

油茶中幼林昆虫群落结构及时序格局*

李 密^{1,2**} 何 振^{1,2} 李 科³ 周 刚^{1,2***} 廖晓武⁴

(1. 湖南省林业科学院, 长沙 410004; 2. 国家林业局油茶研究开发中心, 长沙 410004;

3. 岳阳市林业科学研究所, 岳阳 414000; 4. 湖南省耒阳市林业局, 耒阳 421800)

摘 要 【目的】明确油茶中幼林昆虫群落、害虫亚群落和天敌亚群落的结构特征、时序格局及其相互关联。【方法】于 2014 年 6 月—2015 年 5 月, 采用固定样地五点取样法对 5~6 年生油茶中幼林昆虫群落进行了系统调查, 并运用最优分割法和模糊聚类法对收集数据进行了分析。【结果】共记录油茶中幼林昆虫 1 648 头, 隶属 10 目 62 科 137 种, 其中害虫 83 种、天敌昆虫 36 种。6 月初和 10 月中旬害虫的物种数、个体数、多样性指数均达到最大值, 天敌与害虫的发生出现不明显的滞后现象, 传粉昆虫 10 月下旬活动最为频繁。将害虫亚群落划分为 9 个区段, 发展期-波动期-稳定期-衰退期-过渡期-发展期-波动期-稳定期-衰退期; 天敌亚群落被划分为 6 个区段, 发展期-稳定期-衰弱期-发展期-稳定期-衰弱期; 昆虫总群落划分为 4 个区段, 发展期-波动期-稳定期-衰退期, 各区段的特点与作物物候期和各个亚群落的发生特点均存在不同程度的关联。油茶中幼林害虫亚群落、天敌亚群落、昆虫总群落时序聚类结果基本相同, 均被划分为三类: 发展期、稳定期和衰弱期, 只是在各个期间不同群落的发生时间略有差别。【结论】油茶中幼林昆虫物种丰富, 昆虫群落结构在一年中具有间断性、连续性和复杂性, 5 月中旬和 9 月中下旬是油茶害虫管理的关键时期。

关键词 油茶, 中幼林, 昆虫群落结构, 最优格局, 物种多样性

Community structure and temporal patterns of insect abundance in young oil-tree forests

LI Mi^{1,2**} HE Zhen^{1,2} LI Ke³ ZHOU Gang^{1,2***} LIAO Xiao-Wu⁴

(1. Hunan Forestry Academy, Changsha 410004, China; 2. Camellia oleifera Research and Development Center of State Forestry

Administration, Changsha 410004, China; 3. Yueyang Institute of Forestry Science and Research, Yueyang 414000, China;

4. Forestry Bureau of Leiyang County, Leiyang 421800, China)

Abstract 【Objectives】To define the structure, characteristics, temporal patterns and relationships of the general insect community, pest sub-community, and natural enemy sub-community, in young *Camellia oleifera* forest. 【Methods】A survey of the insect community was conducted using the five point sampling method from June 2014 to May 2015 and the data obtained analyzed with optimal partitioning and fuzzy clustering. 【Results】A total of 1 648 individuals, belonging to 10 orders, 62 families and 137 species were collected, including 83 species of pest insects and 36 species of natural enemies. Numbers of species, individual insects, and the pest diversity index, all peaked in early June and the mid-October. There was no close synchrony, or hysteresis, between natural enemies and pest species. Pollinators were the most active species in late October. The optimization stages of the pest sub-community, natural enemy sub-community, and general insect community were respectively divided into nine (development stage-fluctuation stage-stationary stage-decline stage-transition stage-development stage-fluctuation stage-stationary stage-decline stage), six (development stage-stationary stage-decline stage-development stage-stationary stage-decline stage) and four (namely, development stage-fluctuation stage-stationary stage-

*资助项目 Supported projects: 湖南省科技厅科技计划重点项目 (2014NK2013); 湖南省林业科技计划项目 (XLK201403); 湖南省科技重大专项 (2013FJ1006)

**第一作者 First author, E-mail: 673858111@qq.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: zg8691@sina.com

收稿日期 Received: 2016-04-21, 接受日期 Accepted: 2016-08-09

decline stage) stages, and the characteristics of different stages were closely related to crop phenology and the population dynamics of each sub-community. However, fuzzy clustering showed that the general insect community, pest sub-community, and natural enemy sub-community, were divided into three stages (development stage-stationary stage-decline stage), but with differences among each community at each stage. **[Conclusion]** Young oil-tree forest has high insect species richness, and its insect community structure is characterized by intermittence, continuity and complexity. The crucial periods for pest management are in mid-May, and from mid to late September.

Key words *Camellia oleifera*, young forest, insect community structure, optimal partition, species diversity

时间格局是群落的动态特征之一。研究群落的时间格局有助于认识群落随时间变化的特征 (Anderson, 2007), 可深入了解群落与植被之间、群落自身之间的相互作用机制 (Pinheiro *et al.*, 2002), 对群落的调控及有害生物的综合治理起到重要的作用 (Lawton and Gaston, 1989)。刘仲长等 (2002) 将苜蓿人工草地节肢动物群落在时间动态中的变化划分为 4 个阶段, 分析了各阶段内主要害虫和天敌的发生特点, 提出了害虫的治理对策; 高书晶等 (2004) 依据麦田昆虫群落的组成与结构, 结合小麦生育期, 将麦田昆虫群落动态划分为 5 个阶段, 并指出不同阶段昆虫群落特点及相应的害虫防治策略; 胡竞辉等 (2010) 的研究表明梨园栽培芳香植物对节肢动物群落整个时序特征产生了较大影响, 可促进梨园生态系统的稳定性, 且明确了梨园害虫管理的关键时期。

油茶是我国特有的多年生油料木本植物。在国家相关政策的推动下, 大面积油茶中幼林如雨后春笋般在各个栽培区涌现。油茶全年可抽梢 3~4 次, 花期 45~100 d, 果实生长期可达约 190 d (王湘南, 2014)。期间吸引了大量昆虫的来访, 同时也为害虫的繁衍提供了良好的平台。近年来有关油茶害虫的研究报道较多, 包括部分害虫的生物学、生态学等方面的研究 (李密等, 2014; 李苗苗等, 2015; 李志文等, 2015), 但是对于油茶林整个昆虫群落结构的研究仍为少见 (曹传旺等, 2008; 刘凌等, 2015), 尤其针对处于生长发育期的油茶中幼林的昆虫群落时间格局更是鲜为报道。本研究利用 2014 年 6 月—2015 年 5 月油茶中幼林昆虫群落系统调查的数据, 采用最优分割法和模糊聚类法进行了分析, 旨在明确作为典型生长期的中幼龄油茶中昆虫群落、害虫亚群落

和天敌亚群落的结构特征、时间格局及其相互关联, 阐明油茶中幼林害虫人为管理的最佳时机, 进一步探讨如何利用昆虫群落之间的关系实现林地害虫的可持续控制, 为促进油茶有害生物绿色防控体系的构建提供基础数据。

1 调查和研究方法

1.1 试验地及其概况

试验选择在具有“中国油茶之乡”之称的耒阳进行。耒阳市位于湘南中心, 地处湖南盆地南缘向五岭山脉过渡地段, 属于亚热带季风湿润气候区, 年均日照时数 1 608 h, 年均气温 17.9℃, 年均降水量 1 335.8 mm (李密等, 2014)。试验地位于耒阳市南京乡 (112°40'52"E, 26°21'54"N), 海拔 200~300 m, 栽培油茶品种为普通油茶 (湘林系列), 栽培时间为 2009 年 11—12 月, 利用大型机械全垦后, 按照行距 2 m×3 m 的密度造林, 栽培面积约 330 hm², 连片分布在各个山丘及平地; 林地每年两次进行抚育和修剪, 据调查其抚育对象主要包括狗尾巴草 *Setaria viridis*、商陆 *Phytolacca acinosa*、杠板归 *Polygonum perfoliatum* 等杂草; 该地 2010 年因广西灰象 *Sympiezomias guangxiensis* 规模性发生进行过化学防治, 其后在调查期间 (2014 年 10 月) 针对油茶织蛾 *Casmara patrona* 进行过人工剪梢防治, 其它时间段均未采取过任何的防控措施。

1.2 调查方法

于 2014 年 6 月至 2015 年 5 月, 每月 1~2 次采用固定样地五点取样法进行调查。固定样地选取: 根据试验区地理特征及油茶分布状况, 在山角、山脊、山坡、平地等具有一定代表性区域进

行样地设置,共选取大小为 20 m×20 m 的样地 16 个;昆虫调查:在调查样地选取五个样点,每个样点幼龄植株 4 棵,调查时首先目测油茶植株上活动的昆虫,再根据昆虫活动或者危害症状,采用观察和振落法进行调查,对于熟悉的昆虫,用 Canon 相机和笔记本进行记录,对于不常见昆虫利用捕虫网或者昆虫采集管、袋进行采集后带回实验室进行饲养;标本统计及鉴定:每次调查返回后对记录种类及数量进行统计,并参照相关文献和资料(湖南省林业厅,1992;任顺祥等,2009)进行鉴定。

1.3 数据分析

1.3.1 多样性指数 采用物种丰富度指数(R)、多样性指数(H')、优势度指数(D)和均匀度指数(E)来描述油茶中幼林昆虫群落的多样性特征,计算公式如下。丰富度指数(Richness index) R : $R=S$; Shannon-Wiener 多样性指数: $H'=-\sum P_i \ln P_i$; Berger-Parker 优势度指数: $D=N_{\max}/N$; 均匀度指数: $E=H'/H'_{\max}=H'/\ln S$ 。以上各式中 N 为所有种类的个体数量之和, S 为物种数目, $N_{\max}$ 为优势种群数量, P_i 为第 i 个种类的个体数量与 N 之比(张晓明等,2015)。

1.3.2 最优分割 以各个调查时段昆虫群落的种类和数量为行,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法进行标准化处理后,采用有序样本最优分割法,将所有样本分为若干段,计算出各分割中各子段内群落的相异值,相异值最小者则与该子段内群落最相似(高宝嘉等,1998),最后计算段内误差函数的下降幅度,当下降幅度开始缩小时确定群落的最优分割段数及分割点(高宝嘉等,1998;高书晶等,2004)。

1.3.3 聚类分析 以各次调查和计算得到的丰富度指数(R)、个体数(N)、多样性指数(H')、优势度(D)和均匀度(E)作为群落聚类分析的指标,以调查时间为时序,对数据进行标准化处理后采用欧式最短距离法对 20 次调查的总群落、害虫亚群落和天敌亚群落结果进行聚类分析(胡竞辉等,2010)。

1.3.4 数据处理 原始数据分别采用 Excel(2007 版)、DPS(v9.50 版)和 SPSS(v19.0 版)软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 油茶中幼林昆虫群落结构特征

共记录油茶中幼林昆虫 1 648 头,隶属 10 目 62 科 137 种。其中,害虫 6 个目 45 科 83 种,以鳞翅目种类较多,鞘翅目其次;天敌昆虫 5 目 17 科 36 种,主要为鞘翅目和膜翅目昆虫;传粉昆虫 19 种,以膜翅目昆虫较多,包括 6 种天敌昆虫(广大腿小蜂 *Brachymeria lasus*、松毛虫黑点瘤姬蜂 *Xanthopimpla pedator*、中华马蜂 *Polistes chinensis*、黑带食蚜蝇 *Epistrophe balteata*、细带食蚜蝇 *Epistrophe cinctella* 和日本追寄蝇 *Exorita japonica*);中性昆虫均为双翅目昆虫。油茶中幼林昆虫群落结构组成见表 1。

害虫中以食叶性昆虫占绝对优势,共计 56 种,占害虫种类的 67.47%,以蓑蛾科、叶甲科和象甲科昆虫较为常见;刺吸式害虫 17 种,以假眼小绿叶蝉 *Empoasca vitis*、碧蛾蜡蝉 *Ceisha distinctissima* 个体数较大;钻蛀性昆虫 7 种,油茶织蛾、油茶堆砂蛀蛾 *Linoclostis gonatias* 普遍发生,茶籽象甲 *Curculio chinensis* 偶见;其它为取食枝条和树干表皮的害虫。天敌中以捕食性昆虫种类较多,共计 27 种,瓢虫科昆虫为优势天敌;寄生性天敌共计 9 种,常见的包括羽角姬小蜂 *Sympiesis* sp. 和广大腿小蜂 *Brachymeria lasus*。传粉昆虫优势种为油茶地蜂 *Andrena camellia*、大分舌蜂 *Colletes gigas* 和中华蜜蜂 *Apis cerana*。

2.2 油茶中幼林昆虫群落时序变化特征

利用调查所得的 20 组数据分析了油茶中幼林昆虫群落时序变化动态。由图 1 中害虫亚群落可见,害虫在各个月份均有出现,1 月 6 日可见少量越冬的油茶织蛾和天牛幼虫,从 3 月下旬开始,其它害虫逐渐出现并产生危害,到 6 月初无论害虫的物种数、个体数、物种多样性指数均达到最大值,随后逐渐减少;到 8 月下旬,油茶织蛾危害状显露,呈现较高虫口密度,害虫个体

表 1 油茶中幼林昆虫群落结构组成
Table 1 Insect community composition in *Camellia oleifera* young forest

类群 Composition	害虫 Pest			天敌 Natural enemy			传粉昆虫 Pollinator	中性昆虫 Neutral insect
	食叶 Leaf-eating	刺吸 Sucking	钻蛀 Boring	其它 Other	捕食 Predatory	寄生 Parasitic		
螳螂目 Mantodea					3			
等翅目 Isoptera				1				
直翅目 Orthoptera	6							
同翅目 Homoptera		11						
半翅目 Hemiptera		6			7			
鞘翅目 Coleoptera	15		2	1	10			
脉翅目 Neuroptera					2			
鳞翅目 Lepidoptera	34		5	1			5	
双翅目 Diptera					4	1	3	5
膜翅目 Hymenoptera	1				1	8	11	
共计 Total	56	17	7	3	27	9	19	5

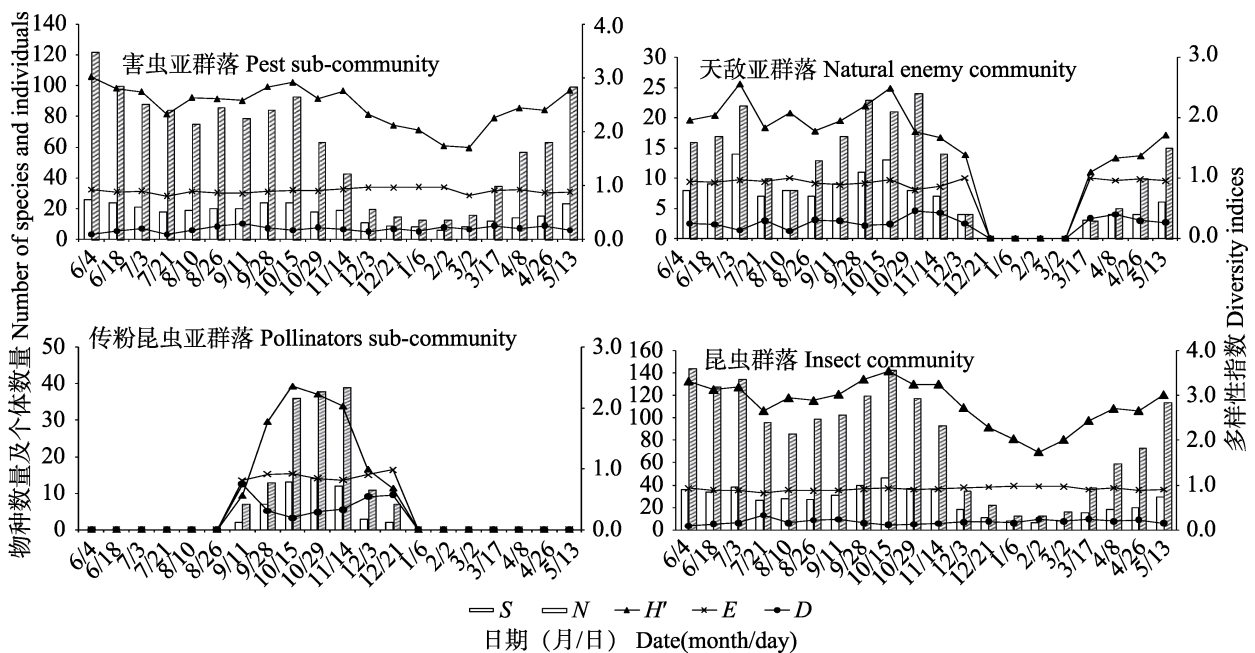


图 1 油茶中幼林昆虫群落时序变化特征
Fig. 1 Temporal variation of insect communities in *Camellia oleifera* young forest

S: 物种数; N: 个体数; H': 物种多样性指数; E: 均匀度指数; D: 优势度指数。
S: Number of species; N: Number of individuals; H': Shannon-Wiener index; E: Evenness index;
D: Berger-Parker dominance index.

数出现第 2 个高峰值,但此时物种多样性相对较小;10 月中旬害虫个体数、物种数和多样性指数均达到第 2 个高峰值,到 12 月仅留下部分越冬害虫。
由图 1 中天敌亚群落可见,在油茶中幼林中

天敌与害虫的发生呈现不明显的滞后现象。天敌群落个体数、物种数、多样性指数第一个高峰值均出现在 7 月初,与害虫群落最高值滞后近 1 个月;多样性指数第 2 个高峰值出现在 8 月初,与害虫个体数最大值出现的时间(8 月 26 日)有

所提前;多样性指数第3个高峰值在10月中旬出现,与害虫发生的第3个高峰期相同,个体数最大值在10月下旬出现,与害虫发生的第3个高峰期相对滞后约10 d。

由图1中传粉昆虫亚群落可见,传粉昆虫主要集中在出现于9月至12月,9月上旬花蕾部分绽放,中华蜜蜂最早感知;9月下旬大分舌蜂等进入油茶林;10月中旬油茶地蜂、大分舌蜂活动频繁;10月下旬油茶地蜂大量出现,并吸引了灰蝶、粉蝶、蛱蝶等传粉昆虫;11月下旬油茶地蜂、大分舌蜂个体数量均达到最大值,随后逐渐减少。总体而言,传粉昆虫物种多样性指数、物种数、个体数分别在10月中旬、10月底、11月中旬达到最大值。

总体来看,油茶中幼林昆虫总群落个体数、物种数和多样性指数均呈现两个高峰值,第1个出现在7月初,第2个出现在10月中旬。均匀度指数总体平稳,优势度系数变化幅度不大。

2.3 油茶中幼林昆虫群落时间动态最优格局分析

害虫亚群落被划分为9个区段,各区段的特

点与中幼林油茶物候期密切相关。第1个区段为3月17日至4月26日,此时油茶春梢开始萌动、果实开始进入生长期,害虫逐渐聚集,为害虫群落发展期;第2个区段为5月13日,此时春梢逐渐木质化,害虫物种数、个体数到达较大值,为害虫群落波动期;第3个区段为6月4日,春梢木质化同时夏梢萌发、果实开始迅速成长,害虫物种数和个体数达到最大值,为害虫群落的第一个稳定期;第4个区段为6月18日至7月3日,此时夏梢继续萌发,但是由于害虫种间竞争、天敌介入等原因,有效的控制了部分害虫的发生,进入衰退期;第5个区段为7月21日,此时夏梢木质化、果实进入成长最快阶段,害虫处于低谷期,为害虫群落的过渡期;第6区段为8月10日至8月26日,此时枝条基本停止生长,当年生叶片基本成熟,为害虫的第2个发展期;第7区段为9月11日至9月28日,此时秋梢开始萌发,再次吸引大量害虫迁入,为害虫第2个波动期;第8区段为10月15日至10月29日,此时秋梢木质完全、果实成熟,此时害虫物种数

表2 油茶中幼林昆虫群落时间格局最优分割

Table 2 Optimization cut apart to temporal pattern of insect communities in *Camellia oleifera* young forest

群落 Communities	分类数 Classification level	误差函数 Stage general variance	最优分割结果 Result of optimization cut apart
害虫亚群落 Pest sub-community	7	48.6658	1, 2-3, 4, 5-6, 7-10, 11-19, 20
	8	40.6109	1, 2-3, 4, 5-6, 7-8, 9-10, 11-19, 20
	9	32.7180	1, 2-3, 4, 5-6, 7-8, 9-10, 11-16, 17-19, 20
	10	25.5019	1, 2-3, 4, 5, 6, 7-8, 9-10, 11-16, 17-19, 20
	11	18.9611	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7-8, 9-10, 11-16, 17-19, 20
天敌亚群落 Natural enemy sub-community	5	37.3840	1-2, 3-5, 6-8, 9-10, 11-20
	6	30.9005	1-2, 3, 4-5, 6-8, 9-10, 11-20
	7	26.0055	1-2, 3, 4, 5, 6-8, 9-10, 11-20
	8	21.6041	1-2, 3, 4, 5, 6-7, 8, 9-10, 11-20
	9	17.4696	1, 2, 3, 4, 5, 6-7, 8, 9-10, 11-20
昆虫总群落 Insect general community	2	187.9874	1-11, 12-20
	3	161.3460	1-11, 12-16, 17-20
	4	138.8241	1-11, 12-16, 17-19, 20
	5	121.0562	1-5, 6-11, 12-16, 17-19, 20
	6	104.5853	1-3, 4-5, 6-11, 12-16, 17-19, 20

1 : 6/4; 2 : 6/18; 3 : 7/3; 4 : 7/21; 5 : 8/10; 6 : 8/26; 7 : 9/11; 8 : 9/28; 9 : 10/15; 10 : 10/29; 11 : 11/14; 12 : 12/3; 13 : 12/21; 14 : 1/6; 15 : 2/2; 16 : 3/2; 17 : 3/17; 18 : 4/8; 19 : 4/26; 20 : 5/13.

和个体数达到最大值,为害虫群落的第2个稳定期;第9区段为11月14日至来年的3月2日,此时油茶基本停止生长,害虫由于人为的干扰,温度下降等原因进入休眠、越冬状态,为害虫的第2个衰退期。

天敌亚群落被划分为6个区段,各区段的特点与害虫发生特点密切相关。第一个区段6月4日至6月18日,此时害虫物种数和个体数丰富,天敌开始大量聚集,为天敌群落的发展期;第2个区段为7月13日,此时害虫数量减少,天敌昆虫无论物种和个体数均达到最大值,为天敌群落的稳定期;第3个区段为7月21日至8月10日,害虫活动呈现出静态特征,天敌群落则处于衰弱期;第4个区段为8月26日至9月28日,害虫第二轮侵袭,天敌数量逐渐增加,为天敌群落的第2个发展期;第5个区段为10月15日至10月29日,天敌伴随害虫数量的增加而增加,物种数、个体数和多样性指数在此期间达到峰值,处于第2个稳定期;第6个区段为11月14日至翌年的5月13日,害虫虫口密度减少,进入休眠,天敌则进入第2个衰弱期。

昆虫总群落被划分为4个区段,各区段的特点则主要与油茶幼林作物期及昆虫的发生规律有关。第1、2个区段时间分别为3月17日—4月26日和5月中旬,此时林间主要为害虫群落,为昆虫群落的发展期和波动期,与害虫群落分区基本相同;第3区段为6月4日至11月14日,由于作物生长加快,再加上害虫、天敌、传粉昆虫、中性

昆虫的综合作用,使总群落总体呈现出稳定状态;第4区段为12月3日至翌年的3月2日,作物停止生长、昆虫进入蛰伏状态,此时为昆虫的衰弱期。

2.4 油茶中幼林昆虫群落在时间系列上的系统聚类分析

油茶中幼林昆虫群落在时间序列上的聚类如图2所示。总体而言,害虫亚群落、天敌亚群落和昆虫总群落,均可被划分为3类:第一类为12月初至翌年的3月初,此时昆虫的物种数和个体数均小,多样性指数也相对较低,为昆虫群落休眠期。第二类为昆虫群落的发展期,从3月至11月,就害虫而言,又可将其分为发展初期(3月17日、4月8日、4月26日、8月10日和9月11日)、发展中期(5月13日、8月26日、9月28日)、发展后期(6月18日、7月3日和10月29日)和发展末期(7月21日、11月14日),此时害虫物种数、个体数时多时少,物种多样性忽高忽低,波动性较大;天敌亚群落基本与害虫发生情况类似,但时间上有所后移;昆虫总群落发展期在时间序列上的时间点相对害虫和天敌亚群落的较少,可分为两大块,发展初期(3月下旬至4月下旬)、发展中期(7月下旬至9月下旬)。第三类为昆虫群落的稳定期,害虫的稳定期主要在6月初和10月中旬,天敌的稳定期则为7月初和10月中旬,昆虫总群落的发展期可分为两个时间段,6月初至7月初、10月中旬至11月中旬。

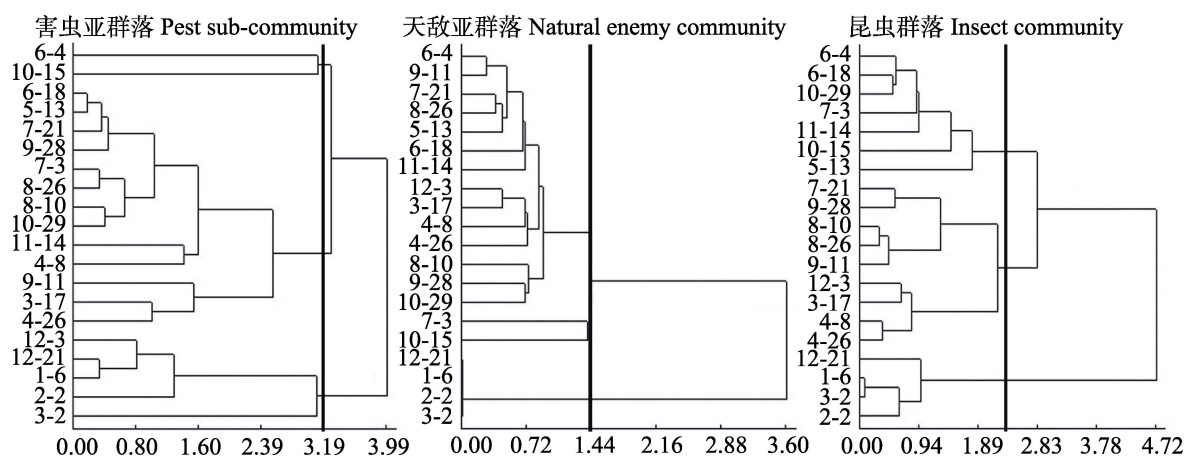


图2 油茶中幼林昆虫群落时间聚类图

Fig. 2 Seasonal clustering analyses of insect communities in *Camellia oleifera* young forest

3 讨论

采用固定样地五点取样法对油茶中幼林昆虫群落物种多样性进行了调查,共记录植食性昆虫 83 种、天敌昆虫 36 种、传粉昆虫 19 种,分别占油茶已记录相应昆虫的 24.92% (刘凌等, 2013; 何学友等, 2014) 和 7.20% (刘凌等, 2013) 和 35.18% (罗辑等, 2014), 由此可见油茶中幼林昆虫资源较为丰富, 但针对天敌昆虫种类在本次调查中记录种类较少, 有关天敌的调查仍有待加强。害虫中以广西灰象、油茶织蛾、油茶堆砂蛀蛾、油茶蓑蛾 *Clania minuscula* 数量较大。广西灰象属于杂食性害虫, 由于油茶林地采用全垦措施进行栽培, 破坏了地表植被, 致使其只能以油茶为食, 发生数量较大; 油茶织蛾和油茶堆砂蛀蛾主要为钻蛀性害虫, 其发生原因可能与 2014 年的气候或者与其本身的生活习性 (李苗苗等, 2015) 存在较大的关系; 油茶其它主要害虫, 如油茶尺蠖 *Biston marginata*、油茶毒蛾 *Euproctis pseudoconspersa*、油茶史氏叶蜂 *Caliroa camellia*、茶籽象甲、茶角胸叶甲 *Basilepta melanopus* 等害虫的种群密度较低, 这主要与油茶处于生长期、郁闭度较低等因素有关 (李密等, 2014; 李志文等, 2015)。油茶地蜂为油茶林主要传粉昆虫, 其次为大分舌蜂和中华蜜蜂, 结果与前人报道基本一致 (邓园艺等, 2010), 但在本次调查林地中仅见少数油茶地蜂的巢穴, 由此推测大部分油茶地蜂是由附近油茶成熟林或者老林迁飞至此 (丁亮等, 2007), 如何针对中幼林传粉昆虫进行保护, 有待进一步研究。

油茶中幼林昆虫时间分布呈现多种变化态势, 害虫可出现两个物种数、个体数、多样性指数最大值, 分别为 6 月初和 10 月中旬, 此结果与部分研究不同, 如李密等 (2013) 研究表明, 害虫以 5 月和 9 月发生数量较大, 但该研究仅考虑了其物种数和个体数, 并综合了不同林分的结果; 天敌与害虫的发生呈现出并不明显的滞后现象, 即天敌的出现大部分时间均滞后于害虫的发生, 但在 8 月初却出现提前、10 月中旬出现同步的现象, 这主要与部分天敌跟踪的对象 (每种

天敌仅能对一种或几种害虫紧密追随) 出现的节律 (Wilby and Thomas, 2002) 有关, 或者与部分天敌寄生于害虫体内不易发觉有一定的关联性; 传粉昆虫出现时间基本与油茶花期一致, 主要集中在 10 月初至 12 月底, 但品种不同、花期不同, 传粉昆虫的出现时间是否有所差异, 此方面的相关报道不为多见。依据最优分割将害虫亚群落划分为 9 个区段, 天敌亚群落被划分为 6 个区段, 昆虫总群落划分为 4 个区段, 结果相比其它作物的昆虫群落时间格局较复杂 (高书晶等, 2004; 邹运鼎等, 2005), 这主要与油茶的物候期 (每年抽梢 3 次, 果实期较长) 调查对象为中幼龄作物有关 (杜超等, 2011), 再则与本次调查设计存在跨年现象也存在一定的关联性。但是根据聚类结果, 无论油茶中幼林害虫亚群落、天敌亚群落、还是昆虫总群落, 均被划分为 3 类: 发展期、稳定期和衰退期, 与相关报道基本一致 (高宝嘉等, 1998; 黄保宏等, 2005; 张晓明等, 2015), 聚类结果基本反映了群落状况的季节性差异, 昆虫群落结构在一年中既有间断性, 也有连续性和复杂性 (邹运鼎等, 2005)。由此, 可将油茶中幼林昆虫群落时序特点划分成三个不同的阶段, 但是在每个阶段参杂有各个群落的不同时序特征。

害虫亚群落 9 个区段, 包括两个发展期、波动期、稳定期、衰退期和一个过渡期。过渡期主要反映的是群落从一个结构特征转变为另一个结构特征的时间段 (佟富春等, 2004), 本研究表明该时间段主要集中在 7 月下旬, 此时气温基本达到全年最高水平, 夏梢木质化、果实进入成长最快阶段, 害虫处于低谷期, 正是春夏季害虫与夏秋季害虫出现的一个分水岭, 结果与部分报道基本一致 (李密等, 2013; 刘凌等, 2015)。害虫的两个波动期为 5 月中旬和 9 月中下旬, 此时害虫优势种明显, 为人为管理的关键时期, 可适当进行虫枝修剪 (廖仿炎等, 2015)、生物药剂防治 (何学友等, 2011) 等措施进行害虫种群防控; 而稳定时期 (6 月上旬和 10 月中旬), 害虫之间、天敌与害虫之间存在某种动态平衡因此无需过多的人为干扰; 发展期 (3 月下旬至 4 月

下旬和 8 月上旬至 8 月下旬)则可通过人工释放昆虫天敌,增加天敌种群数量,抑制部分害虫种群数量(Shipp and Wang, 2003)。李密等(2013)对不同林龄油茶林害虫群落多样性进行调查结果表明,新造林害虫优势度较大应该加以控制,但本研究表明可适度通过人为干扰进行调控,这主要与其调查的新造林正是幼龄期(1~4 年生)有关。由此,时间格局中有关昆虫群落在从油茶幼林到成林、从成林到老林到底是如何演替?此值得进一步研究。

参考文献 (References)

- Anderson KJ, 2007. Temporal patterns in rates of community change during succession. *The American Naturalist*, 169(6): 780–793.
- Cao CW, Fang GF, Zhou MS, Liu XL, Bi SD, Ding YZ, 2008. Path analysis of diversity and its main ecological indices of arthropod community in oil Camellia orchard. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 24(12): 385–388. [曹传旺, 方国飞, 周明善, 刘小林, 毕守东, 丁玉洲, 2008. 油茶园节肢动物群落多样性与主要生态指标关系的通径分析. 中国农学通报, 24(12): 385–388.]
- Chen H, Jin Y, Zhao ZM, 2004. Studies on insect communities (including arachnida and mollusca) of gourd vegetables III. Quantitative dynamics of the communities. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Nankaiensis*, 37(1): 92–96. [陈宏, 靳阳, 赵志模, 2004. 瓜类蔬菜昆虫群落(包括蛛形纲和软体动物)的研究. 群落数量动态. 南开大学学报: 自然科学版, 37(1): 92–96.]
- Deng YY, Yu XL, Luo YB, 2010. The role of native bees on the reproductive success of *Camellia oleifera* in Hunan Province, Central South China. *Acta Ecologica Sinica*, 30(16): 4427–4436. [邓园艺, 喻勋林, 罗毅波, 2010. 传粉昆虫对我国中南地区油茶结实和结籽的作用. 生态学报, 30(16): 4427–4436.]
- Ding L, Huang DY, Zhang YZ, Huang HR, Li J, Zhu CD, 2007. Observation on the nesting biology of *Andrena camellia* Wu (Hymenoptera: Andrenidae). *Acta Entomologica Sinica*, 50(10): 1077–1082. [丁亮, 黄敦元, 张彦周, 黄海荣, 李捷, 朱朝东, 2007. 油茶地蜂营巢生物学观察. 昆虫学报, 50(10): 1077–1082.]
- Du C, Zhao HY, Gao HH, Li JF, Luo K, Hu ZQ, Hu XS, 2011. Arthropod community reestablishment and niche of the main groups in kiwifruit orchards. *Acta Ecologica Sinica*, 31(11): 3246–3254. [杜超, 赵惠燕, 高欢欢, 李建峰, 罗坤, 胡祖庆, 胡想顺, 2011. 猕猴桃园节肢动物群落重建及主要类群的生态位. 生态学报, 31(11): 3246–3254.]
- Gao BJ, Shen SG, Wang ZW, Zhang YH, 1998. Studies on the temporal structure and dynamis of the insect communities in gardens. *Acta Ecologica Sinica*, 18(2): 193–197. [高宝嘉, 申曙光, 王正文, 张玉会, 1998. 园林昆虫群落时间结构及动态研究. 生态学报, 18(2): 193–197.]
- Gao SJ, Pang BP, Yu Y, Lu H, 2004. Seasonal dynamics and structures of insect communities in wheat fields. *Chinese Journal of Ecology*, 23(6): 47–50. [高书晶, 庞保平, 于洋, 路慧, 2004. 麦田昆虫群落的结构与时序动态. 生态学杂志, 23(6): 47–50.]
- He XY, Cai SP, Tong YH, Xiong Y, Huang Y, Xie JD, Chen SL, 2011. Pathogenicity evaluation of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against adults of *Basilepta melanopus* (Coleoptera: Eumolpidae). *Acta Entomologica Sinica*, 54(11): 1281–1287. [何学友, 蔡守平, 童应华, 熊瑜, 黄勇, 谢家冬, 陈顺立, 2011. 球孢白僵菌和金龟子绿僵菌不同菌株对黑足角胸叶甲成虫的致病力评价. 昆虫学报, 54(11): 1281–1287.]
- He XY, Cai SP, Yan ZR, Han GY, Chen YD, Li ZZ, 2014. Nine newly recorded Lepidopterous insect pests on *Camellia oleifera* in China. *Journal of Fujian College of Forestry*, 34(3): 236–243. [何学友, 蔡守平, 詹祖仁, 韩国勇, 陈元德, 李志真, 2014. 危害油茶的 9 种鳞翅目新害虫. 福建林学院学报, 34(3): 236–243.]
- Hu JH, Wang MC, Kong Y, Yao YC, Wei W, Song BZ, Li ZR, 2010. Temporal structures of arthropod community of intercropping aromatic plants in pear orchard. *Acta Ecologica Sinica*, 30(17): 4578–4589. [胡竞辉, 王美超, 孔云, 姚允聪, 魏巍, 宋备舟, 李振茹, 2010. 梨园芳香植物间作区节肢动物群落时序格局. 生态学报, 30(17): 4578–4589.]
- Huang BH, Zou YD, Bi SD, Li HK, 2005. Time structure and dynamic of insect communities in plum of chard. *Chinese Journal of Applied Environmental Biology*, 11(2): 187–191. [黄保宏, 邹运鼎, 毕守东, 李恒奎, 2005. 梅园昆虫群落的时间结构及动态. 应用与环境生物学报, 11(2): 187–191.]
- Hunan Forestry Department, 1992. Iconography of Forest Insects in Hunan, China. Changsha: Hunan Science and Technology Press. 1–1422. [湖南省林业厅, 1992. 湖南森林昆虫图鉴. 长沙: 湖南科技出版社. 1–1422.]
- Lawton JH, Gaston KJ, 1989. Temporal patterns in the herbivorous insects of bracken: a test of community predictability. *The Journal of Animal Ecology*, 58: 1021–1034.
- Li M, Zou JH, He Z, Wu YP, Li HP, Xia YG, Liu YJ, 2013. Pest community composition and species diversity in *Camellia oleifera* forest of Hunan. *Journal of Central South University of Forestry & Technology*, 33(5): 11–15. [李密, 邹佳慧, 何振, 伍义平, 李海鹏, 夏永刚, 刘跃进, 2013. 湖南油茶林害虫群落

- 组成及其物种多样性. 中南林业科技大学学报, 33(5): 11–15.]
- Li M, Zhou G, He Z, Tan JC, Liu YJ, Wu YP, 2014. Spatial distribution patterns and the environmental interpretations of *Basilepta melanopus* (Coleoptera: Eumolpidae) adults in *Camellia oleifera* Young Forests. *Scientia Silvae Sinicae*, 50(5): 173–180. [李密, 周刚, 何振, 谭济才, 刘跃进, 伍义平, 2014. 油茶幼林茶角胸叶甲成虫空间分布型及其环境解释. 林业科学, 50(10): 173–180.]
- Li MM, Shu JP, Wang JT, Hua ZH, Liu DF, Wang HJ, Xu TS, 2015. Biological characteristics of *Casmara patrona* (Lepidoptera: Oecophoridae). *Forest Research*, 28(6): 900–905. [李苗苗, 舒金平, 王井田, 华正媛, 刘达富, 王浩杰, 徐天森, 2015. 油茶织蛾生物学特性研究. 林业科学研究, 28(6): 900–905.]
- Li ZW, He LH, Yang LJ, He B, Zeng AP, 2015. Opposition strategy of the camellia weevil, *Curculio chinensis* (Coleoptera: Curculionidae), on oil tea (*Camellia meiocarpa*). *Acta Entomologica Sinica*, 58(9): 981–988. [李志文, 何立红, 杨柳君, 何斌, 曾爱平, 2015. 小果油茶上油茶象的产卵策略. 昆虫学报, 58(9): 981–988.]
- Liao FY, Zhao DY, Qin CS, Xu JZ, Jie YZ, 2015. Present situation of research on diseases and pests of *Camellia oleifera* branches and controlling strategy. *Guangzhou Forest Science and Technology*, 31(2): 114–124. [廖仿炎, 赵丹阳, 秦长生, 徐金柱, 揭育泽, 2015. 油茶枝干病虫害研究现状及防治对策. 广东林业科技, 31(2): 114–124.]
- Liu CZ, Wang WX, Wu XG, Shang JW, 2002. Temporal pattern of arthropod community on cultivated alfalfa grassland. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 13(8): 990–992. [刘长仲, 王万雄, 吴小刚, 尚进文, 2002. 苜蓿人工草地节肢动物群落的时间格局. 应用生态学报, 13(8): 990–992.]
- Liu L, Ze SZ, Ji M, Yan ZL, Zhou N, Chen F, 2013. Review on the pests, mites and natural enemies on *Camellia oleifera* in China. *Journal of West China Forestry Science*, 42(1): 96–104. [刘凌, 泽桑梓, 季梅, 闫争亮, 周楠, 陈福, 2013. 中国油茶林害虫和螨类及其天敌研究综述. 西部林业科学, 42(1): 96–104.]
- Liu L, Yan ZL, Zhou N, Ze SZ, Ji M, Chen F, 2015. The Composition and diversity of arthropod community in *Camellia oleifera* Garden in Guangnan County of Yunnan Province. *Journal of West China Forestry Science*, 44(5): 33–38. [刘凌, 闫争亮, 周楠, 泽桑梓, 季梅, 陈福, 2015. 云南广南油茶园节肢动物群落组成和多样性特征. 西部林业科学, 44(5): 33–38.]
- Luo J, Zhao CJ, Huang HY, Jiang XJ, 2014. Variety investigation on pollinating insects of *Sasanqua* in Guangxi. *Guangxi Forestry Science*, 43(1): 61–65. [罗辑, 赵程勃, 黄华艳, 蒋学建, 2014. 广西油茶传粉昆虫多样性调查. 广西林业科学, 43(1): 61–65.]
- Pinheiro F, Diniz IR, Coelho D, Bandeira MPS, 2002. Seasonal pattern of insect abundance in the *Brazilian cerrado*. *Austral Ecology*, 27(2): 132–136.
- Ren SX, Wang XM, Pang H, Peng ZQ, Zeng T, 2009. Colored Pictorial Handbook of Ladybird Beetles in China. China. Beijing: Science Press. 126–246. [任顺祥, 王兴民, 庞虹, 彭正强, 曾涛, 2009. 中国瓢虫原色图鉴. 北京: 科学出版社. 126–246.]
- Shipp JL, Wang K, 2003. Evaluation of *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae) and *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthoridae) for control of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on greenhouse tomatoes. *Biological Control*, 28(3): 271–281.
- Tong FC, Wang QL, Liu XS, Xiao YH, 2004. Dynamics of soil fauna communities during succession process of secondary forests in Changbai Mountain. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 15(9): 1531–1535. [佟富春, 王庆礼, 刘兴双, 肖以华, 2004. 长白山次生林演替过程中土壤动物群落的变化. 应用生态学报, 15(9): 1531–1535.]
- Wang XN, 2011. Research on phenology and blossom biology of oil-tea tea camellia. Master thesis. Changsha: Central South University of Forestry & Technology. [王湘南, 2014. 油茶物候期及开花生物学特性研究. 硕士学位论文. 长沙: 中南林业科技大学.]
- Wilby A, Thomas MB, 2002. Natural enemy diversity and pest control: patterns of pest emergence with agricultural intensification. *Ecology Letters*, 5(3): 353–360.
- Zhang XM, Li Q, Chen GH, Shi AX, Song JX, 2015. Fuzzy clustering analysis of insect community structure in a *Zanthoxylum bungeanum* garden. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 52(1): 237–248. [张晓明, 李强, 陈国华, 石安宪, 宋家雄, 2015. 花椒园昆虫群落结构及时间动态的聚类分析. 应用昆虫学报, 52(1): 237–248.]
- Zou YD, Ding CC, Bi SD, Gao CQ, Cao CW, Liu XL, Meng QL, Li CG, 2005. Cluster analysis on the temporal dynamics of arthropod community in a plum orchard. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 16(4): 631–636. [邹运鼎, 丁程成, 毕守东, 高彩球, 曹传旺, 刘小林, 孟庆雷, 李昌根, 2005. 李园节肢动物群落时间动态的聚类分析. 应用生态学报, 16(4): 631–636.]