



刘雅, 朱世城, 任鑽威, 等. 浙江主要桃产区桃园昆虫群落结构及多样性研究 [J]. 环境昆虫学报, 2017, 39 (6): 1225 - 1234.

浙江主要桃产区桃园昆虫群落结构及多样性研究

刘雅¹, 朱世城¹, 任鑽威¹, 郭晓军², 张帆², 肖金平³,
孙奇男⁴, 徐海洪⁵, 王世贵¹, 唐斌^{1*}

(1. 杭州师范大学生命与环境科学学院, 杭州 310036; 2. 北京市农林科学院植物保护环境保护研究所, 北京 100097;
3. 浙江省农业科学院园艺研究所, 杭州 310021; 4. 浙江省奉化市水蜜桃研究所, 宁波 315502;
5. 富阳海洪生态农业开发有限公司, 杭州 311404)

摘要: 为了探究浙江主要桃产区(嘉兴、富阳、奉化)桃园昆虫群落结构和多样性, 本实验使用马来氏网法、灯诱法、黄盘法等采集各桃园昆虫, 并鉴定到科、属、种, 将其分为天敌类昆虫、害虫类昆虫, 进而筛选出优势种等。结果显示, 共采集昆虫标本 23247 号, 其中嘉兴桃园 13826 号, 富阳桃园 5577 号, 奉化桃园 3844 号; 鞘翅目、鳞翅目、半翅目、双翅目等为优势类群。不同桃园昆虫群落多样性 (Shannon-Wiener) 指数和均匀度指数为富阳 > 奉化 > 嘉兴, 物种丰富度为富阳 > 奉化 > 嘉兴, 优势集中性指数为富阳 < 奉化 < 嘉兴。稳定性分析的结果表明富阳桃园昆虫群落中, 天敌类昆虫对害虫类昆虫能起到较好的调控, 拥有较强的适应和抵抗外界干扰的能力。综合以上各项昆虫群落分析的结果, 表明富阳桃园的昆虫群落稳定性最高。

关键词: 桃园; 昆虫群落; 多样性; 稳定性

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2017) 06-1225-10

The structure and diversity of insect community in main peach orchards of Zhejiang Province

LIU Ya¹, ZHU Shi-Cheng¹, REN Zan-Wei¹, GUO Xiao-Jun², ZHANG Fan², XIAO Jin-Ping³, SUN Qi-Nan⁴, XU Hai-Hong⁵, WANG Shi-Gui¹, TANG Bin^{1*} (1. College of Life and Environmental Sciences, Hangzhou Normal University, Hangzhou 310036, China; 2. Institute of Plant and Environment Protection, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100089, China; 3. Horticulture Research Institute, Zhejiang Academy of Agricultural Science, Hangzhou 310021, China; 4. Fenghua Peach Institute, Ningbo 315505, Zhejiang Province, China; 5. Fuyang Haihong Eco-agriculture Development Co. Limited, Hangzhou 311404, China)

Abstract: To reveal the structure and diversity of insect community in three main peach production areas (Jianxing peach orchard, Fuyang peach orchard, Fenghua peach orchard) in Zhejiang, insects community diversity was investigated by Malay net trapping, lamp trapping and yellow-pan traps in this present study and identified to families, genus, even to species. Also, they were divided into natural enemies, neutral insects and injurious insects, and then select the dominant species. The results showed that 23247 insects were collected, 13826 insects from Jiaying peach orchard, 5577 insects from Fuyang peach orchard, 3844 insects from Fenghua peach orchard. Among them, insects in Coleoptera, Lepidoptera, Hemiptera and

基金项目: 国家桃产业技术体系 (CARS-30); 十二五国家科技支撑项目桃优质高效生产关键技术研究与示范 (2014BAD16B00); 浙江省三农六方项目

作者简介: 刘雅, 女, 1995 年生, 本科, 浙江台州人

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: tbzm611@163.com

收稿日期 Received: 2017-07-28; 接受日期 Accepted: 2017-10-10

Diptera were the dominant groups. According to the value of the diversity index (H') and evenness index (J), the order was Fuyang > Fenghua > Jiaying. The richness index (S) showed the same sequence, however, the dominant concentration (C) has a different order which was Fuyang < Fenghua < Jiaying. Stability analysis results showed that the Fuyang peach orchard's internal structure of food web was more complex, that means natural enemies could control the injurious insects well, had strong ability of adaptation and resistance to interference. Based on the above analysis results of insect community, it showed that the insect community stability was highest in Fuyang peach orchard.

Key words: Peach orchard; insect community; diversity; stability

近年来,我国果园面积持续小幅扩大,2013年果树面积为1237.1万 hm^2 ,比2012年增加1.9%。而浙江省作为果树生产的重点省份之一,其产业水平、效益高低直接影响到广大果农的经济收入和生活质量。浙江新发展果园以葡萄、桃、杨梅等水果为主,并且延续着较快的发展势头。桃作为浙江省第四大水果,其中新发展桃树种植面积2734.13 hm^2 ,同比2013年增加68.6%,占新发展果园总面积的21.8%(陈怡,2009;俞卫甫等,2014)。

然而,随着果树种植面积的增加,害虫危害也日渐加重。大量的调查研究显示,在各类果园的昆虫群落中,植食性昆虫为主要类群,对果园植物的危害较大(周夏芝,2002;李生才,2004)。因而在果树害虫管理过程中,果农们大量喷洒化学农药。长期单一的使用广谱性农药,在杀伤害虫的同时大量杀伤天敌,同时可能还会弱化两者之间在时间上的同步性,使得一些害虫优势种优势度增大,昆虫群落结构恶化,群落的多样性遭到破坏(秦立者,2003;万年峰,2011)。而昆虫群落多样性作为生物多样性的重要组成部分,在生物防治、维护生态平衡、植物传粉中均有着重要的作用(卢志兴,2013)。因此,调查和分析昆虫群落的多样性、稳定性以及天敌类昆虫和害虫类昆虫之间的变化趋势(王珊珊等,2012),不仅为桃园生物多样性的保护和生态群落的稳定性提供理论基础,还为实施桃树害虫的生物防治以及提升桃的品质和产量奠定一定基础。

1 研究地区和研究方法

1.1 研究区域概况

浙江省(北纬 $27^{\circ}12'$ – $31^{\circ}31'$,东经 118° – 123°),地处东南沿海长江三角洲南翼,年平均降雨量980–2000 mm,年平均日照时数1710–2100 h,

1月、7月分别为全年气温最低和最高的月份。浙江属亚热带季风气候,季风显著,四季分明,年气温适中,光照较多,雨量丰沛,空气湿润,雨热季节变化同步。而桃树喜阳光充足和四季分明的环境,耐寒,耐旱,对土壤要求不严,适合在肥沃、疏松、中性壤土生长,花期3–4月份,果期6–8月份。因而,本省适合桃树的生长发育、开花结果。

本研究选取了浙江的3个主要桃产区,分别为富阳市新登、嘉兴市凤桥、宁波市奉化。3个桃园海拔高度相近,果树种植面积较大,富阳桃园和奉化桃园周围的植被覆盖率和丰富度稍高于嘉兴桃园,但3个桃园的桃产量均较高。根据实地调查与样品采集,发现3个桃园内的植被物种数差距很小(表1),均有种 *Echinochloa crusgalli*、狗尾草 *Setaria viridis*、牛筋草 *Eleusine indica*。此外,

表1 3个桃园植被分布
Table 1 The vegetation of three peach orchards

植物种类 Vegetation	样点 Plot		
	嘉兴 Jiaying	富阳 Fuyang	奉化 Fenghua
稗 <i>Echinochloa crusgalli</i>	++	+	+
具芒碎米莎草 <i>Cyperus microiria</i>	-	+	+
牛筋草 <i>Eleusine indica</i>	++	++	++
鸡桑 <i>Morus australis</i>	-	++	+
狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	++	++	++
美洲商陆 <i>Phytolacca Americana</i>	-	+	+
狗牙根 <i>Cynodondactylon Per</i>	-	++	+++

+++ : >50%; ++ : 10%–50%; + : <10%; - : 0.

富阳和奉化桃园的共有物种还有鸡桑 *Morus australis*、具芒碎米莎草 *Cyperus microiria*、美洲商陆 *Phytolacca americana*、狗牙根 *Cynodon dactylon* Per 等。植物多样性对昆虫群落有一定程度的影响 (魏永平, 2010; Landis *et al.*, 2000; Andow, 1991), 从调查结果发现, 对于这 3 个桃园而言, 植物群落的影响相对较小。农药的使用及其使用量会对昆虫的群落结构造成一定程度的影响 (林芎华和刘佳敏, 2011), 本次调查的 3 个桃园在采样前已经喷洒过农药, 而在实验调查期间, 3 个桃园并未施用过农药。

1.2 调查方法

于 2015 年 6 月 - 7 月进行了 6 次连续性昆虫群落抽样调查。马来氏网法: 安装马来氏网, 在收集瓶中加入纯酒精至瓶身 1/3 处, 每周收集一次, 标明收集地, 以及收集的起始和终止时间, 带回实验室分类鉴定。灯诱法 (邓兵等, 2008): 在桃园内部挂置汞灯以及白布, 白布高度为 1.5 - 2.0 m, 在 19:00 - 8:00 开灯诱捕昆虫, 每隔 2 h 用毒瓶收集一次诱引到的昆虫, 带回实验室后, 立即制作成标本或者放入酒精中, 待进一步分类鉴定。黄盘法: 选取一个样点, 以样点为中心的 3 m 半径上均匀放置 10 个黄盘, 并倒入一层肥皂水, 24 h 后进行收集。陷阱法: 使用 10 个一次性塑料杯相嵌埋入桃园中作为陷阱, 杯口与地面相平, 每个陷阱上用植株支撑的塑料袋做棚, 且陷阱容器中加入 2/3 量的啤酒。

对采集到的昆虫进行分类和计数, 并取出一头昆虫样本在镜下观察、拍照并记录。鉴定方法主要采用形态分类法, 通过相关书籍、文献将昆虫鉴定到科或属、种, 部分难以确认的标本询问专家, 仍无法鉴定到科的标本则进行单独标号。

按照昆虫的食物网的关系, 将昆虫群落大致分为天敌类昆虫、害虫类昆虫、中性类昆虫 (包括腐生性类群和对植物没有危害也不以其它昆虫为食的类群) (韩争伟等, 2013)。

1.3 数据处理与分析

所有的数据均用 Excel 软件整理, SPSS Statistica 20 分析差异性, 最后用 SigmaPlot 10.0 将数据转化为相关图表。

物种丰富度的测定即群落中的物种数, 在这里指调查资源单位中的物种数, 用 S 表示。

群落多样性的测定按照以下公式进行计算: Shannon-Wiener (1949) 信息多样性指数:

$H' = \sum_{i=1}^n p_i - \ln p_i$; Simpson (1949) 集中性指数 (C) 表示: $C = \sum_{i=1}^n p_i^2$, 式中 p_i 为物种 i 数量占群落个体数量的比例。

种群优势度以 Berger-Parker (1974) 优势度指数 (I) 计算: $I = N_{max} / N$, 式中 N 为群落中各物种 i 的数量之和, N_{max} 为优势类群的数量 (杨贵军等, 2015)。

群落均匀度采用 Pielou (1975) 提出的均匀度指数 (J) 计算: $J = H' / H'_{max} = H' / \ln S$, 式中 H' 为 Shannon-Wiener 信息多样性指数, S 为群落的物种数 (尤平和李后魂, 2006; 吕文彦等, 2008)。

群落相对稳定性采用群落物种数和个体数之比 (S_i / S_j) 和天敌类群种数和植食性类群种数之比 (S_n / S_p) 表示, 其中 S_i / S_j 反映种间数量上的制约作用, S_n / S_p 反映食物网关系的复杂程度和相互制约的程度 (蒋杰贤等, 2011)。

2 结果与分析

2.1 3 个地区桃园昆虫群落组成结构

2.1.1 马来氏网法昆虫群落结构

实验调查中, 共获得昆虫标本 21617 号 (表 2), 主要包括双翅目 Diptera、鞘翅目 Coleoptera、膜翅目 Hymenoptera、半翅目 Hemiptera、鳞翅目 Lepidoptera、蜻蜓目 Odonata、蜚蠊目 Blattodea、直翅目 Orthoptera、广翅目 Megaloptera、缨翅目 Thysanoptera。其中, 在嘉兴凤桥桃园共获标本 13291 号, 隶属于 6 目 55 科 75 种; 在杭州富阳桃园共获标本 5034 号, 隶属 7 目 70 科 144 种; 在宁波奉化桃园共获标本 3292 号, 隶属 7 目 62 科 116 种。双翅目、膜翅目、半翅目、鞘翅目为优势类群。

常见的昆虫种类为: 果蝇 *Drosophila melanogaster*、尖眼菌蚊 *Bradysia minpleuroti*、麦蛾柔茧蜂 *Habrobracon hebetor*、桃一点叶蝉 *Erythroneura sudra*、隐纹条大叶蝉 *Atkinsoniella thalia*、小长蝽 *Nysius ericae*、丝光绿蝇 *Lucilia sericata*、黑小唇泥蜂 *Larra carbonaria*、小菜蛾 *Plutella xylostella*。

2.1.2 灯诱法昆虫群落结构

灯诱法采集的昆虫标本共有 1286 号, 主要包括半翅目、鞘翅目、鳞翅目、直翅目、蜻蜓目、广翅目 Megaloptera、膜翅目、双翅目、蜚蠊目。其中, 在嘉兴凤桥桃园共获标本 487 号, 隶属于

表 2 3 个桃园昆虫群落结构组成
Table 2 The structure of insect communities from three peach orchards

昆虫目 Insect order	嘉兴 Jiaxing				富阳 Fuyang				奉化 Fenghua			
	科数	比例(%)	种数	比例(%)	科数	比例(%)	种数	比例(%)	科数	比例(%)	种数	比例(%)
	Family	Percentag	Species	Percentag	Family	Percentag	Species	Percentag	Family	Percentag	Species	Percentag
双翅目 Diptera	19	34.54	25	33.33	25	34.29	39	27.08	14	22.58	26	22.41
鞘翅目 Coleoptera	8	14.55	11	14.67	16	22.85	24	16.67	13	20.97	22	18.97
膜翅目 Hymenoptera	4	7.27	6	8.00	14	7.14	52	10.42	17	11.29	32	18.10
半翅目 Hemiptera	18	27.27	28	29.33	7	20.00	10	36.11	9	27.42	13	27.59
鳞翅目 Lepidoptera	6	14.55	19	13.33	5	10.00	15	6.94	7	14.52	21	11.21
蜻蜓目 Odonata	1	1.82	1	1.34	-	-	-	-	-	-	-	-
蜚蠊目 Blattodea	-	-	-	-	1	4.29	1	2.08	1	1.61	1	0.86
直翅目 Orthoptera	-	-	-	-	3	1.43	3	0.70	1	1.61	1	0.86
广翅目 Megaloptera												
缨翅目 Thysanura	-	-	-	-	-	-	-	-	1		1	
合计 Sum.	55	100	75	100	70	100	144	100	62	100	116	100

6 目 70 种; 在杭州富阳桃园共获标本 477 号, 隶属 4 目 95 种; 在宁波奉化桃园共获标本 322 号, 隶属 6 目 33 种。3 个桃园内, 鳞翅目的种类数是各自桃园内比重最大的, 且富阳的鳞翅目种类数远多于其他两个桃园 (图 1)。

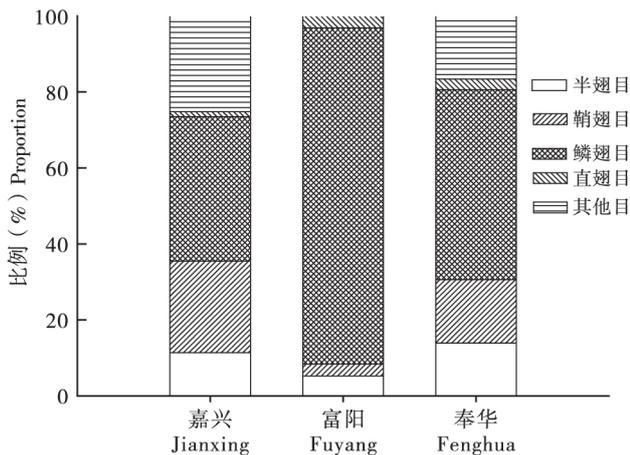


图 1 不同地区桃园内各目昆虫的种类数

Fig. 1 The species in different orders from three peach orchard

常见的昆虫种类为: 大星步甲 *Calosoma maximoviczi*、小长蝽、深点食螨瓢虫 *Stethorus punctillum*、稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis*、桃一点叶蝉、栎黄枯叶蛾 *Trabala vishnou*、八点灰灯蛾 *Cretonotos transiens*、大绿丽金龟 *Anomala cupripes*。

2.1.3 黄盘法昆虫群落结构

实验调查中, 马来氏网法采集的昆虫标本共

有 344 号 (表 3), 主要包括双翅目、鞘翅目、膜翅目、半翅目、鳞翅目、蜚蠊目、直翅目、缨翅目 Thysanoptera。其中, 在嘉兴凤桥桃园共获标本 48 号, 隶属于 5 目 12 科 13 种; 在杭州富阳桃园共获标本 66 号, 隶属 6 目 14 科 16 种; 在宁波奉化桃园共获标本 230 号, 隶属 7 目 21 科 24 种。双翅目、膜翅目、半翅目为优势类群。

常见的昆虫种类为: 果蝇、尖眼菌蚊、麦蛾柔茧蜂、小黄家蚁 *Monomorium pharaonis*、双带拟蛉蟋 *Paratrigonidium bifasciatata*、桃蚜 *Myzus persicae*。

2.2 害虫类、天敌类昆虫的个体数量及优势种

将昆虫分为天敌类昆虫、中性类昆虫和害虫类昆虫。在嘉兴桃园内, 6 月 6 日至 6 月 13 日天敌类昆虫的数量多于害虫类昆虫的数量, 而后天敌类昆虫数量少于害虫类昆虫数量 (图 2 - A), 但在总体程度上, 呈现出一个天敌类昆虫与害虫类昆虫的相互迁移运动。在富阳桃园内, 6 月 27 日至 7 月 4 日天敌类昆虫数量多于害虫类昆虫数量, 其余时间为天敌类昆虫数量少于害虫类昆虫数量 (图 2 - B), 但天敌类昆虫和害虫类昆虫之间的数量差距较小, 比较稳定。而在奉化的桃园内, 天敌类昆虫数量均少于害虫类昆虫数量 (图 2 - C), 在实验后期害虫类昆虫数量得到了较好控制。综合以上而言, 富阳桃园的天敌类昆虫和害虫类昆虫两者之间能得到较好的调节控制。

表 3 3 个桃园昆虫群落结构组成 (黄盘法)

Table 3 The structure of insect communities from three peach orchards by color disk trapping

昆虫目 Insect order	嘉兴 Jiaxing				富阳 Fuyang				奉化 Fenghua			
	科数	比例(%)	种数	比例(%)	科数	比例(%)	种数	比例(%)	科数	比例(%)	种数	比例(%)
	Family	Percentag	Species	Percentag	Family	Percentag	Species	Percentag	Family	Percentag	Species	Percentag
半翅目 Hemiptera	2	16.67	2	15.38	1	7.14	1	6.25	5	23.81	5	20.83
双翅目 Diptera	3	25	3	23.08	6	42.86	6	37.5	5	23.81	5	20.83
膜翅目 Hymenoptera	2	16.67	3	23.08	4	28.58	6	37.5	5	23.81	8	33.33
鞘翅目 Coleoptera	4	33.33	4	30.77	1	7.14	1	6.25	3	14.29	3	12.5
鳞翅目 Lepidoptera	1	8.33	1	7.69	1	7.14	1	6.25	-	-	-	-
蜚蠊目 Blattodea	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4.76	1	4.17
直翅目 Orthoptera	-	-	-	-	1	7.14	1	6.25	1	4.76	1	4.17
缨翅目 Thysanoptera	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4.76	1	4.17
合计 Sum	12	100	13	100	14	100	16	100	21	100	24	100

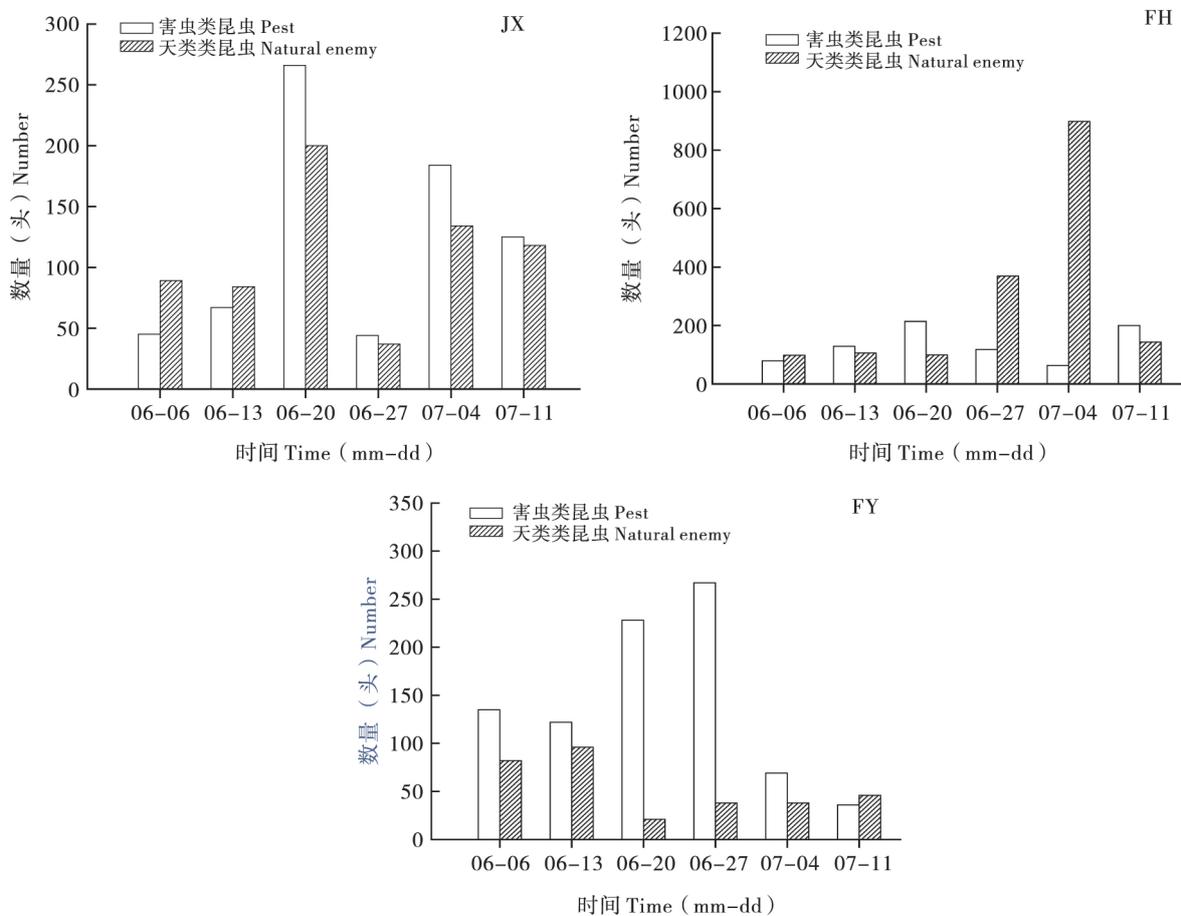


图 2 不同桃园害虫和天敌的数量的时间动态

Fig. 2 The time-pattern tendency of injurious insect and natural enemy number in different peach orchards
 注: JX, 嘉兴桃园; FY, 富阳桃园; FH, 奉化桃园。下同。 Note: JX, Jiaxing peach orchard; FY, Fuyang peach orchard; FH, Fenghua peach orchard. The same below.

在不同类群中,筛选出3个桃园的主要害虫和天敌。马来氏网法采集的昆虫中(表4),嘉兴桃园的主要害虫为桃一点叶蝉,富阳为小长蝽,这两种害虫在不同的时间也同为奉化的主要害虫。而在天敌种类上,奉化的天敌种类比较丰富。其中,嘉兴和富阳桃园的主要天敌是麦蛾柔茧蜂、黑小唇泥蜂,奉化桃园的主要天敌是麦蛾柔茧蜂、日本蓝泥蜂 *Chalybion japonicum*。灯诱法采集的昆

虫中,嘉兴桃园的主要害虫和天敌分别是斜纹夜蛾 *Spodoptera litura*、深点食螨瓢虫,富阳桃园的主要害虫和天敌分别是小长蝽、异色瓢虫 *Harmonia xyridis*,奉化桃园的主要害虫和天敌是大绿丽金龟、异色瓢虫。黄盘法采集的昆虫中,3个桃园的主要天敌均是麦蛾柔茧蜂,而嘉兴与奉化桃园的主要害虫为桃蚜,富阳的主要害虫是小长蝽。

表4 3个桃园害虫和天敌的优势种

Table 4 The dominant species of injurious insects and natural enemy

地区与种类 Area and type	马来氏网法 Malay network trapping	灯诱法 Light trapping	黄盘法 Color disk trapping
嘉兴 Jiaxing	害虫 Pest 桃一点叶蝉 <i>E. sudra</i>	斜纹夜蛾 <i>S. litura</i>	桃蚜 <i>M. persicae</i>
	天敌 Natural enemy 麦蛾柔茧蜂 <i>H. hebetor</i> 黑小唇泥蜂 <i>L. carbonaria</i>	深点食螨瓢虫 <i>S. punctillum</i>	麦蛾柔茧蜂 <i>H. hebetor</i>
富阳 Fuyang	害虫 Pest 小长蝽 <i>N. ericae</i>	小长蝽 <i>N. ericae</i>	小长蝽 <i>N. ericae</i>
	天敌 Natural enemy 麦蛾柔茧蜂 <i>H. hebetor</i> 黑小唇泥蜂 <i>L. carbonaria</i>	异色瓢虫 <i>H. axyridis</i>	麦蛾柔茧蜂 <i>H. hebetor</i>
奉化 Fenghua	害虫 Pest 桃一点叶蝉 <i>E. sudra</i> 小长蝽 <i>N. ericae</i>	大绿丽金龟 <i>A. virens</i>	桃蚜 <i>M. persicae</i>
	天敌 Natural enemy 麦蛾柔茧蜂 <i>H. hebetor</i> 日本蓝泥蜂 <i>C. japonicum</i>	异色瓢虫 <i>H. axyridis</i>	麦蛾柔茧蜂 <i>H. hebetor</i>

2.3 桃园昆虫群落结构动态特征

根据调查数据,3个桃园昆虫群落结构的动态特征,即丰富度指数、多样性指数、均匀度指数、优势度指数、优势集中性指数等见图3。3个桃园中,各项群落特征参数的动态变化(图3)显示,嘉兴桃园的昆虫总数在不同时间段变化幅度较大,富阳和奉化桃园相对稳定。3个桃园的昆虫物种数量均存在小幅度的变化(图3-B),这可能是外界干扰、气候变化等多种因素综合造成的结果。从种类数量上来看,在所有时间段上富阳桃园的种类数最多,其次是奉化桃园,最后是嘉兴桃园。嘉兴桃园昆虫在总数上最多,而种类数上却最少,说明嘉兴桃园存在某一种或某几种昆虫在数量上起到了关键的作用。分析最初的数据,发现嘉兴桃园的果蝇和尖眼菌蚊在6月6日和6月20两个时间段确实大量增加,导致昆虫群落数量大幅度上升。

从多样性指数的动态变化中发现(图3-C),3个桃园的昆虫群落多样性指数存在不同程度的变化,总体上呈现出嘉兴桃园的多样性指数普遍低

于另外两个桃园。奉化桃园的多样性指数的幅度变化稍大于嘉兴桃园,低于富阳桃园。综合以上结果显示,富阳桃园的多样性指数随时间变化的波动幅度最小,且大部分时间高于其他桃园,说明富阳桃园的昆虫群落相对比较稳定。

从均匀度指数和优势集中性指数的动态变化中(图3-D、图3-E)可以发现,昆虫群落均匀度指数变化趋势与多样性指数的变化趋势相一致,而优势集中性指数与之相反。与多样性指数不同的是,嘉兴桃园在7月4日出现均匀度最高值,且显著高于其他桃园。查阅最初数据发现此时嘉兴桃园中个别数量极大的昆虫种类减少,使得均匀度增加,从而也解释了此时多样性指数突然大幅度增加的状况。

结合图3-D、图3-E,发现3个不同桃园的昆虫群落集中性指数的变化趋势与多样性指数大致相反。在6月13日,富阳和奉化桃园的集中性指数大小几乎相等,并且富阳桃园的集中性指数变化幅度相对于多样性指数更小,进一步说明富阳桃园的昆虫群落处于稳定状态。

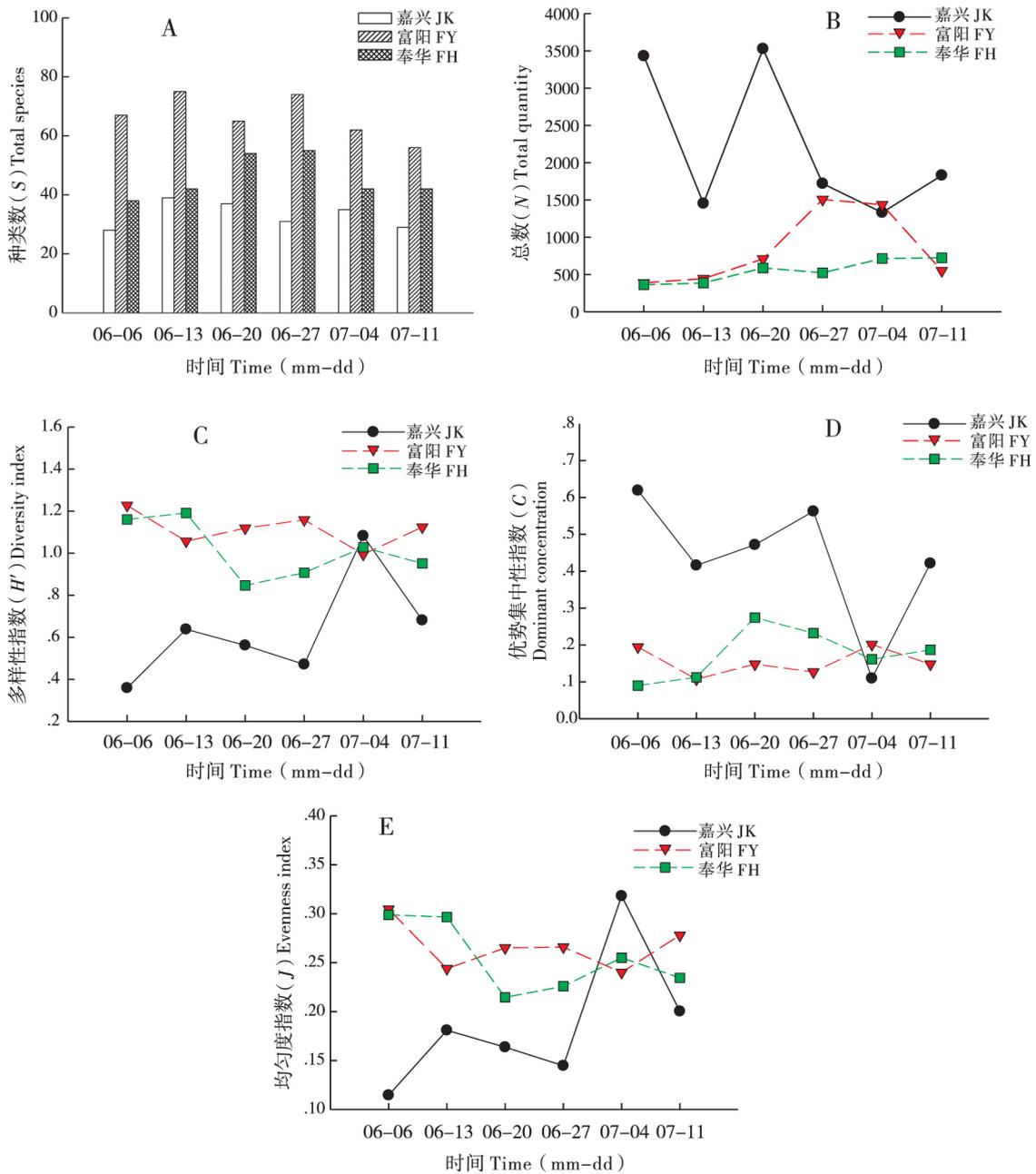


图3 不同桃园昆虫物种数 (S)、群落总数 (N)、多样性指数 (H')、优势集中性指数 (C) 和均匀度指数 (J) 的时间动态

Fig. 3 The time-pattern tendency of species richness (S), individual number (N), diversity index (H'), dominant concentration index (C), evenness index (J) of insect communities in different peach orchards

2.4 昆虫群落的稳定性分析

群落生态学家一直对昆虫群落的稳定性有所关注,高宝嘉等(蒋杰贤等,2011;陈亦根等,2004;刘兴平等,2005)认为昆虫群落的稳定性可用 S_i/S_i 和 S_n/S_p 的比值进行分析,其中 S_i/S_i 表示平均每物种个体数的倒数,能够反映出种间数量上的制约作用,体现出昆虫在该段时间内种间

数量上的变化; S_n/S_p 能够反映出群落内部食物网的复杂程度及它们之间的制约作用,体现出群落对外界的抗干扰和适应能力。从表5中可以发现,3个桃园之间的 S_i/S_i 的比值排列为:富阳桃园 > 奉化桃园 > 嘉兴桃园,说明富阳桃园昆虫的物种种类比较多,相对应的个体数较少,个别物种的变动产生的影响比另外两个桃园小; S_n/S_p 的比值

排列为: 富阳桃园 > 嘉兴桃园 > 奉化桃园, 说明富阳桃园的食物网结构较另外两个桃园复杂, 遇到外界的迫害时, 适应和调节能力更强。结合这两点分析, 可以看出, 富阳桃园昆虫群落的稳定性比其他两个桃园高。

表 5 不同桃园昆虫群落的相对稳定性数值

Table 5 The relative stability value of insect communities in different peach orchards

项目 Item	桃园 Peach orchard		
	嘉兴 Jiaxing	富阳 Fuyang	奉化 Fenghua
S_i/S_i	0.0176	0.1047	0.0881
S_n/S_p	0.7884	1.5936	0.7615

3 结论与讨论

浙江主要桃产区桃园共获昆虫标本 23247 号, 其中嘉兴桃园 13826 号, 富阳桃园 5577 号, 奉化桃园 3844 号。昆虫群落丰富, 结构复杂, 鞘翅目、鳞翅目、半翅目、双翅目等为优势类群。嘉兴桃园的主要害虫为桃一点叶蝉、桃蚜, 富阳为小长蝽, 这 3 种害虫在不同的时间也同为奉化的主要害虫。而在天敌种类上, 奉化的天敌种类比较丰富。嘉兴和富阳桃园的主要天敌是麦蛾柔茧蜂、黑小唇泥蜂, 奉化桃园的主要天敌是麦蛾柔茧蜂、短刺刺腿食蚜蝇。其中, 桃蚜的主要天敌有大草蛉 *Chrysopa septempunctata*、异色瓢虫、龟纹瓢虫 *Propylaea japonica*、七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* 等, 桃一点叶蝉的主要天敌有异色瓢虫、龟纹瓢虫、草蛉等 (张安盛, 2002)。在本次调查结果中, 这些天敌均有对应出现, 且部分天敌为优势种。但存在一部分天敌数量相对较少, 如七星瓢虫, 可能是由于同一种害虫有许多不同的天敌, 有些天敌发展为优势种, 另一些天敌则数量相对恒定。麦蛾柔茧蜂是本次调查中 3 个桃园的主要天敌, 其通过寄生于幼虫体表来防治害虫, 如甜菜夜蛾、小菜蛾等。这些昆虫在此次调查中均有出现, 但并非为主要害虫, 推测该结果可能与本次采集的方法有关。昆虫的幼虫一般存在于植物的体表, 通过马来氏网法、灯诱法、黄盘法等很难采集到这些幼虫, 因此使得其天敌为优势种, 而对应害虫不是优势种。此外, 不同的时间段, 桃园的主要害虫和天敌的优势种种类均

发生改变, 这可能与天气状态、果实成熟状况均有关 (张安盛等, 2003; 王光华, 2004)。通过对主要害虫和天敌的了解, 结合两者之间在时间上的同步性以及空间上的同域性 (王东, 2010), 可以合理的保护和利用自然天敌, 从而进行害虫的综合防治 (赵学娟等, 2010; 柯磊等, 2012; 米宏彬等, 2014)。

昆虫群落多样性特征指数是用来测定群落组织水平的重要指标, 它不但反映了群落中物种的富集度、变异程度和均匀度等, 而且还在不同程度上反映了不同地理、自然环境以及群落的发展状况 (孙儒泳, 2001)。通过对各桃园的昆虫群落多样性特征指数、特征指数的时间变化、群落稳定性分析得出, 各昆虫群落的相对稳定性的大小为富阳 > 奉化 > 嘉兴。富阳桃园的昆虫群落在物种丰富度上显著高于其他两个桃园, 总体上呈现出一个稳定的变化; 在多样性指数和均匀度指数上, 富阳桃园在 2/3 的时间段内均较另外两个桃园高, 最终的平均值也最高, 变化幅度最小; 在天敌类昆虫与害虫类昆虫数量的时间动态上, 富阳桃园的天敌类昆虫对害虫类昆虫能起到较好的控制作用, 而嘉兴和奉化桃园的调控能力相对比较薄弱; 在群落物种数与个体数的比值 S_i/S_i 和天敌类群种数与害虫类群种数的比值 S_n/S_p , 富阳桃园均偏高, 这些指标都表明富阳桃园昆虫群落稳定性相对较高, 结构复杂, 对于外界的适应调节能力最强。本文中, 富阳桃园的各項分析结果均为一致, 因此该桃园昆虫群落最为稳定。而对于另外两个桃园的昆虫群落, 从均匀度指数和多样性指数的一致性出发, 发现奉化桃园的稳定性要强于嘉兴桃园, 而 S_n/S_p 的数值则显示嘉兴桃园 > 奉化桃园, 但由于数值相差较小, 综合比较推断奉化桃园稳定性要高于嘉兴桃园。

已有研究表明, 浙江省内存在极个别的杨梅园、柑橘园的土壤重金属含量偏高 (尚素微等, 2010; 林媚等, 2010), 进而对果实的品质和产量都造成了影响。重金属的来源有许多途径 (林芎华和刘佳敏, 2011; 李波等, 2005), 如成土母质、交通运输、人为因素等等。而昆虫群落多样性的降低、昆虫生态系统的不稳定, 这些结果都是昆虫对外界环境 (如化学农药) 的直接反应。本文中, 3 个桃园昆虫群落多样性的结果显示, 富阳桃园昆虫群落多样性最高, 其次是奉化桃园, 最后是嘉兴桃园。富阳桃园和奉化桃园主要坐落

于山区,周围空气环境较好,灌溉水也来自于山间。奉化桃园接近景区,不间断会出现车流高峰,从而可能导致昆虫群落多样性降低。嘉兴桃园是以农田为基础开发而成,环境空气较另外两个桃园差,并且周围有大量的公路,推测这样的环境条件导致其昆虫群落多样性降低。因此,桃园的土壤重金属含量与昆虫群落多样性之间的关联性值得进一步探究。并且,目前关于桃园的土壤重金属含量对昆虫多样性的影响,更多的是研究对土壤昆虫多样性的影响,对于土壤以外间接通过食物链受影响的昆虫多样性研究非常少。本实验通过不同的方法采集昆虫,分别统计分析,这对探究后者的联系提供了数据基础。

害虫的治理与昆虫多样性有着密不可分的关系,有学者指出,控制特定的某种生物最佳方式即改变群落,而非攻击生物本身(李志强等,2009)。通过对桃园昆虫群落的调查与分析,从而可利用桃园内不同的昆虫类群,改善桃园的生态环境,进一步加强对桃园的生物多样性保护,建立稳定高效的生态型桃园,才能在保护环境的同时,实现经济效益(卢志兴等,2013)。

致谢: 嘉兴市南湖区林业与蚕桑站对本研究工作提供的支持与协助。

参考文献 (References)

- Andow DA. Vegetational diversity and arthropod population response [J]. *Annual Review of Entomology*, 1991, 36: 561 - 568.
- Chen Y. The Research about the Development of Fruit Industry and Countermeasures for Industrial Upgrading in Zhejiang Province [D]. Zhejiang: Zhejiang University, 2007. [陈怡. 浙江果业发展现状与产业提升对策研究 [D]. 浙江: 浙江大学, 2007]
- Chen YG, Xiong JJ, Huang MD, et al. Diversity and stability of arthropod assemblage in tea orchard [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15 (5): 875 - 878. [陈亦根, 熊锦君, 黄明度, 等. 茶园节肢动物类群多样性和稳定性研究 [J]. 应用生态学报, 2004, 15 (5): 875 - 878]
- Deng B, Li CX, Yang H, et al. Field investigation on efficacy of CO₂ trapping lamp and mosquito curtain trap catching mosquitoes [J]. *Chinese Journal Vector Biology and Control*, 2008, 19 (6): 503 - 504. [邓兵, 李春晓, 杨惠, 等. CO₂灯诱法与人帐诱捕法捕蚊效果现场调查 [J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2008, 19 (6): 503 - 504]
- Han ZW, Ma L, Cao CW, et al. The structure and diversity of insect community in Taihu Wetland [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33 (14): 4387 - 4397. [韩争伟, 马玲, 曹传旺, 等. 太湖湿地昆虫群落结构及多样性 [J]. 生态学报, 2013, 33 (14): 4387 - 4397]
- Jiang JX, Wan NF, Ji XY, et al. Diversity and stability of arthropod community in peach orchard under effects of ground cover vegetation [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2001, 22 (9): 2303 - 2308. [蒋杰贤, 万年峰, 季香云, 等. 桃园生草对桃树节肢动物群落多样性与稳定性的影响 [J]. 应用生态学报, 2001, 22 (9): 2303 - 2308]
- Ke L, Shi XL, Zou YD, et al. Relationships between main insect pests and their predatory natural enemies in Yuhualu juicy peach orchard [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32 (22): 6972 - 6983. [柯磊, 施晓丽, 邹运鼎, 等. 雨花露水蜜桃主要害虫与其捕食性天敌的关系 [J]. 生态学报, 2012, 32 (22): 6972 - 6983.]
- Landis DA, Wratten SD, Gurr GM. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture [J]. *Annual Review of Entomology*, 2000, 45: 175 - 201.
- Li B, Lin YS, Zhang XF, et al. Pollution of heavy metals in soil and agricultural products on sides of Ning - Lian superhighway [J]. *Journal of Agro - Environment Science*, 2005, 24 (2): 266 - 269. [李波, 林玉锁, 张孝飞, 等. 宁连高速公路两侧土壤和农产品中重金属污染的研究 [J]. 农业环境科学学报, 2005, 24 (2): 266 - 269]
- Li SC. Study on Ecology of Arthropod Community [D]. Shanxi: Shanxi Agricultural University, 2004. [李生才. 果园节肢动物群落生态学 [D]. 山西: 山西农业大学, 2004]
- Li ZQ, Liang GW, Cen YJ, et al. Roles of organic management in restoration of arthropod community diversity in citrus orchard [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2009, 28 (8): 1515 - 1519. [李志强, 梁广文, 岑伊静, 等. 有机管理对柑橘园节肢动物群落多样性恢复的作用 [J]. 生态学杂志, 2009, 28 (8): 1515 - 1519]
- Lin M, Feng XJ, Zhang WQ, et al. The quality and evaluation of soil heavy metal environment in citrus area in Taizhou [J]. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 2010, 9: 1301 - 1305. [林媚, 冯先桔, 张伟清, 等. 台州柑橘主产区土壤重金属环境质量及评价 [J]. 浙江农业科学, 2010, 9: 1301 - 1305]
- Lin XH, Liu JM. Investigation and analysis of heavy metal pollution of Banana soil in Zhangzhou [J]. *Subtropical Plant Science*, 2011, 40 (1): 31 - 33. [林萝华, 刘佳敏. 福建漳州市香蕉园土壤重金属污染调查分析 [J]. 亚热带植物科学, 2011, 40 (1): 31 - 33]
- Liu XP, Liu XH, Wang GH, et al. Insect community diversity and abundance in diversified pine forests [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25 (11): 2976 - 2982. [刘兴平, 刘向辉, 王国红, 等. 多样化松林中昆虫群落多样性特征 [J]. 生态学报, 2005, 25 (11): 2976 - 2982]
- Lv WY, Zhang YP, Qin XF, et al. Study on insect diversity and its community in different peach orchards [J]. *Journal of Henan Institute of Science and Technology*, 2008, 36 (1): 31 - 34. [吕文彦, 张育平, 秦雪峰, 等. 不同生态桃园昆虫群落多样性研究 [J]. 河南科技学院学报, 2008, 36 (1): 31 - 34]
- Lu ZX, Li Q, Zhang W. Diversity of insects in citrus orchards in Huangning County, Yunnan Province [J]. *Journal of Northwest*

- Forestry University*, 2013, 28 (4): 127 - 131. [卢志兴, 李巧, 张威. 云南省华宁县 3 种柑橘幼园昆虫多样性研究 [J]. 西北林学院学报, 2013, 28 (4): 127 - 131]
- Mi HB, Cao Z, Zhang F, *et al.* Community structure and population dynamics of predacious arthropods in peach orchard [J]. *Entomological Knowledge*, 2014, 51 (1): 80 - 89. [米宏彬, 曹祝, 张帆, 等. 桃园捕食性节肢动物群落结构及动态研究 [J]. 昆虫知识, 2014, 51 (1): 80 - 89]
- Qin LZ, Li BG, Qi GH. The research advances of orchard insectcommunity [J]. *Journal of Hebei Agricultural University*, 2003, 26 (Z1): 198 - 200. [秦立者, 李保国, 齐国辉. 果园昆虫群落变化研究进展 [J]. 河北农业大学学报, 2003, 26 (Z1): 198 - 200]
- Shang SW, Chai ZL, Zhu JL, *et al.* Evaluation on soil heavy metal content in *Myrica rubra* producing area of Zhejiang province [J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2010, 22 (4): 66 - 68. [尚素微, 柴振林, 朱杰丽, 等. 浙江省杨梅产地土壤重金属含量水平及其评价 [J]. 江西农业学报, 2010, 22 (4): 66 - 68]
- Sun RY. Principles of Animal Ecology (third edition) [M]. Beijing: Beijing Normal University Press, 2001: 394 - 403. [孙儒泳. 动物生态学原理 (第三版) [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2001: 394 - 403]
- Wan NF, Ji XY, Jiang JX, *et al.* Effects of ground cover on the niches of main insect pests and their natural enemies in peach orchard [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2011, 30 (1): 30 - 39. [万年峰, 季香云, 蒋杰贤, 等. 桃园生草对桃树上主要害虫及天敌生态位的影响 [J]. 生态学杂志, 2011, 30 (1): 30 - 39]
- Wang D. Study on the Structure Characteristics and Control Technology of Insect Community in Peach Orchard [D]. Shandong: Shandong Agricultural University, 2010. [王东. 桃园昆虫群落结构特征及主要害虫防控技术的研究 [D]. 山东: 山东农业大学, 2010]
- Wang GH. The Study on the Community Dynamics of Main Pests and Natural Enemies and the Harmless Control in Litchi Orchard [D]. Henan: Henan Agricultural University, 2004. [王光华. 荔枝园主要害虫与天敌的群落动态及其无公害控制研究 [D]. 河南: 河南农业大学, 2004]
- Wang SS, Ou KF, Xia WS, *et al.* Study on insect community diversity and seasonal dynamic of garden wetland in Wuhan city [J]. *Journal of Environment Entomology*, 2012, 34 (3): 265 - 276. [王珊珊, 欧克芳, 夏文胜, 等. 武汉市湿地公园昆虫群落多样性及季节动态研究 [J]. 环境昆虫学报, 2012, 34 (3): 265 - 276]
- Wei YP. Effect of Plants Diversity on Insect Communities in Apple Orchards in the Loess Plateau [D]. Shanxi: Northwest Agriculture & Forestry University, 2010. [魏永平. 黄土高原苹果园植物多样性及其对果园昆虫群落的影响 [D]. 陕西: 西北农林科技大学, 2010]
- Yang GJ, Jia YX, Wang XP, *et al.* Diversity of carabid beetles community across alfalfa - desert grassland ecotone in Yangchi of Ningxia, China [J]. *Journal of Environment Entomology*, 2015, 37 (3): 483 - 491. [杨贵军, 贾彦霞, 王新谱, 等. 苜蓿 - 荒漠草地交错带步甲昆虫多样性 [J]. 环境昆虫学报, 2015, 37 (3): 483 - 491]
- You P, Li HH. Species richness and diversity of moth communities in Tianjin Wetlands; implications for environmental management [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26 (3): 629 - 637. [尤平, 李后魂. 天津湿地蛾类丰富度和多样性及其环境评价 [J]. 生态学报, 2006, 26 (3): 629 - 637]
- Yu WF, Wang ZL, He J, *et al.* The development status and countermeasures of fruit industry in yuhang district, Hangzhou [J]. *South China Agricultural*, 2014, 8 (21): 130 - 132. [俞卫甫, 王朝丽, 何娟, 等. 杭州市余杭区水果产业发展现状及对策 [J]. 南方农业, 2014, 8 (21): 130 - 132]
- Zhang AS, Feng JG, Yu Y, *et al.* Study on the community dynamics of main pests and natural enemies and the community structure [J]. *Entomological Journal of East China*, 2003, 12 (2): 65 - 71. [张安盛, 冯建国, 于毅, 等. 桃园主要害虫、天敌种群动态及其群落结构的研究 [J]. 华东昆虫学报, 2003, 12 (2): 65 - 71]
- Zhao XJ, Xu YL, Zhou YD, *et al.* Relationships between three main pests in peach orchards and their natural enemies in different years [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30 (20): 5527 - 5536. [赵学娟, 徐玉蕊, 邹运鼎, 等. 不同年份油桃园三种主要害虫与其天敌的关系 [J]. 生态学报, 2010, 30 (20): 5527 - 5536]
- Zhou XZ. Studies on the Dynamics of Pest and Natural Enemy Communities in Peach Orchards [D]. Anhui: Anhui Agricultural University, 2002. [周夏芝. 桃园害虫及天敌群落动态研究 [D]. 安徽: 安徽农业大学, 2002]