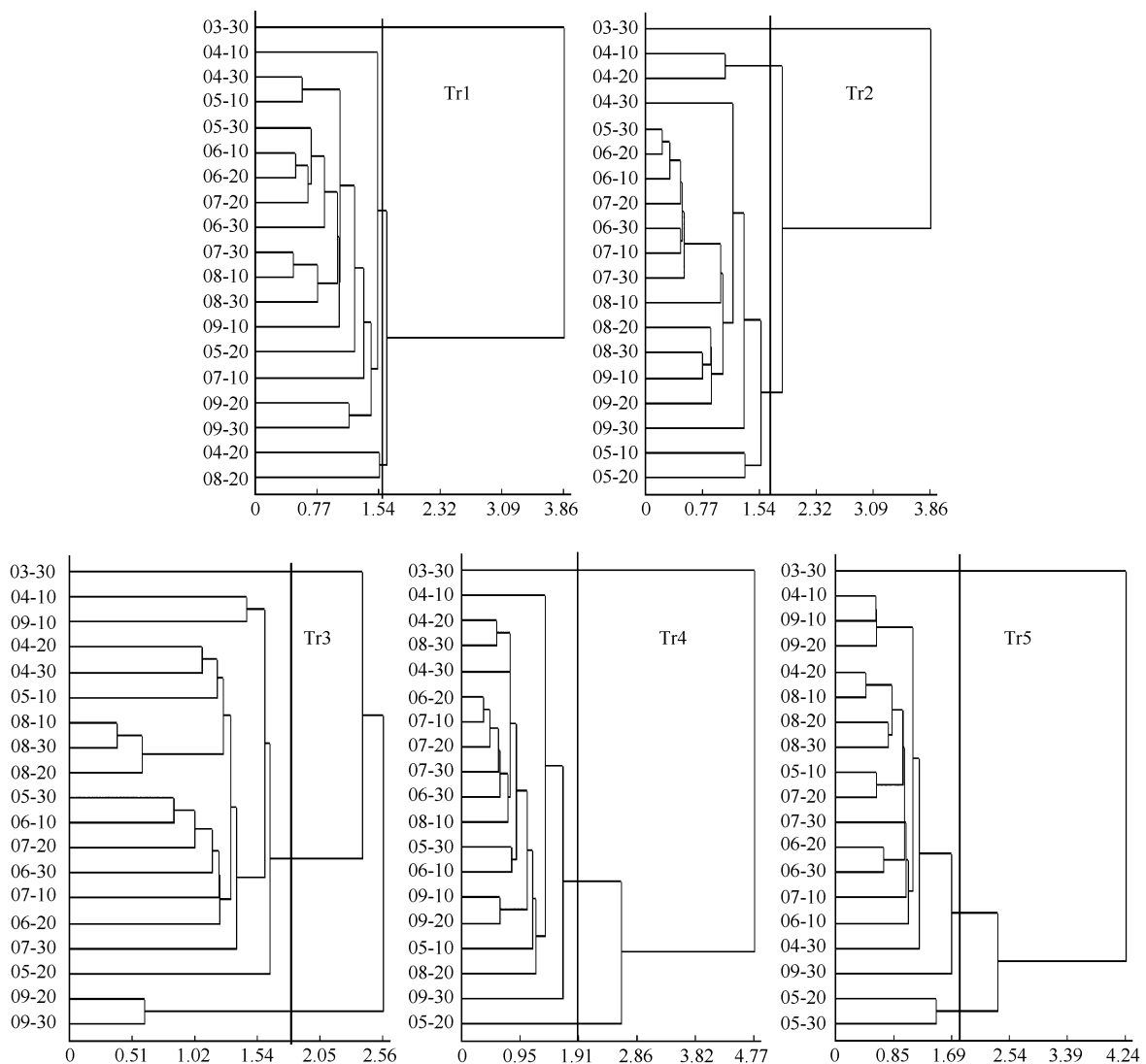


图 3 芳香植物间作区梨园节肢动物总群落时间聚类图

Fig. 3 Seasonal clustering analyses of arthropod community in the different treatments of intercropping aromatic plants in pear orchard

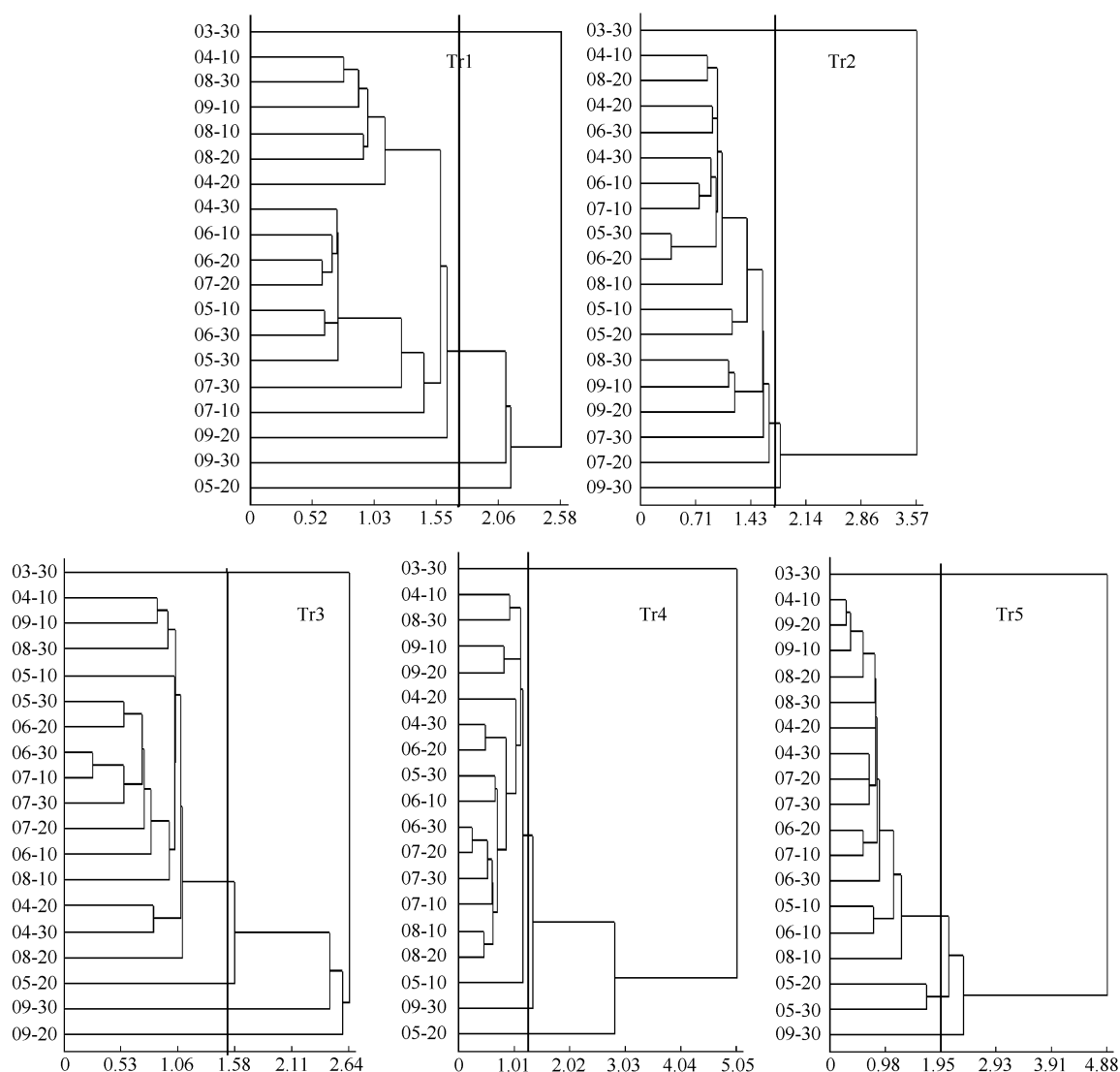


图4 芳香植物间作区梨园节肢动物害虫亚群落时间聚类图

Fig.4 Seasonal clustering analyses of arthropod pest sub-community in the different treatments of intercropping aromatic plants in pear orchard

梨园生态体系中天敌亚群落和害虫亚群落在年周期中各时段上的变化特征及相互关系是生物调节的主要依据。王香萍^[31]对高山地区甘蓝田节肢动物群落特征的研究发现害虫和天敌发生时间格局不同,分别可划为4个和3个类型,并认为天敌亚群落可能具有更高的适应能力和自我调控能力。师光禄^[32]研究认为间作不同牧草品种的枣林捕食性节肢动物群落平均密度差异显著,紫花苜蓿等牧草可为捕食性节肢动物提供蜜源。本研究结果表明:节肢动物天敌亚群落在时序上可分为3个时期,即发展期,稳定期和衰退期(表4、图5)。但天敌亚群落稳定期的高峰期在时序上晚于害虫亚群落高峰期(图1P、图1E),这可能是导致了总群落和害虫亚群落在稳定期中出现了波动,而这一波动主要是害虫亚群落中的一些优势种类如中国梨木虱、绣线菊蚜、梨二叉蚜发生高峰所致(图2)。因此,通过促进间作区芳香植物的生长或增加害虫优势种的天敌等生物调控策略,可有效改善该时期害虫亚群落中的组成、结构,甚至对节肢动物群落整个时序特征产生较大影响,对促进梨园生态系统稳定性起到关键作用。

表 4 芳香植物间作区梨园节肢动物天敌亚群落群落最优分割

Table 4 Result of optimization cut apart to time change of natural enemy sub-community in the treatments of intercropping aromatic plants in pear orchard

处理 Treatments	分类类别 Classification level	误差函数 Stage general variance	最优分割* Result of optimization cut apart	处理 Treatments	分类类别 Classification level	误差函数 Stage general variance	最优分割* Result of optimization cut apart
Tr1	2	33.05407	1-6,7-19	Tr2	2	23.70706	1-6,7-19
	3	26.06254	1-6,7-14,15-19		3	17.03089	1-7,8-13,14-19
Tr3	2	18.37088	1-6,7-19	Tr4	2	30.98960	1-7,8-19
	3	14.62800	1-7,8-14,15-19		3	23.01312	1-7,8-14,15-19
Tr5	2	32.42823	1-14,15-19				
	3	22.94129	1-9,10-13,14-19				

* 时间:1: 03-30,2: 04-10,3: 04-20,4: 04-30,5: 05-10,6: 05-20,7: 05-30,8: 06-10,9: 06-20,10: 06-30,11: 07-10 12: 07-20,13: 07-30,14: 08-10,15: 08-20,16: 08-30,17: 09-10,18: 09-20,19: 09-30

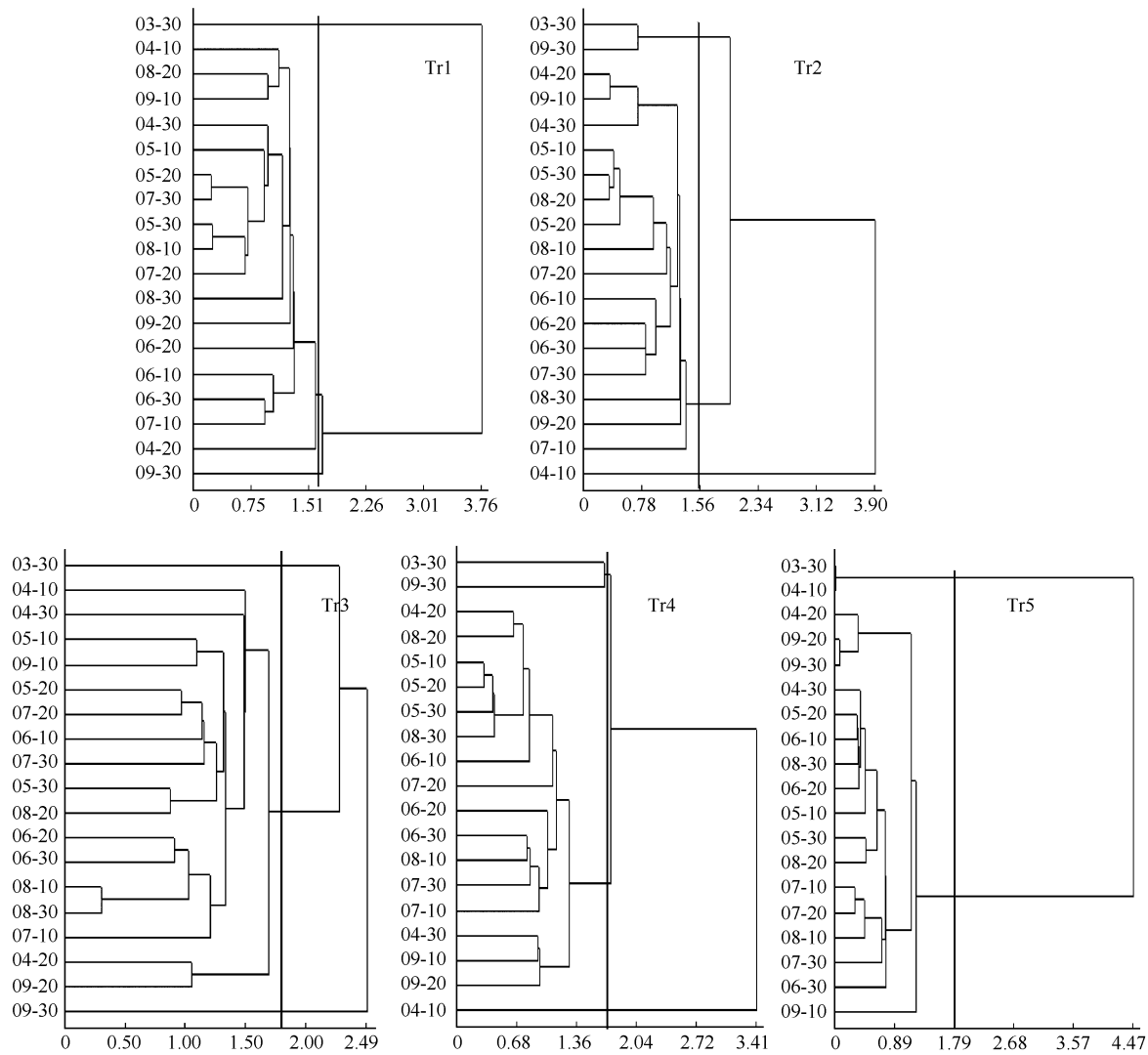


图 5 芳香植物间作区梨园节肢动物天敌亚群落时间聚类图

Fig. 5 Seasonal clustering analyses of arthropod natural enemy sub-community in the different treatments of intercropping aromatic plants in pear orchard

综上所述,梨园间作芳香植物改变了梨园节肢动物群落、害虫亚群落及其优势种类在年周期主要时段上的数量、组成、多样性的时序特征;改变了天敌亚群落及其优势种类在发展期—稳定期的个体数量及多样性特征。这对于梨园害虫亚群落的调控和节肢动物群落的稳定具有积极的意义。

References:

- [1] Bi S D, Liu L, Gao C Q, Zou Y D, Cao C W, Ding C C, Li C G, Meng Q L. Arthropod community structure and its fuzzy clustering analysis in jujube orchard. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16(10): 1893-1897.
- [2] Liang Z N, Zhang Y Q. Spatial and temporal structures of arthropod community in longan orchard. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(4): 1542-1549.
- [3] Zou Y D, Ding C C, Bi S D, Gao C Q, Cao C W, Liu X L, Meng Q L, Li C G. Cluster analysis on the temporal dynamics of arthropod community in a plum orchard. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16(4): 631-636.
- [4] Greg S, Brian W W, Allen E P, David M K, Jeffrey W M, James L E, Edward J H. Biological consequences of invasion by reed canary grass (*Phalaris arundinacea*). *Biol Invasions*, 2009, 8: 15-30.
- [5] Nicole J B, Linda J T, Peter M R, Peter C, Ary A H. Cover crops in Victorian apple orchards: Effects on production, natural enemies and pests across a season. *Crop Protection*, 2009, 28: 675-683.
- [6] Shi G L, Cao H, Ge F, Xia N B, Li Z Y. The dynamics of diversity and the composition of nutrient classes and dominant guilds of arthropod community in different intercropping and managing jujube yard ecosystems. *Scientia Silvae Sinicae*, 2002, 38(6): 79-86.
- [7] Shi G L, Xi Y B, Wang H X, Li J, Zhao F. The diversity of biomass of arthropod community in jujube yard ecosystems. *Scientia Silvae Sinicae*, 2004, 40(2): 107-112.
- [8] Shi S L, Chang B S, Huang M J, Liu S Q, Miao Z W, Cao H, Zhao L L, Li D K. The structure and seasonal dynamics of nutritional classes and dominant functional guilds of arthropod community at jujube fields intercropped with herbage. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(2): 399-409.
- [9] Zhang J G, Xue J B, Shi G L, Cao H, Xiao L J. Structure and dynamics of arthropod community in different intercropped and managed jujube yard ecosystems. *Journal of Shanxi Agricultural University*, 2004, (2): 176-182.
- [10] Zou Y D, Li L, Zhang B W, Bi S D, Lou Z, Ding C C, Gao C Q, Li C G. Clustering analysis and optimal cut-apart of arthropod community in megranate orchard. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(8): 1435-1439.
- [11] Zhou X Z, Zou Y D, Bi S D, Yin Z B, Zhang B W, Li L, Gao C Q, Ding C C. Seasonal dynamics of arthropod community diversity, evenness and relative stability in peach orchards. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(8): 1427-1430.
- [12] Bi S D, Zhou X Z, Li L, Ding C C, Gao C Q, Zou Y D. Seasonal dynamics of the relative abundance of arthropod communities in peach orchards. *Chinese Journal of Ecology*, 2003, 22(6): 113-116.
- [13] Wei W, Kong Y, Zhang Y P, Wang M M, Li Z R, Yao Y C. The interaction among *Psylla chinensis* and natural enemies in the different aromatic plants intercropping plots of pear orchard. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(8): 2063-2074.
- [14] Song B Z, Wang M C, Kong Y, Yao Y C, Wu H Y, Hu J H, Qi L P, Bi N N. The structure characteristics of arthropod community in the different aromatic plants intercropping plots in pear orchard. *Scientia Agricultura Sinica*, 2010, 43(4): 769-779.
- [15] Hu J H, Wang M C, Kong Y, Yao Y C, Wei W, Song B Z, Li Z R. The dynamic response of arthropod community diversity to the treatments of intercropping aromatic plants in pear orchard. *Scientia Agricultura Sinica*, 2010, 43(5): 1007-1016.
- [16] Winson T S, Liang G W. The impact of different management methods on arthropod community in litchi orchards. *Journal of Environmental Entomology*, 2008, 30(1): 18-23.
- [17] Shi G L, Zhao L L, Miao Z W, Liu S Q, Cao H, Shi Y L, Bruce P. The structure and dynamics of pest insect communities in jujube sites of different intercropped systems. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(9): 2263-2271.
- [18] Tang Q Y, Feng M G. DPS Data Processing System-experimental Design, Statistical Analysis and Data Mining. Beijing: Science Press, 2007.
- [19] Biodiversity Committee of Chinese Academy of Sciences. Biodiversity Studies Series No. 1 Principles and Methodologies of Biodiversity Studies. Beijing: China Science and Technology Press, 1994.
- [20] Smyth R R, Hoffmann M P, Shelton A M. Effects of host plant phenology on oviposition preference of *Crociodolomia pavonana* (Lepidoptera: Pyralidae). *Environmental Entomology*, 2003, 32(4): 756-764.
- [21] Barry J R, Rolf G O. The diversity of Linnaean communities: a way of detecting invertebrate groups at risk of extinction. *Journal of Insect Conserve*, 2007, 11: 287-297. DOI: 10.1007/s10841-006-9044-7.
- [22] Chen Y G, Xiong J J, Huang M D, Gu D J. Diversity and stability of arthropod assemblage in tea orchard. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(5): 875-878.
- [23] Pielou E C. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 1966, 13: 131-144.
- [24] Simpson E H. Measurement of diversity. *Nature*, 1949, 163-688.
- [25] Ding R X, Wang X L, Xu Y, Li H B, Wang F, Wang D, Sun S L. The effect of honey plants on arthropod community in apricot and wheat intercropping orchard. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2008, 45(5): 960-963.
- [26] Ren S. Research on the seasonal dynamics of arthropod community on chestnut canopy. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2009, 37(17):

8014-8016,8056.

- [27] Han B Y, Cui L. Structure and diversity of arthropod communities on 8 tea varieties and their differences. *Entomological Journal of East China*, 1999,8(1): 70-75.
- [28] Gao F, Zhou G N, Yuan S L, Gao B J. Arthropod communities in jujube-grain intercropping system: Composition and time series dynamics. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2008, 19 (12): 2723-2730.
- [29] Liu C Z, Wang W X, Wu X G, Shang J W. Temporal pattern of arthropod community on cultivated alfalfa grassland. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002,13(8):990-992.
- [30] Lu S, Jiang W J, Li G T, Huang Q H, Tian Y L, Wang B B. Structure of arthropod community in rape fields and its fuzzy cluster analysis. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2008, 24(11):365-370.
- [31] Wang X P, Zhang Z N. Characteristics of arthropod community in alpine cabbage fields. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2007,18(1): 224-228.
- [32] Shi G L, Wang Y N, Miao Z W, Li D K, Zhang T Q, Yu T Q, Ji Q L, Dong H. Community structure and its dynamics of predatory arthropod in jujube orchards intercropped with different herbage species. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006,17(11): 2088-2092.

参考文献:

- [1] 毕守东, 刘丽, 高彩球, 邹运鼎, 曹传旺, 丁程成, 李昌根, 孟庆雷. 枣园节肢动物群落结构及其模糊聚类分析. *应用生态学报*, 2005,16(10):1893-1897.
- [2] 梁子宁, 张永强. 龙眼园节肢动物群落结构及其时空格局. *生态学报*, 2007,27(4):1542-1549.
- [3] 邹运鼎, 丁程成, 毕守东, 高彩球, 曹传旺, 刘小林, 孟庆雷, 李昌根. 李园节肢动物群落时间动态的聚类分析. *应用生态学报*, 2005,16(4):631-636.
- [6] 师光禄, 曹挥, 戈峰, 夏乃斌, 李镇宇. 不同类型枣园节肢动物群落营养层及优势功能集团的组成与多样性时序动态. *林业科学*, 2002, 38(6):79-86.
- [7] 师光禄, 席银宝, 王海香, 李捷, 赵飞. 枣园节肢动物群落的数量与生物量多样性特征分析. *林业科学*, 2004,40(2):107-112.
- [8] 师光禄, 常宝山, 黄敏佳, 刘素琪, 苗振旺, 曹挥, 赵莉茵, 李登科. 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.
- [9] 张久刚, 薛建兵, 师光禄, 曹挥, 肖璐洁. 复合生态枣园节肢动物群落结构与动态的研究. *山西农业大学学报*, 2004,(2):176-182.
- [10] 邹运鼎, 李磊, 章炳旺, 毕守东, 姜志, 丁程成, 高彩球, 李昌根. 石榴园节肢动物群落的聚类分析及最优分割研究. *应用生态学报*, 2004,15(8):1435-1439.
- [11] 周夏芝, 邹运鼎, 毕守东, 音正兵, 章炳旺, 李磊, 高彩球, 丁程成. 桃园节肢动物群落的多样性、均匀度和相对稳定性季节动态. *应用生态学报*, 2004,15(8):1427-1430.
- [12] 毕守东, 周夏芝, 李磊, 丁程成, 高彩球, 邹运鼎. 桃园节肢动物群落相对丰度的季节动态研究. *生态学杂志*, 2003,22(6): 113-116.
- [13] 魏巍, 孔云, 张玉萍, 王美超, 李振茹, 姚允聪. 梨园芳香植物间作区中国梨木虱与其天敌的相互作用. *生态学报*, 2010,30(8): 2063-2074.
- [14] 宋备舟, 王美超, 孔云, 姚允聪, 吴红英, 胡竞辉, 亓丽萍, 毕宁宁. 梨园芳香植物间作区节肢动物群落的结构特征. *中国农业科学*, 2010,43(4):769-779.
- [15] 胡竞辉, 王美超, 孔云, 姚允聪, 魏巍, 宋备舟, 李振茹. 梨园芳香植物间作区节肢动物群落多样性时序特征. *中国农业科学*, 2010,43(5):1007-1016.
- [16] 曾赞安, 梁广文. 不同管理方式下荔枝园节肢动物群落的调查. *环境昆虫学报*. 2008,30(1): 18-23.
- [18] 唐启义, 冯明光. DPS 数据处理系统实验设计、统计分析及数据挖掘. 北京:科学出版社,2007.
- [19] 中国科学院生物多样性委员会. 生物多样性研究系列专著 1 生物多样性研究的原理与方法. 北京:中国科学技术出版社,1994.
- [22] 陈亦根, 熊锦君, 黄明度, 高德就. 茶园节肢动物类群多样性和稳定性研究. *应用生态学报*, 2004,15(5): 875-878.
- [25] 丁瑞丰, 王小丽, 徐遥, 李号宾, 汪飞, 王东, 孙世龙. 套种蜜源植物对杏-麦间作果园节肢动物群落的影响. *新疆农业科学*, 2008,45(5):960-963.
- [26] 任爽. 板栗树冠节肢动物群落季节动态研究. *安徽农业科学*, 2009,37(17):8014-8016,8056.
- [27] 韩宝瑜, 崔林. 8 个茶树品种上节肢动物群落结构、多样性及差异. *华东昆虫学报*, 1999,8(1):70-75.
- [28] 高飞, 周国娜, 袁胜利, 高宝嘉. 枣粮间作系统节肢动物群落组成与时序动态. *应用生态学报*, 2008,19(12): 2723-2730.
- [29] 刘长仲, 王万雄, 吴小刚, 尚进文. 苜蓿人工草地节肢动物群落的时间格局. *应用生态学报*, 2002,13(8):990-992.
- [30] 卢申, 江文娟, 李桂亭, 黄庆华, 田玉龙, 王蓓蓓. 油菜田节肢动物群落结构及其模糊聚类分析. *中国农学通报*, 2008, 24(11):365-370.
- [31] 王香萍, 张钟宇. 高山地区甘蓝田节肢动物群落特征. *应用生态学报*, 2007,18(1): 224-228.
- [32] 师光禄, 王有年, 苗振旺, 李登科, 张铁强, 于同泉, 姬谦龙, 董会. 间种牧草枣林捕食性节肢动物群落结构的动态. *应用生态学报*, 2006,17(11):2088-2092.