

李东育, 陈晓露, 韩大勇, 等. 不同管理模式苹果园昆虫群落物种组成及其多样性[ J ]. 江苏农业学报, 2021, 37( 3 ): 589-596.  
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2021.03.006

## 不同管理模式苹果园昆虫群落物种组成及其多样性

李东育<sup>1</sup>, 陈晓露<sup>1</sup>, 韩大勇<sup>1</sup>, 刘 贝<sup>2</sup>, 崔 东<sup>1</sup>

(1. 伊犁师范大学生物与地理科学学院, 新疆 伊宁 835000; 2. 新疆维吾尔自治区伊犁州农业农村局, 新疆 伊宁 835000)

**摘要:** 旨在研究 3 种不同管理模式不同苹果园[ 荒弃 2 年的人工果园( AM)、传统管理的人工果园( TM) 和林下种植绿肥作物的有机果园( OM) ] 的昆虫群落组成及多样性特征, 探究管理模式对苹果园昆虫群落结构及多样性的影响。共采集标本 18 931 个, 其中昆虫纲标本 16 500 个、蛛形纲标本 2 431 个, 隶属于 13 个目、57 个科、102 个种。在 3 种不同管理模式, 人工管理果园( TM、OM) 的昆虫群落结构较为相似, 荒弃 2 年的果园( AM) 与其差异较大; AM 模式的昆虫数量( 10 667 头) 和物种数量( 102 种) 最多, OM 模式的物种丰富度指数( 1.60)、均匀性指数( 0.77)、天敌昆虫( 含捕食性昆虫和寄生性昆虫) 比例( 20.96%) 和昆虫群落的稳定性指数  $I_2$ ( 0.03) 均最高。苹果绵蚜、始红蜡等植食性昆虫对管理模式变化的反应最敏感, 主要分布于荒弃果园; 小黄家蚁、草间小黑蛛等对管理模式变化的反应敏感程度最低, 在 AM、TM、OM 3 种管理模式个体数量的变化相对较稳定。综上, 人工管理在一定程度上降低了果园昆虫个体数量和物种数量, 提高了群落的物种多样性和稳定性, 林下种植绿肥作物的有机管理模式最符合现代化果园管理的发展要求。

**关键词:** 苹果园; 管理模式; 昆虫群落; 多样性

**中图分类号:** Q968

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-4440( 2021) 03-0589-08

## Species composition and diversity of insect community in apple orchards with different management modes

LI Dong-yu<sup>1</sup>, CHEN Xiao-lu<sup>1</sup>, HAN Da-yong<sup>1</sup>, LIU Bei<sup>2</sup>, CUI Dong<sup>1</sup>

(1. College of Biological and Geographical Sciences, Yili Normal University, Yining 835000, China; 2. Yili Agricultural and Rural Bureau of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Yining 835000, China)

**Abstract:** The aim of this research is to study the insect community composition and diversity characteristics of different apple orchards ( artificial orchard abandoned for two years, AM; traditional artificial orchard, TM; organic orchard with understory green manure crops, OM) under three different management modes and to explore the impact of management modes on the structure and diversity of the insect community in apple orchards of the Yili River Valley. A total of 18 931 specimens were collected, among them, 16 500 were Insecta specimens and 2 431 were Arachnid specimens, belonging to 102 species, 57 families and 13 orders. Under three different management modes, the insect community structures in artificial managed orchards ( TM and OM) were similar, and were different from the orchard abandoned for two years ( AM). The

number of insect individuals ( 10 667) and species number ( 102) under AM mode were the highest, while the species richness ( 1.60), evenness index ( 0.77), proportion ( 20.96%) of natural enemy insects ( contain predatory insects and parasitic insects) and stability index of insect community  $I_2$ ( 0.03) under OM mode were all the highest. Phytophagous insects such as *Eriosoma lanigerum* and *Pyr-rhocoris apterus* were the most sensitive in responses to the

收稿日期: 2020-09-30

基金项目: 伊犁师范大学植物生态学重点学科资助项目( YLUPE2-020001)

作者简介: 李东育( 1986-), 男, 山东临沂人, 硕士, 农艺师, 主要研究方向为害虫综合治理及昆虫生态学。( E-mail) lisanwei@126.com

通讯作者: 崔 东, ( E-mail) cuidongw@126.com

change of management modes, which were mainly distributed in abandoned orchards. The response sensitivity of *Monomorium pharaonis* and *Hylyphantes graminicola* to the change of management modes was the lowest, and the individual number was relatively stable under AM, TM and OM management modes. In summary, artificial management reduced the number of insect individuals and species in the orchard to some extent, and improved the species diversity and stability of the community. The organic management mode of planting green manure crops under the forest was the most suitable for the development of modern orchard management.

**Key words:** apple orchard; management mode; insect community; diversity

生物多样性是生态系统的基础<sup>[1]</sup>,昆虫是生态系统中一个庞大的类群,其对生存环境变化的反应敏感,具有广谱的生物地理学和生态学探针功能<sup>[2]</sup>。研究昆虫多样性,对于生态系统稳定性、资源环境保护、农林业生产和天敌利用保护等有积极的意义<sup>[3-5]</sup>。当前,在对林果业病虫害的防治方面,喷施化学药剂仍然是国内外采用的主要手段,而滥施高毒高残留化学农药,不仅严重威胁人们的健康和生命,也对生态环境造成了巨大污染和破坏<sup>[6-7]</sup>。随着人们对食品安全的重视,农药产生的“3R”问题(害虫抗药性、再猖獗和农药残留)和无公害绿色农产品成为人们热议的焦点<sup>[8-9]</sup>,生态治理也成为近年来科研工作者研究的热门话题,而保护和利用物种多样性是开展生态治理的前提<sup>[10]</sup>。

国内外很多研究者将昆虫群落多样性与区域性昆虫群落组成、昆虫功能团、昆虫群落稳定性等联系起来进行研究,在探讨生物多样性的理论意义方面取得了重要进展<sup>[11]</sup>,为生态监测和害虫生态治理提供了基础。中国在昆虫生态学研究方面的起步相对较晚,在认识到昆虫物种多样性的意义后,中国各地区均对昆虫多样性进行了广泛研究<sup>[12-14]</sup>。目前,在中国关于昆虫群落多样性的研究中,分析得较多、较透的是关于生态保护区、湿地、草原等生境,主要围绕昆虫群落多样性与环境或生境变化之间的关系进

行分析<sup>[15-17]</sup>,而将昆虫生物多样性与生产实践相结合的研究相对较少,已有的研究仅有黄衍章<sup>[18]</sup>报道的常规管理和无公害管理荔枝果园昆虫功能团组成特征,陈飞龙等<sup>[19]</sup>报道的荒废野生的山核桃(*Carya cathayensis*)林、林下种植其他植物的山核桃林、用传统方式经营的山核桃林和参照有机化管理的山核桃林的昆虫群落结构,针对不同管理模式苹果园昆虫群落组成和多样性特征报道尚少见。

本研究从昆虫多样性保护和利用角度出发,分析不同管理模式对苹果园昆虫群落组成及多样性的影响,以期农业生态平衡和生物多样性保护与利用提供基础资料,为现代化果园管理模式发展提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

研究区位于新疆天山北支和南支之间的伊犁河谷中部,属于蒙新干旱、半干旱区域河谷类型,具有非常典型的地形降水特点,且降雨量在西北干旱区比较突出,是中国 5 个具有陆地生物多样性的关键地区之一<sup>[20]</sup>。河谷各类果树总种植面积约为  $4.60 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,其中苹果的种植面积约为  $1.62 \times 10^4 \text{ hm}^2$ <sup>[21]</sup>。表 1 为本试验选择的 3 种不同管理模式的苹果园概况,单个果园面积均大于  $1.33 \text{ hm}^2$ ,平均树龄为 15~20 年。

表 1 不同管理模式下的苹果园概况

Table 1 General situation of apple orchards under different management modes

模式代号	果园类别	地点	生境概况
AM(Abandoned mode)	荒弃 2 年的人工果园	克乡团结村	果园常年处于无人管理状态,林下杂草数量、种类较多,植被覆盖度大于 90%,未进行施肥或病虫害防治
TM(Traditional mode)	传统管理模式的人工果园	伊宁市园艺场	果园有人管理,生产季节多次进行病虫害防治,以化学防治为主。植被覆盖度约为 30%,以杂草为主
OM(Organic mode)	种有绿肥作物的有机果园	伊犁州农业科学研究所	果园有人管理,病虫害防治以非化学防治为主,林下植被覆盖度约为 80%,以绿肥作物苜蓿、黑麦草和橡胶草为主,有少量杂草

在 OM 果园中,苜蓿、黑麦草和橡胶草为隔行间作,无独立成块样方。

## 1.2 试验方法

分别在3个研究地中随机选取生境相似的5个样方,每个样方面积为20 m<sup>2</sup>。通过扫网法、陷阱法和直接观察法对试验区内的昆虫资源进行调查。扫网法:用80目网眼的捕虫网(直径为0.40 m,网袋长1.08 m,手柄长1.50 m)在各个样点内随机扫20网(180°水平扫网,1个来回记作1网)。陷阱法:地表昆虫采用陷阱捕捉,在每个样方处随机用外口径0.10 m、高0.17 m的无色透明涤纶树脂(PET)杯布置陷阱。直接观察法:在扫网采集昆虫时,同组其他成员用眼睛直接观察并记录样点上方出现的昆虫种类和数量。果树冠层昆虫采集方法:每株树分东、西、南、北4个方位,每个方位随机选取中下部一个枝条上的3张叶片,连同枝条一起带回室内进行分类鉴定。

每隔20 d采样1次,遇到雨天顺延,调查时间为2019年5–10月,全年共调查9次。将采集到的蝶类、蜻蜓等昆虫放入三角纸袋中,其他昆虫经毒瓶处理后放入已做好标记的昆虫采集瓶中,带回实验室后进行分类鉴定和标本制作<sup>[22]</sup>,在制作蝶类、蜻蜓等标本时需将其翅膀展开。

## 1.3 数据处理

1.3.1 多样性指数特征 采用香农-维纳多样性指数( $H'$ ),计算公式如下: $H' = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$ ,式中, $P_i$ 为第*i*物种个体数量占群落总个体数量的比例; $S$ 为群落中的物种数量<sup>[23]</sup>。

物种均匀性指数( $J$ )的计算公式如下: $J = H' / \ln S$ 。式中, $H'$ 为香农-维纳多样性指数, $S$ 为群落中的物种数量<sup>[24]</sup>。

辛普森优势集中性指数( $C$ )的计算公式如下: $C = -\sum_{i=1}^S (P_i^2)^{[25]}$ 。

Margalef's 丰富度指数( $E$ )的计算公式如下: $E = (S-1) / \ln N$ 。式中, $S$ 为该群落中的物种数量, $N$ 为该群落中所有物种的个体数量<sup>[26]</sup>。

1.3.2 群落相对稳定性指数( $I_1$ 、 $I_2$ ) 计算公式如下: $I_1 = S_n / S_p$ 。式中, $S_n$ 、 $S_p$ 分别为天敌类昆虫物种数量、害虫类昆虫物种数量。 $I_2 = S / N$ 。式中, $S$ 、 $N$ 分别为群落中的物种数量、昆虫个体数量。

1.3.3 昆虫群落优势类群判定依据 优势类群对应的某类昆虫的个体数量占比>10%;常见类群对应的某类昆虫的个体数量占比为1%~10%;稀有类群

对应的某类昆虫的个体数量占比<1%<sup>[27]</sup>。

1.3.4 昆虫物种组成的变化情况 采用主成分分析(PCA)法研究3种管理模式苹果园昆虫物种组成的变化情况<sup>[28]</sup>。在进行主成分分析前,剔除群落中的稀有物种,最终纳入PCA的物种有57种,样方数量为15个。由于本研究中不同种类昆虫个体的数量差异较大,因而对昆虫的统计数据进行Hellinger转换以满足正态分布要求。主成分的选取原则是累计贡献率大于80%,用累计贡献率较高的前2个主成分作排序图,分析物种组成的变化。

1.3.5 昆虫群落组成的相似性 用系统聚类方法分析3种管理模式苹果园昆虫群落组成的相似性,聚类统计量选择欧氏距离,类间距离的测度方法采用最长距离法<sup>[28]</sup>。

主成分分析和聚类分析采用R语言vegan程序包、gclus程序包,所有计算结果均保留至小数点后2位。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同管理模式下的昆虫群落结构及组成

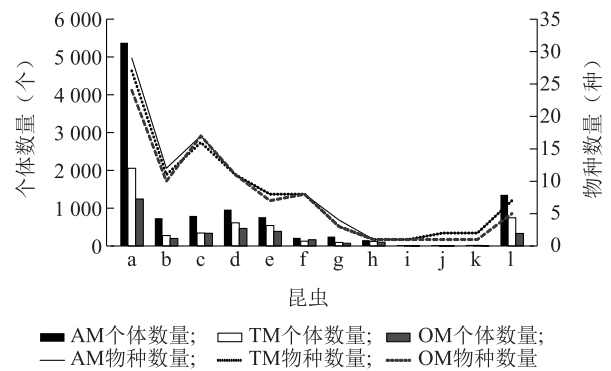
本研究共采集到标本18 931个,其中昆虫纲标本16 500个,另有蛛形纲(蜱螨目、蜘蛛目)标本2 431个(主要为果园害虫叶螨类、天敌蜘蛛)。为了方便统计描述,暂将蛛形纲标本列入昆虫标本进行统计,共有13个目、57个科、102种昆虫标本。

由图1、表2可以看出,物种数量、个体数量大致表现为AM>TM>OM,且不同管理模式对苹果园昆虫群落组成有影响。根据表2中相对多度统计结果和优势类群的确定依据,在3种管理模式,稀有昆虫类群相同,而在优势昆虫类群上有所差异,其中AM管理模式下的昆虫优势类群为半翅目、蛛形纲昆虫,TM管理模式下的优势昆虫类群为半翅目、双翅目、膜翅目、蛛形纲昆虫,OM管理模式下的优势昆虫类群为半翅目、鞘翅目、双翅目、膜翅目昆虫。在优势昆虫类群中,半翅目均以同翅亚目的蚜科、蚧科、异翅亚目的蝽科昆虫为主,其中在AM模式下较为突出;双翅目以蝇科昆虫为主;膜翅目以蜜蜂科、蚁科昆虫为主;真螨目以叶螨科昆虫为主。

### 2.2 不同管理模式下昆虫群落的多样性特征指数

如表3所示,在昆虫物种数量、个体数量方面,AM>TM>OM;某群落的优势集中性指数越高,表明该群落中物种的分布越不均匀,3种管理模式下的

均匀度指数排序为 $OM>TM>AM$ ,表明在无人管理的荒弃果园中,物种的均匀性最差,主要由于 AM 模式下的果园在从原来人工管理状态到无人管理状态的转变中,荒弃 2 年果园内蚜虫、蚧壳虫、蜡科害虫及害螨等优势害虫暴发且得不到人工抑制,挤压了群落内其他物种的生存空间;从表 3 中的 Margalef's 丰富度指数看出, $OM>TM>AM$ ,且 AM 样地的 Margalef's 丰富度指数与其他 2 个样地间有显著差异, TM 与 OM 样地之间的 Margalef's 丰富度指数无显著差异。香农-维纳多样性指数从大到小排序为 $OM>TM>AM$ 。虽然 AM 样地的物种数量、个体数量最多,但是其群落中物种个体分布的均匀度极差,导致其 Margalef's 丰富度指数、香农-维纳多样性指数最低。



a: 半翅目; b: 鳞翅目; c: 鞘翅目; d: 双翅目; e: 膜翅目; f: 直翅目; g: 脉翅目; h: 缨翅目; i: 革翅目; j: 蜻蜓目; k: 螳螂目; l: 蛛形纲。管理模式 AM、TM、OM 见表 1。

图 1 不同管理模式苹果园的昆虫个体数量和物种数量

Fig.1 Number of individual and species of insects in apple orchard under different management modes

表 2 不同管理模式苹果园的昆虫群落多样性组成

Table 2 Composition of insect community diversity in apple orchard under different management modes

昆虫	物种数量(种)			个体数量(个)			相对多度		
	AM	TM	OM	AM	TM	OM	AM	TM	OM
半翅目	29	27	24	5 378	2 055	1 244	50.42	41.45	37.63
鳞翅目	12	11	10	732	278	196	6.86	5.61	5.93
鞘翅目	17	16	17	793	345	336	7.43	6.96	10.16
双翅目	11	11	11	961	614	466	9.01	12.38	14.10
膜翅目	8	8	7	761	541	385	7.13	10.91	11.65
直翅目	8	8	8	214	128	163	2.01	2.58	4.93
脉翅目	4	3	3	247	96	69	2.32	1.94	2.09
缨翅目	1	1	1	153	123	100	1.43	2.48	3.02
革翅目	1	1	1	24	10	5	0.22	0.20	0.15
蜻蜓目	2	2	1	23	8	5	0.22	0.16	0.15
螳螂目	2	2	1	25	14	8	0.23	0.28	0.24
蛛形纲	7	7	5	1 356	746	329	12.71	15.05	9.95
合计	102	97	89	10 667	4 958	3 306	100.00	100.00	100.00

管理模式 AM、TM、OM 见表 1。

表 3 不同管理模式昆虫群落特征值

Table 3 Characteristic values of insect communities under different management modes

管理模式	物种数量(种)	个体数量(头)	辛普森优势集中性指数( $C$ )	香农-维纳多样性指数( $H'$ )	Margalef's 丰富度指数( $E$ )	均匀度指数( $J$ )
AM	102	10 667	$0.30\pm 0.01a$	$1.65\pm 0.02b$	$1.44\pm 0.00b$	$0.67\pm 0.01c$
TM	97	4 958	$0.23\pm 0.01b$	$1.80\pm 0.03a$	$1.59\pm 0.01a$	$0.72\pm 0.01b$
OM	89	3 306	$0.20\pm 0.01c$	$1.87\pm 0.02a$	$1.60\pm 0.04a$	$0.77\pm 0.01a$

管理模式 AM、TM、OM 见表 1。同列数据后标有不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。



### 2.3 不同管理模式苹果园昆虫群落功能团结构及稳定性

如表4所示,AM管理模式各类功能团的昆虫物种数量、个体数量均最高,TM管理模式各类功能团的昆虫物种数量、个体数量次之,OM管理模式各类功能团的昆虫物种数量、个体数量最少。植食性昆虫个体数量占比表现为AM(75.54%)>TM

(69.83%)>OM(62.58%),天敌昆虫(包括捕食性昆虫和寄生性昆虫)占比表现为OM(20.96%)>TM(15.89%)>AM(13.88%)。由昆虫群落相对稳定性指数 $I_1$ 看出,在AM管理模式,群落内部食物网的复杂程度最高;在OM管理模式,昆虫群落相对稳定性指数 $I_2$ 最高,表明其昆虫群落结构的稳定性比AM、TM管理模式高。

表4 不同管理模式苹果园昆虫群落功能团结构及稳定性

Table 4 Functional group structure and stability of insect community in apple orchard under different management modes

管理模式	植食性昆虫		捕食性昆虫		中性昆虫		寄生性昆虫		稳定性指数	
	物种数量 (个)	个体数量 (个)	物种数量 (个)	个体数量 (个)	物种数量 (个)	个体数量 (个)	物种数量 (个)	个体数量 (个)	$I_1$	$I_2$
AM	66	8 058	22	1 239	12	1 128	2	242	0.36	0.01
TM	63	3 462	20	615	12	708	2	173	0.35	0.02
OM	58	2 069	18	541	11	544	2	152	0.34	0.03

管理模式AM、TM、OM见表1。

图2的主成分分析结果显示,前2个主成分的累计贡献率为84.94%,其中第1个主成分的贡献率为68.97%,第2个主成分的贡献率为15.97%,以前2个主成分作为排序轴,对3种不同管理模式下的果园昆虫群落进行排序。第1主成分反映了昆虫物种数量对不同管理模式的敏感程度。图2左侧的物种斜纹虎甲(*Cylindera obliquefasciata*)、苹果绵蚜(*Eriosoma lanigerum*)、突笠杨盾蚧(*Quadraspidiotus gigas*)、始红蜡(*Pyrhocoris apterus*)等对管理模式的变化反应最敏感,主要分布于无人管理的荒弃果园;图2右侧的物种小黄家蚁(*Monomorium pharaonis*)、甘蓝蚜(*Brevicoryne brassicae*)、朝鲜球坚蚧(*Didesmococcus koreanus*)、草间小黑蛛(*Hylyphantes graminicola*)等对管理模式变化的反应敏感程度最低,在3种管理模式的果园中个体数量的变动相对比较稳定;位于图2排序轴(横轴为第一轴,纵轴为第二轴)中间位置的昆虫均为中度敏感型。

### 2.4 昆虫群落的相似性

在每种管理模式的果园随机选取生境相似的5个样方,荒弃无人管理果园的5个样方编号为AM1~AM5,传统管理模式的人工果园的5个样方编号为TM1~TM5,林下种草的有机管理模式的果园的5个样方编号为OM1~OM5。欧氏距离法的聚类分析结果表明,在3种经营模式下,果园的昆虫群落可分为3组,聚类结果良好,其中TM、OM模式果园的昆虫群落组成结构较为相似,而AM模式的昆虫群落与TM、

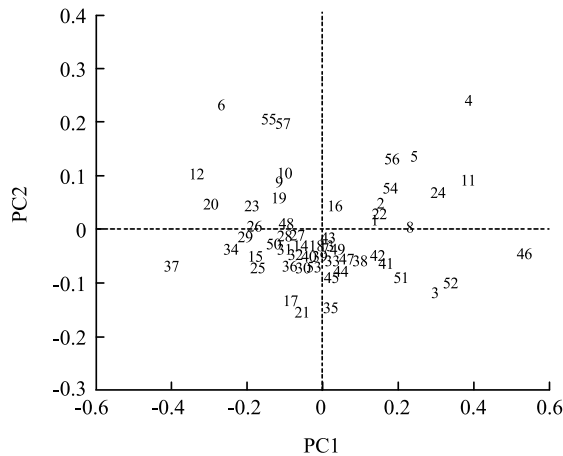
OM模式的相似度较低,群落结构差异较大(图3)。

### 2.5 昆虫群落多样性时序动态

如图4所示,在3种不同管理模式,伊犁河谷中部苹果园昆虫群落物种数量和个体数量的季节变化趋势大体一致,均在7月达到峰值,分析其原因,主要与7月的温度、湿度以及食物资源等因素较适合昆虫种群的繁衍有关。在物种数量和个体数量方面,AM模式的果园在6~9月一直处于较高水平,且变化趋势较为平缓,而有人管理的果园TM、OM模式下的物种数量和个体数量低于AM模式,且变化趋势比AM模式更频繁和剧烈。在多样性特征值( $H'$ 、 $J$ )方面,人工管理TM、OM模式果园的多样性特征值整体上高于AM模式果园,且随时间的变化趋势要比AM模式更频繁和剧烈,分析其原因,主要和3种管理模式果园的栽培管理措施、病虫害防治方法及防控程度等相关。

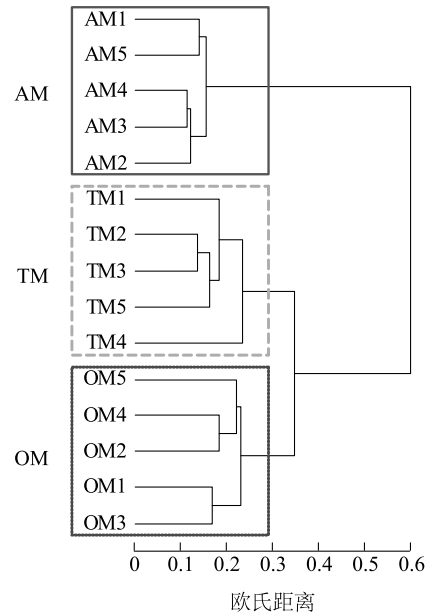
## 3 讨论

昆虫是生态系统的重要组成部分<sup>[29-31]</sup>,在与植被的长期进化过程中形成了协同进化关系,其群落结构和动态变化直接反映了植被演替过程中环境的稳定性和生态系统的健康状况,可以作为环境变化的重要指示因子<sup>[32]</sup>。池康等<sup>[33]</sup>在中国昆虫多样性的环境影响研究进展中提出,植被演化及人工干扰对昆虫多样性均有很大影响,其中人工干扰导致的植物区系种类结构的变化对昆虫种类变化具有显著影



PC1:主成分 1;PC2:主成分 2;1:白背飞虱(*Sogatella furcifera*);2:灰飞虱(*Laodelphax striatellus*);3:萝卜蚜(*Lipaphis erysimi*);4:甘蓝蚜(*Brevicoryne brassicae*);5:苹果黄蚜(*Aphis citricola*);6:苹果绵蚜(*Eriosoma lanigerum*);7:大青叶蝉(*Cicadella viridis*);8:榆叶蝉(*Empoasca bipunctata ulmicola*);9:中华象蜡蝉(*Dictyophara sinica*);10:榆牡蛎蚧(*Lepidosaphes ulmi*);11:朝鲜球坚蚧(*Didesmococcus koreanus*);12:突笠杨盾蚧(*Quadraspidiotus gigas*);13:麻皮蜡(*Erthesina fullo*);14:斑须蜡(*Dolycoris baccarum*);15:茶翅蜡(*Halyomorpha halys*);16:灰姬猎蜡(*Nabis palliferus* Hsiao);17:三点盲蜡(*Adelphocoris fasciaticollis*);18:苜蓿盲蜡(*Adelphocoris lineolatus*);19:牧草盲蜡(*Lygus pratensis*);20:始红蜡(*Pyrrhocoris apterus*);21:红足壮异蜡(*Urochela quadrinotata*);22:梨网蜡(*Monostira unicostata*) 小板网蜡;23:华姬蜡(*Nabis siniferus*);24:正瘤缘蜡(*Acanthocoris scaber*);25:棉铃虫(*Helicoverpa armigera*);26:甘蓝夜蛾(*Mamestra brassicae*);27:亚洲玉米螟(*Ostrinia furnacalis*);28:苹果蠹蛾(*Cydia pomonella*);29:梨小食心虫(*Grapholita molesta*);30:白粉蝶(*Pieris rapae*);31:黄粉蝶(*Eurema blanda*);32:大红蛱蝶(*Vanessa indica*);33:柳蓝叶甲(*Plagioderma versicolora*);34:异色瓢虫(*Harmonia axyridis*);35:十三星瓢虫(*Hippodamia tredecimpunctata*);36:亮柔拟步甲(*Prosodes dilaticollis*);37:斜纹虎甲(*Cylindera obliquefasciata*);38:家蝇(*Musca domestica*);39:黑尾黑麻蝇(*Helicophagella melanura*);40:反吐丽蝇(*Calliphora vomitoria*);41:玉米螟厉寄蝇(*Lydella grisescens*);42:黑腹果蝇(*Drosophila melanogaster*);43:长足摇蚊(*Tanypodinae* sp.);44:背点伊蚊(*Aedes dorsalis*);45:东方拟瘦姬蜂[*Netegia* (*Netelia*) *orientalis*];46:小黄家蚁(*Monomorium pharaonis*);47:拟黑多刺蚁(*Polyrhachis vicina*);48:突厥弓背蚁(*Camponotus turkestanicus*);49:叶色草蛉(*Chrysopa phyllochroma*);50:普通草蛉(*Chrysopa carnea*);51:烟蓟马(*Thrips alliorum*);52:草间小黑蛛(*Hylyphantes graminicola*);53:三突花蛛(*Ebrechtella tricuspidata*);54:土耳其斯坦叶螨(*Tetranychus turkestanii*);55:截形叶螨(*Tetranychus truncatus*);56:果苔螨(*Bryobia rubrioculus*);57:二斑叶螨(*Tetranychus urticae*)。

图2 不同管理模式苹果园昆虫群落物种组成的主成分分析  
Fig.2 Principal component (PC) analysis on species composition of insect communities in orchards under different management modes



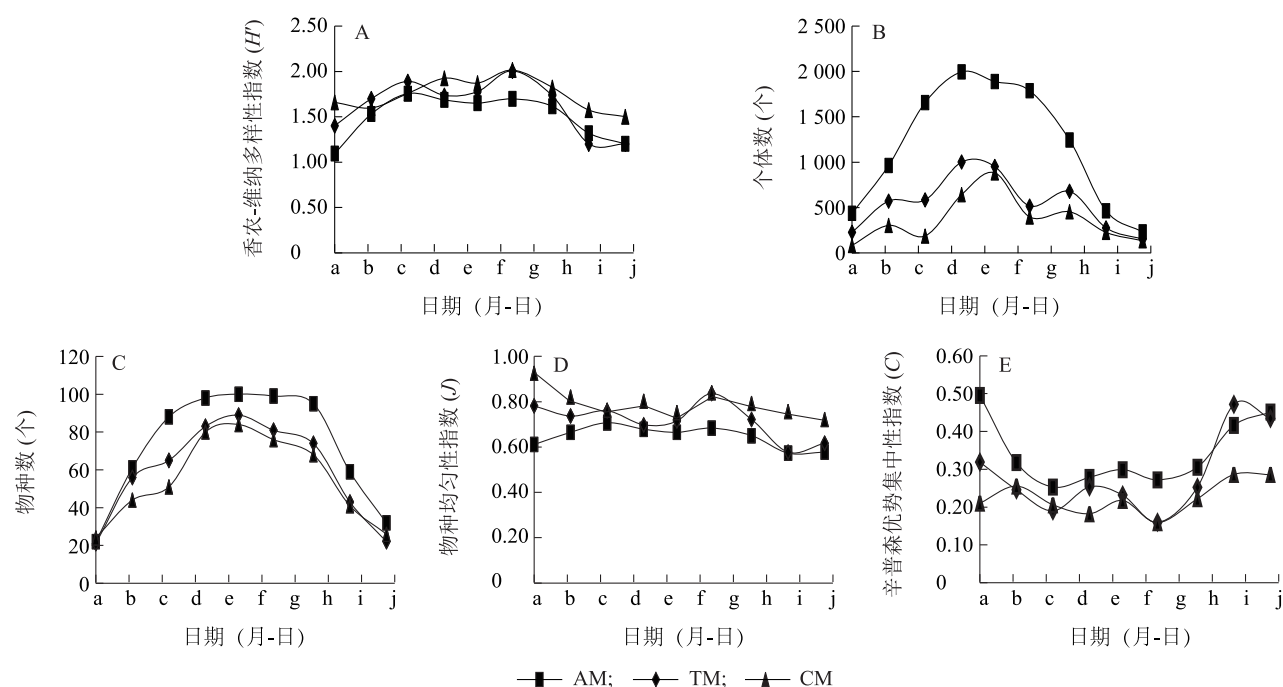
管理模式 AM、TM、OM 见表 1。

图3 不同管理模式苹果园昆虫群落聚类分析结果

Fig.3 Cluster analysis of insect community in apple orchard under different management modes

响。在本研究中,不同管理模式对昆虫多样性的影响主要体现在 2 个方面,一是不同管理模式的林下草本植物类型和覆盖度明显不同,无人管理模式的果园林下植物种类、数量和覆盖度均最高;二是在不同管理模式,果园中害虫的防治策略不同,其中在 AM 模式下未对害虫进行人工控制, TM 模式侧重于传统化学防治, OM 模式以农业防治、生物防治为主。在林下植被类型和覆盖度、害虫防治策略及其他次要因子的综合影响下,不同管理模式果园中昆虫的种类和数量表现为 AM>TM>OM。

植被及其演化状态对昆虫群落起基础性作用,人工经营(干扰)导致的植物区系种类结构的变化,对昆虫种类变化具有显著影响。在本研究中,荒弃 2 年果园的林下植物种类及数量是 3 种管理模式中最高的,能为多数种类的昆虫提供食物和栖息生境,在昆虫群落种类和数量方面均高于传统管理果园和林下种植绿肥作物的有机果园。荒弃 2 年的果园在由原来依赖人工管理的状态到荒弃无人管理状态的变化过程中,生态系统处于失衡状态,其优势害虫种类(蚜虫、介壳虫等)的暴发缺少有效抑制机制,天敌控害作用不明显,使得其他昆虫物种的生存空间受到明显挤压。而采取有机管理模式的果园,在其



管理模式 AM、TM、OM 见表 1。A:群落香农-维纳多样性指数时序动态;B:群落个体数量时序动态;C:群落物种数量时序动态;D:群落物种均匀性指数时序动态;E:群落辛普森优势集中性指数时序动态。a:05-03;b:05-23;c:06-12;d:07-02;e:07-22;f:08-11;g:08-31;h:09-20;i:10-10;j:10-30。

图 4 不同管理模式苹果园昆虫群落特征值的时序动态

Fig.4 Temporal dynamics of insect community characteristics in apple orchards under different management modes

林下有意识地栽种一些绿肥作物(另有少量杂草),不但能提高树势,也能为一些种类的昆虫及天敌提供食物和栖息生境,此外,有机管理措施也能有效控制一些农业害虫的暴发危害,因此导致香农多样性指数、物种均匀性指数及昆虫群落稳定性表现为荒弃 2 年的果园最低,林下种草有机管理模式的果园最高。

在本研究中,由于苜蓿、黑麦草和橡胶草为隔行间作,无独立成块样方,故未分别对种植苜蓿、黑麦草和橡胶草的果园进行各项指标的调查统计和分析。调查方式主要采取扫网法、陷阱法和直接观察法,对于昼伏夜出类的昆虫(尤其是鳞翅目蛾类昆虫)没有取得调查数据。鳞翅目昆虫作为果园害虫的主要优势种类,其群落组成及多样性特征对于果园生态多样性研究和病虫害生态治理具有重要意义,有待深入、系统的研究。生态治理(EMP)近年来已经成为科研工作者研究的热点,如何在保证农林生产的同时保护和利用昆虫的多样性将是害虫可持续治理的重要方向。

## 4 结论

研究发现,伊犁河谷中部地区苹果园昆虫群落资源丰富,且不同管理模式的植被种群数和覆盖率以及病虫害防控措施、程度对昆虫群落组成、多样性和群落稳定性有影响。在 3 种不同管理模式的苹果园中,荒弃 2 年的果园经历了由人工管理状态到荒弃无人管理状态的变化,园内植物种类和数量较多,植被覆盖度高,昆虫种类和数量最高;对于林下种植绿肥作物的有机果园而言,昆虫物种数量和个体数量最少。总体来看,目前伊犁河谷中部地区苹果园昆虫群落已经形成了以半翅目、双翅目、蜘蛛类为优势类群,以鳞翅目、鞘翅目、膜翅目、直翅目、脉翅目、缨翅目为常见类群和以革翅目、蜻蜓目、螳螂目为稀有类群的昆虫群落结构特征。荒弃 2 年的果园由于缺乏有效的防控措施,害虫优势种群(蚜虫、介壳虫和叶螨等)暴发危害得不到控制,从而挤压了其他昆虫物种的生存空间,致使该模式下的昆虫群落多样性、均匀性较差,传统管理模式下的果园次

之,林下种植绿肥作物的有机果园最好。功能团结构和群落相对稳定性的分析结果表明,荒弃果园中植食性昆虫比例最高,天敌昆虫比例最低,群落相对稳定性最差,林下种植绿肥作物的有机果园中天敌昆虫比例最高,植食性昆虫比例最低,群落相对稳定性最好,传统管理果园居中。因此,在综合考虑做好果园害虫综合治理、保证林果业绿色有机生产和保护利用昆虫多样性等方面,林下种植绿肥作物的有机管理模式可以作为今后苹果园经营管理的重要方向。

致谢: 感谢伊宁市农业农村局高级农艺师李晓亮对试验提供的大力支持和帮助!

### 参考文献:

- [1] 唐桂梅. 基于生物多样性的农业公园规划研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2017.
- [2] 顾伟, 马玲, 孙虎, 等. 不同土壤环境下落叶松人工林昆虫群落结构及动态的差异[J]. 林业科学, 2017, 53(5): 97-106.
- [3] 万喻. 三岛柴胡昆虫群落结构及主要害虫生物学特性的研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2015.
- [4] 彭吉栋. 白洋淀湿地昆虫多样性研究[D]. 保定: 河北大学, 2015.
- [5] 王鑫. 新疆南部农业景观复杂性对灯下蛾类昆虫多样性的影响[D]. 石河子: 石河子大学, 2013.
- [6] 魏东晨. 林果病虫害绿色防控技术探讨[J]. 林业实用技术, 2012(11): 76-78.
- [7] 孔璐雯. 果树病虫害防治中存在的问题及对策分析[J]. 江西农业, 2017(14): 26.
- [8] 展丽然. 苹果腐烂病菌拮抗放线菌的筛选、鉴定及发酵条件的优化[D]. 保定: 河北农业大学, 2008.
- [9] 薛勇, 杨正容, 黄晓斌, 等. 正确处理“3R”问题确保农产品质量安全[J]. 湖北植保, 2017(6): 60-62.
- [10] 魏永平, 张雅林, 花蕾, 等. 果园生物多样性对害虫生态治理的作用[J]. 陕西农业科学, 2003(6): 29-31.
- [11] CORAINA D L P E, VISSEREN-HAMAKERS I, JONG W. The legitimacy of certification standards in climate change governance[J]. Sustainable Development, 2014, 22(6): 420-432.
- [12] 杨兴卓, 袁明龙. 放牧对天然草地昆虫群落的研究现状及进展[J]. 草业科学, 2019, 36(11): 2937-2951.
- [13] 刘生冬, 孟昕, 尚军辉, 等. 长白山苔原带昆虫群落组成与时间动态[J]. 昆虫学报, 2019, 62(2): 233-240.
- [14] 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.
- [15] LI Z F, ZHAO S L, DUO L. Effects of medium regulation by wastes on insect community at Tianjin Binhai international airport[J]. Agricultural Biotechnology, 2018, 7(2): 89-91, 95.
- [16] 吴龙飞, 姜文虎, 袁胜亮, 等. 塞罕坝自然保护区樟子松不同林分类型对昆虫群落多样性的影响[J]. 应用生态学报, 2017, 28(1): 308-314.
- [17] 刘哲强, 马玲, 焦玥, 等. 小兴安岭森林恢复期典型人工林与原始林昆虫群落结构动态[J]. 应用生态学报, 2015, 26(2): 555-562.
- [18] 黄衍章, 江世宏, 杨长举, 等. 荔枝园昆虫群落种类组成与营养结构分析[J]. 华中农业大学学报, 2004, 23(2): 208-213.
- [19] 陈飞龙. 不同经营模式下浙江山核桃林昆虫群落研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2018.
- [20] 刘影, 张相锋, 赵玉, 等. 新疆濒危野生櫻桃李的种群结构与动态[J]. 生态学杂志, 2013, 32(7): 1762-1769.
- [21] 赵黎, 吾米提·居马太. 伊犁地区苹果优质高产种植气候条件分析[J]. 现代农业科技, 2018(23): 112-113.
- [22] 张孝羲. 昆虫生态及预测预报[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 103-108.
- [23] SHANNON C E, WEAVER W. The Mathematical theory of communication[M]. Urbana: The University of Illinois Press, 1949.
- [24] PIELOU E C. The measurement of diversity in different types of biological collections[J]. Journal of the Theoretical Biology, 1967, 15(1): 177.
- [25] PIELOU E C. Ecological diversity[M]. New York: John Wiley & Sons, 1975.
- [26] 麻应太, 李春宁, 王海东, 等. 牛背梁自然保护区草本层昆虫多样性[J]. 西北林学院学报, 2013, 28(4): 122-126.
- [27] 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.
- [28] 王斌会. 多元统计分析及 R 语言建模[M]. 广州: 暨南大学出版社, 2016.
- [29] 贾永超, 禹田, 张晓明, 等. 不同间作模式玉米田天敌节肢动物群落特征[J]. 南方农业学报, 2019, 50(7): 1496-1504.
- [30] 邢鲲, 曹俊宇, 王媛媛, 等. 设施蔬菜昆虫群落结构与时序动态[J]. 江苏农业学报, 2019, 35(3): 564-574.
- [31] 曹宁宇, 葛文超, 叶辰, 等. 思茅松林下三七上节肢动物群落组成结构及多样性分析[J]. 南方农业学报, 2019, 50(2): 299-306.
- [32] 王建芳, 王新谱. 宁夏水洞沟湿地昆虫群落多样性分析与评价[J]. 昆虫知识, 2010, 47(5): 962-967.
- [33] 池康, 秦飞, 郝德君. 我国昆虫多样性的环境影响研究进展[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(17): 10303-10304, 10311.

(责任编辑: 徐艳)