广州荔枝园节肢动物群落多样性及时空动态*

孟 翔[1**] 欧阳革成[1] 刘 慧[1] 黄寿山[2] 郭明昉[1***]

（1. 广东省昆虫研究所，广东省野生动物保护与利用公共实验室，广东省农业害虫综合治理重点实验室，广州 510260;
2. 华南农业大学，广州 510642）

摘 要 **【目的】** 调查研究荔枝园节肢动物群落多样性及时空动态，为荔枝园主要害虫的预测预报和以天敌为主的科学防治提供理论依据。**【方法】** 2012—2013 年以广州市从化区黄围村的荔枝园为样地进行节肢动物群落系统调查及多样性动态规律分析。**【结果】** 调查共获得节肢动物标本 3 542 号，分属于 15 目 113 科 204 种。其中，以膜翅目、同翅目和蜘蛛目为主要类群。在营养结构和食性方面，荔枝园植食性亚群落在种类和数量上都占绝对优势，捕食性亚群落次之。环境不同，群落组成也有差异，树冠层节肢动物群落的个体数量高于草本层，物种丰富度低于草本层。群落时间动态结果表明 节肢动物类群的年发生动态明显有两个高峰期，呈“双峰型”。其中以 4—6 月的高峰为主，主要在荔枝幼果期和果实成熟期，植食性亚群落明显升高。树冠层与草本层亚群落的季节性变化也相对明显。调查获得荔枝园优势害虫为荔枝蝽象 *Tessaratoma papillosa*、稻棘缘蝽 *Cletus punctiger*、荔枝蒂蛀虫 *Conopomorpha sinensis*、荔枝瘿螨 *Eriophyes litchii* 和绿额翠尺蠖 *Thalassodes proquadraria*；优势天敌为大银腹蛛 *Leucauge magnifica*、斜纹猫蛛 *Oxyopes sertatus*、草蛉 *Chrysopa carnea*、六斑月瓢虫 *Menochilus sexmaculata* 和龟纹瓢虫 *Propylea japonica*。**【结论】** 荔枝园节肢动物物种丰富，优势害虫的发生与其优势天敌的数量与时间和荔枝的生长发育密切相关。

关键词 荔枝园，节肢动物群落，多样性，时空动态

Diversity and temporal dynamics of a litchi orchard arthropod community in Guangzhou

MENG Xiang[1**] OUYANG Ge-Cheng[1] LIU Hui[1] HUANG Shou-Shan[2] GUO Ming-Fang[1***]

(1. Guangdong Entomological Institute, Guangdong Public Laboratory of Wild Animal Conservation and Utilization, Guangdong Key Laboratory of Integrated Pest Management in Agriculture, Guangzhou 510260, China; 2. South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract **[Objectives]** To provide a theoretical basis for forecasting and scientific biological control of major litchi orchard pests. **[Methods]** The structure and dynamics of the arthropod community in a litchi orchard in Conghua, Guangzhou was investigated in the field from 2012 to 2013. **[Results]** 3 542 arthropod specimens, belonging to 15 orders, 113 families and 204 species, were recorded. The main taxa were Hymenoptera, Homoptera and Araneae. Herbivorous species were predominant. Different micro-environments within the orchard could have a different community composition; the index of arthropod community diversity was higher in the canopy than in the herb layer but arthropod abundance in the canopy was lower than in the herb layer. There were two obvious peaks in species abundance with the main peak occurring between April and June. Herbivorous insects significantly increased during the green fruit and ripening periods. Seasonal variation in community composition was also relatively obvious in the canopy and herb layer. The dominant pest species were *Tessaratoma papillosa, Cletus punctiger*, *Conopomorpha sinensis*, *Eriophyes litchii* and *Thalassodes proquadraria*, and the

* 资助项目 Supported projects：国家自然科学基金项目（31171853； 31301664）；广东省自然科学基金项目（S2013040015901）；广东省科技计划项目（2014A020208079）；广东省科学院优秀青年科技人才基金（rcjj201501）

**第一作者 First author，E-mail：mengxiangxs@126.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：guomf@gdei.gd.cn

收稿日期 Received：2014-08-21，接受日期 Accepted：2014-11-18

dominant natural enemies were *Leucauge magnifica*, *Oxyopes sertatus*, *Chrysopa carnea*, *Menochilus sexmaculata*and *Propylea japonica*. **[Conclusion]** Litchi orchards have high arthropod species diversity. The number and occurrence of dominant pests and their predatory natural enemies are closely related to the growth and development of litchi fruit.

Key words litchi orchard, arthropod community, diversity, space-time dynamic

自然生态系统都具有自身调节系统内各因子平衡的能力，也具有一定抗外界干扰能力。但现代农业的单一化种植和大量化学农药的使用限制了系统内的物种和基因库，从而导致生物多样性下降、病虫害暴发成灾、害虫抗药性增强、天敌被误伤、环境和人类健康受威胁等严重后果（黄明度，2008；陈学新等，2014）。生物多样性是生态系统稳定和发展的基础。绿色食品生产强调作物与环境的统一，以及系统内作物-天敌-害虫之间的相对稳定和平衡。因此，科学改变单一种植系统为复合种植系统，构建多样性丰富的农林生态系统 （Pimentel，1961；Andow，1991）是保护生态环境和保障食品安全的重要内容。

广州荔枝种植历史悠久，是著名的荔枝之乡。然而，由于农户疏于田间科学管理及其对化肥和农药的过度依赖使得荔枝害虫大暴发，对农药产生抗药性，从而使荔枝果品质量下降（黄汉杰等，2001；曾赞安和梁广文，2007）。而科学构建和利用复合果园种植系统，创建有利于生物群落平衡和稳定的环境条件是实现荔枝害虫可持续控制的重要途径。因而，在类群水平的基础上对广州荔枝园节肢动物多样性展开研究，便于从宏观上把握不同节肢动物在荔枝园区有害生物生态控制中的作用，以及后续评价复合种植系统农业管理在物种多样性保护中的意义，是进行荔枝无公害生产的一项重要任务。为此，本文于 2012 年 3 月—2013 年 2 月在广州市从化区针对荔枝园节肢动物类群多样性及其数量动态变化进行了基础研究，分析了荔枝园生态系统的节肢动物群落物种多样性，亚群落组成、结构特征及季节动态，明确荔枝园优势害虫和天敌种群。探讨节肢动物各亚群落之间和优势害虫与天敌之间的相互关系，旨为荔枝园生物资源及天敌保护和利用、荔枝害虫的预测预报和生态可持续综合治理提供重要的理论依据，对荔枝绿色食品的生产具有重要的意义。

1 材料与方法

1.1 调查地概况

本研究荔枝园调查地点设在广州市从化区黄围村 （23°57′N，113°55′E），其位于从化区东北面，以山地和丘陵为主。该荔枝园调查区面积约为 1.33 hm^2，主要种植桂味荔枝品种，行间距 3 m×3 m。该地区气候温和，雨量充沛。年平均气温 19.5~21.4℃。实验调查区自然植被茂盛，主要植被包括马唐 *Digitaria sanguinalis*、狗尾草 *Setaira viridis*、白茅 *Imperata cylindrica*、藿香蓟 *Ageratum conyzoides* 、假臭草 *Eupatorium catarium*、野茼蒿 *Crassocephalum crepidioides*、鬼针草 *Bidens pilosa*、土茯苓 *Rhizoma smilacis*、野蔷薇 *Rosa multiflora* 、小蓬草 *Conyza canadensis* 、海金沙 *Spora lygodii* 、铁线蕨 *Adiantum capillus*、凤尾蕨 *Spider brake*、地锦草 *Euphorbia humifusa* 、杠板归 *Polygonum perfoliatum*、木防己 *Cocculus orbiculatus*、红辣蓼 *Polygonum hydropiper*、草火炭母 *Polygonum chinensis*、飞机草 *Eupatorium odoratum*、野养麦 *Fagopyrum sagittatum* 、紫花地丁 *Viola philippica*、崩大碗 *Centella asiatica*、半夏 *Pinellia tuber*、黄秋葵 *Hibiscus esculentus*、蒲公英 *Herba taraxaci*、山鸡椒 *Litsea cubeba*、牛筋草 *Eleusine indica*。整个荔枝生长周期包括春梢期（2—3 月）、花蕾和开花期（3—4 月）、幼果和果实成熟期（5—8 月）、秋冬梢抽发期（8 月—次年 1 月）。该荔枝园以农业防治为主，调查期间未使用化学农药，周边环境多样，属于常规耕作果园。

1.2 调查方法

2012 年 3 月—2013 年 2 月按照五点取样法在东、南、西、北、中 5 个方位各选取有代表性

的荔枝树 3 株 （共 15 株） 进行每月一次定点定时系统调查（各方位的间隔距离约 60 m）。每个样点分树冠层、草本层调查节肢动物群落。其中树冠节肢动物群落调查采用套袋法进行：每株树取东、南、西、北 4 个方位，每个方位取树枝 3 条，记录所有害虫及天敌的种类和数目。对每个选取的枝条，分别用事先做好的网袋套住枝条，拽紧网口，晃动枝条，使节肢动物抖落网内；标记并带回实验室鉴定，统计种类和数量。对于蛀干、蛀果类害虫，剪下枝条以及摘下蛀果，剖开检查和统计害虫的种类和数量。卷叶、潜叶昆虫以虫苞数进行计数，并摘下虫苞和被潜叶片，带回室内鉴定幼虫的种类，并统计数量；个别无法识别的幼虫带回室内饲养至羽化以鉴定其种类。草本层节肢动物调查以样株为中心，在树冠投影范围内的地面草本植被上，随机网捕 20 网（网口直径 30 ㎝×30 cm，深 50 cm，用白色尼纶纱制作），采集草本层的节肢动物。

1.3　标本的处理与鉴定

对于各次调查所采集的大部分节肢动物标本放入 75%酒精中保存，鳞翅目等昆虫用毒瓶装载带回，标记好采集时间、地点。参考相关资料（朱弘复，1979；任顺祥等，2009；彩万志等，2011；张巍巍和李元胜，2011；中国农业有害生物信息系统 http://www.agripests.cn/index.asp），对采到的标本进行鉴定，并分类保存。对于暂时不能鉴定的标本，编号记录。以调查时间和样地为单位，用酒精浸泡保存或烘干保存，寄送有关专家鉴定。

1.4　数据分析

以每月 15 株树定点采集的节肢动物为样本，并根据节肢动物群落的生态功能，按照营养和食性把其划分为植食性亚群落、捕食性亚群落、寄生性亚群落、中性亚群落 （指对果树生长并不造成明显影响的一类昆虫及食性不详的昆虫，它们主要取食园内杂草、落叶、烂果及其他腐殖质，在维持果园生态系统的物质循环、能量流动方面意义重大）。数据处理运用的群落特征参数有个体总数（N）、物种丰富度（S）、相对丰盛度（P_i）、Shannon-winner 多样性指数（H'）、Pielou 均匀度（J）、群落生态优势度（C），以 Simpson（1949）优势集中性指数表示。具体如下：

（1）群落丰富度

统计群落中所有的物种数，即群落中所含有的物种数 S。

（2）群落相对丰盛度

P_i 为物种 i 的个体数占类群总个体数的比例，即物种 i 的相对丰富度。n_i 为物种 i 的个体数。

$$P_i = n_i / N$$

（3）群落多样性

本研究采用 Shannon-wiener 信息论测度指数来描述群落多样性指数。

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} (\ln P_i)(P_i)$$

H' 为物种多样性指数，S 为物种数，P_i 为第 i 物种在全部抽样中物种的百分率。

（4）群落均匀性

$$J = H' / H'_{max} = H' / \ln S$$

H'_{max} 为最大多样性指数。均匀性指数反映了群落各物种的数量分布状况。物种数一定的群落总体，种间数量分布的均匀性越高，群落的多样性也越高 （Pielou，1975）。

（5） 群落优势度

对群落优势种的评估与确定以 Simpson（1949） 优势集中性指数表示。其公式为：

$$C = \sum P_i^2$$

P_i 为相对丰盛度。一般来说，优势度指数越高，群落的多样性指数及均匀性指数越低。

以上的数据分析使用 Excel 和统计软件 SPSS17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)完成。

2　结果与分析

2.1　荔枝园节肢动物群落组成结构及特征

2012 年 3 月—2013 年 2 月荔枝园节肢动物总群落的种类组成见表 1。该荔枝园共采集获得节肢动物标本 3 542 号。隶属于 15 目 113 科 204 种，其中昆虫纲 13 目 94 科，共 171 种，蛛形纲

2 个目 19 科，共 33 种。荔枝园节肢动物群落组成特征以膜翅目昆虫在数量上占有绝对的优势，达 28.04%；其次同翅目的相对丰盛度为 21.15%；蜘蛛目的相对丰盛度为 13.35%。其他各目的相对丰盛度则最多不超过 12.50%。丰富度最高的是同翅目昆虫，共有 44 种，隶属于 23 科，其中丰富度最高的是蝽科和猎蝽科，分别有 5 种。其次是蜘蛛目，共有 30 种，隶属于 15 科，其中丰富度最高的是园蛛科，有 4 种。鳞翅目和鞘翅目昆虫分别有 30 种和 28 种。其他各目的物种丰富度最多不超过 23 种，最少的仅 1 种。

2.2 荔枝园节肢动物亚群落特征

荔枝节肢动物群落是由不同的节肢动物类群组成的，各类群在系统中的作用和地位也不同。由表 2 可知，荔枝园节肢动物亚群落中植食性节肢动物有 86 种共 1 541 只，植食性类群丰富度和个体数目在群落中占有绝对优势。捕食性类群次之，有 57 种 1 046 只。寄生性类群数量最少，只有 5 种 73 只。

表 1 荔枝园节肢动物群落组成及多样性分析

Table 1 Arthropod species composition and diversity analysis in the litchi orchard

类群 Classes	种类 Orders	个体数 *N* Individual	丰盛度 *P* Abundance	丰富度 *S* Richness	多样性 *H′* Diversity	均匀度 *J* Evenness	优势度 *C* Dominance
昆虫纲 Insecta	直翅目 Orthoptera	114	0.0322	11	0.1761	0.0735	0.0002
	同翅目 Homoptera	749	0.2115	44	0.8038	0.2124	0.0113
	膜翅目 Hymenoptera	993	0.2804	23	1.0510	0.3381	0.0080
	鞘翅目 Coleoptera	367	0.1036	28	0.5532	0.1660	0.0006
	双翅目 Diptera	159	0.0449	19	0.2586	0.0878	0.0002
	鳞翅目 Lepidoptera	427	0.1206	30	0.4651	0.1367	0.0047
	脉翅目 Neuroptera	97	0.0274	6	0.1426	0.0799	0.0002
	革翅目 Dermaptera	84	0.0237	1	0.0887	0.0000	0.0006
	缨翅目 Thysanoptera	5	0.0014	1	0.0093	0.0000	0.0000
	蜚蠊目 Blattaria	12	0.0034	2	0.0193	0.0278	0.0000
	螳螂目 Mantodea	15	0.0042	2	0.0216	0.0311	0.0000
	蜻蜓目 Odonata	11	0.0031	3	0.0179	0.0163	0.0000
	啮虫目 Corrodentia	23	0.0065	1	0.0327	0.0000	0.0000
蛛形纲 Arachnida	蜘蛛目 Araneae	473	0.1335	31	0.6751	0.1966	0.0011
	蜱螨目 Acarina	13	0.0037	2	0.0229	0.0330	0.0000
合计 Total		3 542	1	204	4.3379	1.3992	0.0269

表 2 荔枝园节肢动物亚群落结构特征

Table 2 Structure characteristic of arthropod sub-communities in the litchi orchard

亚群落 Sub-communities	个体数 *N* Individual	丰富度 *S* Richness	多样性 *H′* Diversity	均匀度 *J* Evenness	优势度 *C* Dominance
植食性类群 Phytophagous group	1 541	86	1.7284	0.3880	0.0050
捕食性类群 Predatory group	1 046	69	1.3729	0.3243	0.0048
寄生性类群 Parasitic group	73	5	0.0951	0.0591	0.0003
中性类群 Neutral group	882	44	0.6955	0.2765	0.0049
总群落 Total group	3 542	204	3.8919	1.0479	0.0150

表 3　荔枝园树冠层与草本层节肢动物亚群落结构及多样性分析

Table 3　Structure and diversity analysis of arthropod sub-communities in canopy and herb layer in the litchi orchard

亚群落 Sub-communities	植食性类群 Phytophagous group		捕食性类群 Predatory group		寄生性类群 Parasitic group		中性类群 Neutral group	
	树冠 Hanopy	草本 Herb layer	树冠 Hanopy	草本 Herb layer	树冠 Hanopy	草本 Herb layer	树冠 Hanopy	草本 Herb layer
个体数 Individual *N*	1 136	405	521	525	57	16	574	308
物种丰富度 Richness *S*	68	53	52	38	4	4	36	33
多样性 Diversity *H* ′	1.2470	0.6284	0.8165	0.6969	0.0727	0.0304	0.7134	0.4208
均匀度 Evenness *J*	0.2955	0.1583	0.2066	0.1916	0.0525	0.0219	0.1991	0.1203
优势度 Dominance *C*	0.0154	0.0009	0.0007	0.0025	0.0002	0.0001	0.0034	0.0005

环境不同，群落组成也会有差异。荔枝园树冠层与草本层节肢动物亚群落的各项指数显示(表 3) 树冠层植食性类群的个体数量、丰富度、均匀度和优势度均高于草本层。树冠层与草本层所有节肢动物中，植食性类群的相同物种最多，共有 30 种，但其中仅少量的植食性类群如象甲、稻绿蝽、稻蝗等是由其主要的栖息草本层移向树冠层，而相同物种中很大一部分植食性昆虫如叶甲、叶蝉、红蝽等均是由果树树冠掉落至地面植物上。因此草本层植食性类群对果树的总体危害性不大。

树冠层与草本层天敌类群的共有种有 26 种，其中寄生性类群 3 种，捕食性类群 23 种。主要包括膜翅目的茧蜂、姬蜂、小蜂，同翅目的猎蝽、盲蝽，鞘翅目的瓢虫，双翅目的食蚜蝇，脉翅目的草蛉，螳螂目的螳螂以及部分蜘蛛等。树冠层捕食性类群的个体数量、物种丰富度以及多样性接近于草本层；而树冠层寄生性类群的个体数量、物种丰富度以及多样性、均匀度却高于草本层。

树冠层中性类群的个体数量以及多样性、均匀度、优势度均高于草本层。共有种为 15 种，其中的大部分是以草本层为栖息地，有时会移向树冠，对树冠层的群落结构产生了一定的影响，但对果树的生长却影响甚微。

2.3　荔枝园节肢动物群落结构的时间动态

荔枝园节肢动物类群及其功能类群的物种、个体数在一年不同时期内都有不同程度的波动（图 1）。不同类群变化规律较相似，先升高，到一定程度后降低，然后再升高，最后降低，节肢动物类群的年发生动态明显有两个高峰期，呈“双峰型”。主要以 4—6 月的高峰为主。在荔枝幼果期和果实成熟期，植食性类群明显升高。荔枝采果后，植食性类群有所下降。天敌类群（捕食性类群和寄生性类群）数量高峰期在 4—6 月以及 9—11 月。中性类群的群落变化规律同其他类群的变化规律较相似，但受荔枝生长物候特点的影响不明显。

由图 1 还可知，将树冠层与草本层亚群落物种个体数和多样性曲线进行对比。总体上类群在个体上没有太大的差异，季节性相对比较明显，且草本层类群的多样性周年动态曲线较树冠层类群趋于平衡。仅 2012 年 8 月、9 月树冠层节肢动物群落个体数和多样性升高，而草本层节肢动物群落个体数和多样性则明显降低。

根据荔枝园节肢动物各类群所占优势度大小，以其确定的优势种、丰富种和常见种为依据，并考虑其对荔枝的实际危害程度，初步确定以下物种作为荔枝园的主要优势类群，并对其害虫和天敌时间动态进行分析（图 2）。研究分析发现，在荔枝一年的生长周期中，荔枝花蕾期和开花期优势害虫有荔枝蝽象 *Tessaratoma papillosa*、稻棘缘蝽 *Cletus punctiger*、荔枝蒂蛀虫 *Conopomorpha sinensis*、荔枝瘿螨 *Eriophyes*

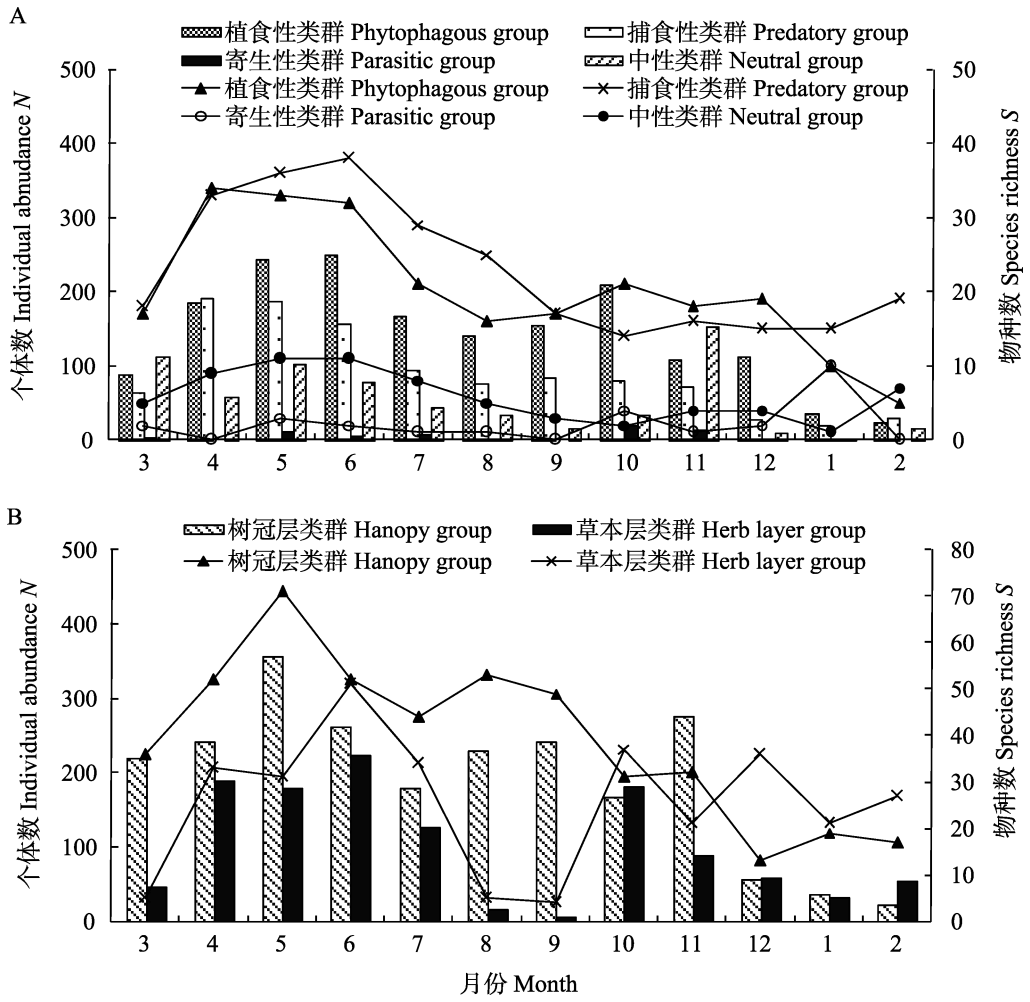

图 1 荔枝园各功能类群个体数（柱形图）和物种数（折线图）时序动态

Fig. 1 Temporal dynamics of individual abundance (histogram) and species richness (graph)of arthropod communities in the litchi orchard

A:按营养和食性划分；B:按空间分布划分。

A: Divided by nutrition and feeding habits; B: Divided by spatial distribution.

litchii；优势天敌有黄褐新圆蛛 *Neoscone doenitzi*、草蛉 *Chrysopa carnea*、六斑月瓢虫 *Menochilus sexmaculata*、龟纹瓢虫 *Propylea japonica*。幼果期和果实成熟期的优势害虫有荔枝蝽象、荔枝蒂蛀虫；优势天敌有大银腹蛛 *Leucauge magnifica*、斜纹猫蛛 *Oxyopes sertatus*、草蛉、六斑月瓢虫、龟纹瓢虫较少。荔枝秋、冬梢抽发期的优势害虫有荔枝尖细蛾 *Conopomorpha litchielle*、绿额翠尺蠖 *Thalassodes proquadraria*、油桐尺蠖 *Buzura sappressaria*、荔枝蒂蛀虫、荔枝瘿螨；优势天敌较少。由图 2 可以看出，荔枝优势害虫的总群数量多在 2 月份以后呈上升趋势，后在 4—7 月和 9—12 月出现高峰后数量逐渐下降。其优势天敌的数量变化趋势与优势害虫基本相同，并与优势害虫的发生和荔枝的生长发育规律呈一定的相关性。

3 结论与讨论

本研究通过田间系统调查，较全面的掌握了荔枝园节肢动物群落结构特征。调查共记录获得荔枝园节肢动物标本 3 542 号，隶属于 15 目 113 科 204 种，节肢动物类群物种丰富。可以为今后建立广州地区荔枝园节肢动物资料库提供较为详实的资料。此外，该调查荔枝园荔枝树下覆有

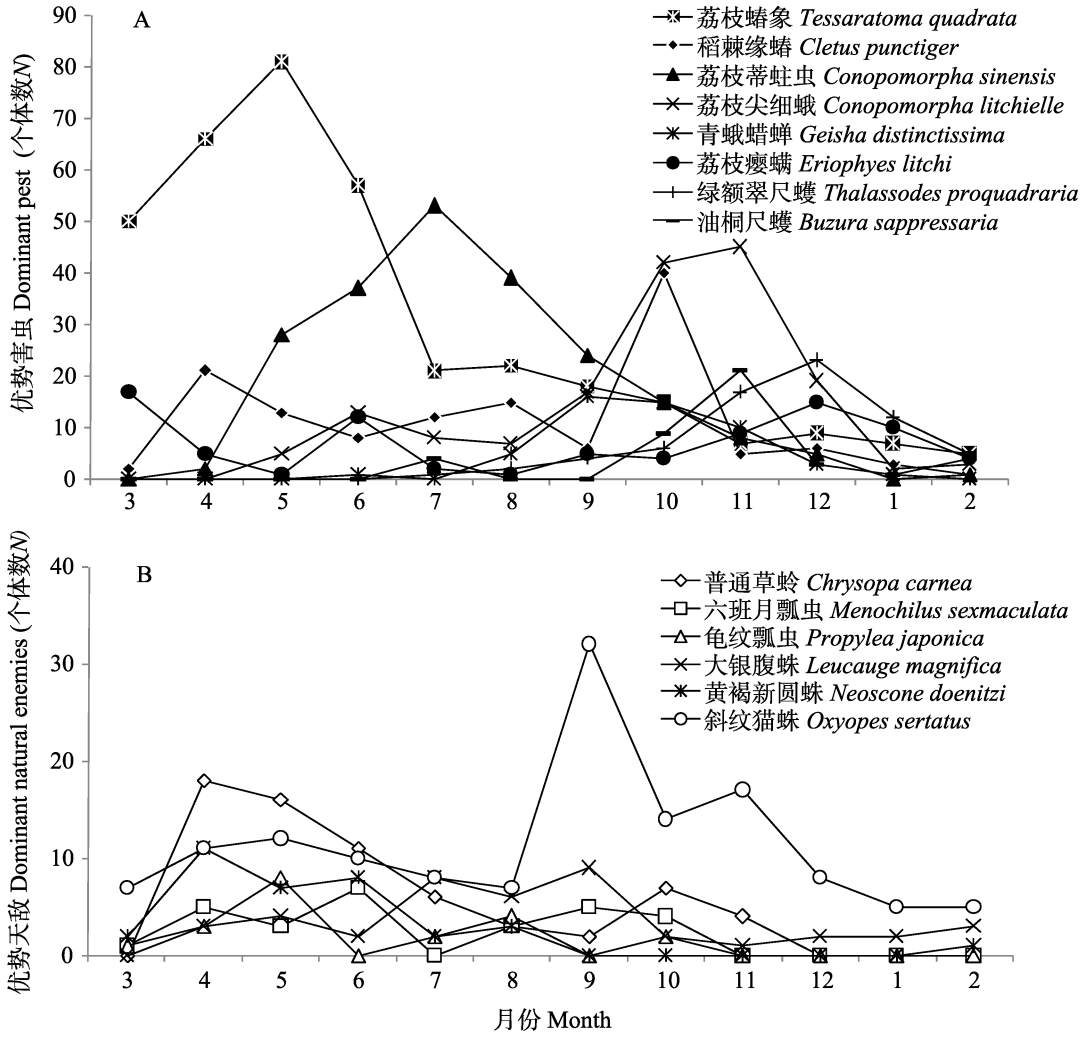

图 2　荔枝园优势害虫（A）和天敌（B）的个体数量时序动态

Fig. 2　Temporal dynamics of individual abundance of the dominant pest (A) and natural enemies (B) in the litchi orchard

多种杂草，周围有水稻田、菜田等。复杂的生态环境为园内节肢动物提供了栖息和迁移场所，外界的节肢动物也会在特定的时期移入果园（张永强等，1999；吴海波等，2009)。在今后的研究中，可以完善取样方法，更加广泛而大量地取样，取得更为详尽的资料。

在荔枝生长发育的不同时期，各亚群落的节肢动物物种的个体数和丰富度也不同。本研究根据节肢动物群落中的物种营养和取食关系及栖息环境的不同划分荔枝园总群落，并采用各群落生态学指标和相关的数学方法分析群落的结构组成。分析结果表明：植食性节肢动物亚群落以相对丰盛度为总群落的 42.16%占绝对优势，是构成荔枝园节肢动物总群落的主要成分。捕食性亚群落相对丰盛度次之，占总群落的 33.82%。捕食性亚群落作为控制荔枝害虫的重要天敌，值得我们进一步研究和保护利用的生物资源。寄生性和中性节肢动物亚群落作为荔枝园节肢动物群落的组成部分，其数量和种类小于植食性和捕食性节肢动物群落，占总群落比例较小。荔枝园节肢动物群落结构的时间动态分析表明：受荔枝生长物候特点的影响，荔枝园节肢动物各功能类群的年发生动态呈明显的两个高峰波动，且植食性类群与捕食性类群的发生呈一定的跟随关系。中性类群变化规律同其他类群的变化规律较相似，但其对荔枝的依赖性并不强，对荔枝生产并

不造成明显的影响，其在维持果园生态系统物质循环、能量流动、信息交流以及维持整个群落的稳定性方面起着十分重要的作用 (李浩，2010)。

由于荔枝园树冠层和草本层之间距离较近，一些天敌和多食性昆虫在二者之间迁移比较容易，树冠层和草本层节肢动物亚群落之间的联系非常紧密。群落与植物之间必然也发生了一定的联系。草本层植物的多样性可以将树冠层的一些节肢动物分流到这些植物上，同时草本层的节肢动物也可以移向树冠层 (鞠瑞亭和李跃忠，2009)。调查发现，树冠层和草本层的节肢动物亚群落仍有差异性。其中，树冠层植食性类群的个体数量、丰富度、均匀度和优势度均高于草本层，树冠层与草本层所有节肢动物中，植食性类群的相同物种最多，捕食性类群次之。群落结构的时间动态分析表明：草本层类群的多样性周年动态曲线较树冠层类群趋于平衡。有研究表明，地面草本植物增加了天敌的饲料和栖息场所，从而扩大和丰富了天敌的种类和数量。这些天敌可以不断补充到树冠层，有效地控制果树害虫，创造了优良而稳定的果园生态环境 (李浩，2010)。因此，草本层植物物种丰富促使节肢动物自我调控能力较树冠层强。草本层节肢动物群落的组成可能对树冠层节肢动物群落组成和结构产生了一定的影响。时间动态分析还发现，2012 年 8 月、9 月树冠层节肢动物群落个体数和多样性升高，而草本层节肢动物群落个体数和多样性则明显降低。这主要是因为荔枝园杂草生长茂盛，在荔枝成熟和采摘后，果农对果园进行了杂草防除，致使草本层节肢动物群落减少或迁移至树冠层。可见，改变群落栖境能够对荔枝园节肢动物群落结构和动态变化产生一定影响。适度的草本层植物保护可以丰富荔枝园生物多样性，既能增加天敌的数量，又能降低害虫的大暴发。

本研究从物种相对丰盛度、优势度和危害程度等方面确定在荔枝园全年生态系统中，荔枝蝽象、荔枝瘿螨、荔枝蒂蛀虫、尺蠖等是荔枝的主要害虫。其中荔枝蝽象优势度最为明显，以 4—5 月为产卵盛期，若虫和成虫吸食荔枝、龙眼的嫩芽、嫩梢，花穗和幼果汁液，引致落花、落果，造成果品减产失收。斜纹猫蛛、大银腹蛛、草蛉、瓢虫是荔枝园中的主要天敌。群落的优势种组成及季节性变化的研究表明：优势害虫的发生与其优势天敌的数量与时间和荔枝的生长发育密切相关。这为确定荔枝树的防治对象、利用自然天敌控制害虫、协调化学防治和生物防治的矛盾提供了有效策略。但由于害虫和天敌具有季节动态，不同时期害虫不同，其优势种天敌也不同，一种天敌对目标害虫的控制能力是由天敌数量和天敌在一定时间内的捕食量共同决定的 (徐玉蕊，2009)。因此，每月份调查的优势害虫及天敌的追随关系效应还有待室内研究和分析评定。

在广州亚热带气候和生物多样性的情况下，切实做好岭南特色水果园节肢动物群落结构及动态评价至关重要。本研究立足于广州荔枝生产现状，摸清了荔枝园节肢动物群落结构及种群消长动态，探讨了荔枝园优势害虫及其天敌的自然种群动态变化规律。这为制定利用荔枝园生物资源建立复合种植系统和害虫的可持续综合治理措施提供了重要的指导依据。其中，荔枝园草本层植物的适度保护和加强天敌保护利用值得我们进一步研究和完善，以期为荔枝绿色生产提供保障。

参考文献 (References)

Andow DA, 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology*, 36: 561–586.

Pielou EC, 1975. Ecological Diversity. NewYork: JohnWiley & Sons. 48–57.

Pimentel D, 1961. Species diversity and insect population outbreaks. *Annals of the Entomological Society of America*, 54(1): 76–86.

Simpson EH, 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688.

Cai WZ, Pang XF, Hua BZ, Liang GW, Song DL, 2011. General Entomology (version 2). Beijing: China Agricultural University Press. 310–382. [彩万志, 庞雄飞, 花保祯, 梁广文, 宋敦伦, 2011. 普通昆虫学(第 2 版). 北京: 中国农业大学出版社. 310–382.]

Chen XX, LiuYQ, Ren SX, Zhang F, Zhang WQ, Ge F, 2014. Plant-mediated support system for natural enemies of insect pests. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(1): 1–12. [陈学新, 刘银泉, 任顺祥, 张帆, 张文庆, 戈峰, 2014. 害虫天敌的植

物支持系统. 应用昆虫学报, 51(1): 1–12.]

Huang HJ, Chen BX, Zhong GH, 2001. The discussion on the cause of rampant damage of *Conopomorpha sinensis* Bradley (Lepidoptera: Gracilariidae) and its control measures. *Guangdong Agricultural Sciences*, (6): 35–36. [黄汉杰, 陈炳旭, 钟国洪, 2001. 荔枝蒂蛀虫猖獗危害的原因及防治措施探讨. 广东农业科学, (6): 35–36.]

Huang MD, 2008. Studies on Diversity of Insect Community in Polyculture Ecosystems. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press. 5–12. [黄明度, 2008. 复合种植系统昆虫群落多样性研究. 广州：广东科技出版社. 5–12.]

Ju RT, Li YZ, 2009. Impact of different types of green space on the stability of arthropod community structure and diversity in chongming. *Yuanlinkeji*, (3): 39–46. [鞠瑞亭, 李跃忠, 2009. 崇明不同绿地类型对节肢动物群落结构及多样性稳定性影响. 园林科技, (3): 39–46.]

Li H, 2010. The structure and diversity of arthropod community between the organic and non-organic fruit orchard. Master Dissertation. Tianjin: Tianjin Normal University. [李浩, 2010. 有机果园与非有机果园节肢动物群落结构及多样性比较. 硕士学位论文. 天津: 天津师范大学.]

Ren SX, Wang XM, Pang H, Peng ZQ, Zeng T, 2009. Colored Pictorial Handbook of Ladybird Beetles in China. Beijing: Science Press. 212–214. [任顺祥, 王兴民, 庞红, 彭正强, 曾涛, 2009. 中国瓢虫原色图鉴. 北京: 科学出版社. 212–214.]

Wu HB, Chen B, Li ZY, Zhang YS, Yang SS, Sun W, 2009. Seasonal structure and dynamics of insect communities trapped by malaise trap in pomegranate orchard. *Journal of Yunnan Agricultural University*, 24(5): 635–640. [吴海波, 陈斌, 李正跃, 张永胜, 杨仕生, 孙文, 2009. 云南酸甜石榴园 Malaise 网诱捕昆虫群落及其季节性动态. 云南农业大学学报, 24(5): 635–640.]

Xu YR, 2009. Studies on the dynamics of arthropod communities in pear orchards and the interaction of main pests with their natural enemies. Master Dissertation. Hefei: Anhui Agricultural University. [徐玉蕊, 2009. 梨园节肢动物群落动态分析及害虫与天敌之间的关系研究. 硕士学位论文. 合肥: 安徽农业大学.]

Winson T, Liang GW, 2007. Studies on rearing techniques of *Conopomorpha sinensis* Bradley (Lepidoptera: Gracillariidae) in laboratory. *Natural Enemies of Insects*, 29(4): 160–165. [曾赞安, 梁广文, 2007. 荔枝蒂蛀虫室内饲养技术的研究. 昆虫天敌, 29(4): 160–165.]

Zhang YQ, Ahmed DA, Wei SG, Huang W, Xu XZ, 2001. The community structure, dynamics of pest and predacous arthropod in a banana field. *Acta Ecologica Sinica*, 21(4): 639–645. [张永强, Ahmed Diriye Aden, 韦绥概, 黄卫, 许旭战, 2001. 香蕉园害虫和捕食性节肢动物群落结构及动态研究. 生态学报, 21(4): 639–645.]

Zhang WW, Li YS, 2011. Chinese Insects Illustrated. Chongqin: Chongqing University Press. 159–652. [张巍巍, 李元胜, 2011. 中国昆虫生态大图鉴. 重庆: 重庆大学出版社. 159–652.]

Zhu HF, 1979. Atlas of Moth Larvae (1) . Beijing: Science Press. 13–69. [朱弘复, 1979. 蛾类幼虫图册(一). 北京: 科学出版社. 13–69.]