环境昆虫学报 2022，44（5）：1071－1087
Journal of Environmental Entomology
http：//hjkcxb. alljournals. net
doi：10. 3969/j. issn. 1674－0858. 2022. 05. 3

杨欢，杨煞，曹雯星，张韬，顾俊杰，岳艳丽. 城市绿地昆虫群落结构及多样性——以成都市为例［J］. 环境昆虫学报，2022，44（5）：1071－1087.

城市绿地昆虫群落结构及多样性——以成都市为例

杨　欢，杨　煞，曹雯星，张　韬，顾俊杰，岳艳丽*
（四川农业大学农学院，成都 611130）

摘要：为研究成都城市绿地昆虫群落功能团结构及其多样性的变化，于2020年6－10月，采用扫网、网捕、搜寻、目测和振落等方法对成都3种功能绿地（公园绿地、生产绿地和道路绿地）昆虫进行调查。调查共采集昆虫29 382号，隶属15目130科747种。其中半翅目Hemiptera、膜翅目Hymenoptera、双翅目Diptera在3种功能绿地中均属于优势类群；在不同功能绿地，植食性昆虫的丰富度总体高于寄生性、捕食性和中性昆虫；不同功能集团在各功能绿地的α多样性指数均无显著差异，植食性-捕食性昆虫（Ph-Pr）、植食性-寄生性（Ph-Pa）昆虫个体数在生产绿地中呈显著正相关（$P<0.05$），公园绿地和生产绿地昆虫群落结构最为相似；S_s/S_i和S_n/S_p两个稳定性指标表明：3种生境昆虫群落最稳定的时期是9月。结果表明，成都城市绿地昆虫物种多样性较为丰富，3种绿地昆虫群落组成较相似，各绿地间功能团结构特征无显著差异；各绿地功能团丰富度时序变化趋势基本一致，9月是成都市绿地昆虫群落结构最稳定的时期。

关键词：城市生态系统；功能团；物种多样性；生态位；稳定性
中图分类号：Q968.1；S89　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1674－0858（2022）05－1071－17

Insect community structure and diversity in urban green space：A case study in Chengdu

YANG Huan，YANG Xin，CAO Wen-Xing，ZHANG Tao，GU Jun-Jie，YUE Yan-Li*（School of Agriculture，Sichuan Agricultural University，Chengdu 611130，China）

Abstract：In order to study the changes of the functional group structure and diversity of insect communities in Urban Greenfields，Chengdu. From June to October 2020，three functional green spaces（park green space，production green space and road green space）insects in Chengdu were investigated by means of sweeping，net trapping，searching，visual inspection and vibration. A total of 29 382 insects were collected in the survey，belonging to 15 orders，130 families and 747 species. Among them，Hemiptera，Hymenoptera and Diptera belong to the advantage group in 3 functional green spaces. In different functional green spaces，the richness of Phytophagous insects was generally higher than that of parasitic，predatory and neutral insects. There was no significant difference in the α diversity index of different functional green spaces，and the number of individual Phytophagous-predatory insects（Ph-Pr），Phytophagous-parasitic insects（Ph-Pa）insects showed significant positive correlation in the production green space（$P<0.05$），and the structure of park green space and production green space insect community was most similar；Two stability indicators，S_s/S_i and S_n/S_p，indicated that the most stable

基金项目：四川农业大学双支计划（03572999）
作者简介：杨欢，女，1996年生，硕士研究生，研究方向为昆虫多样性，E－mail：1240892497@qq.com
*通讯作者 Author for correspondence：岳艳丽，女，博士，副教授，主要从事昆虫分类与物种多样性研究，E－mail：42968565@qq.com
收稿日期 Received：2021－08－16；接受日期 Accepted：2021－09－26

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

period for the three habitat insect communities was September. Chengdu urban green space insect species diversity was more abundant, three kinds of green space insect community composition was more similar, there was no significant difference in the structure characteristics of functional groups between green space; The trend of time series change of the richness of each green space functional group was basically the same, and September was the most stable period of insect community structure in Chengdu green space.

Key words: Urban ecosystem; functional group; species diversity; ecological niche; stability

城市绿地是指城市建成区或规划区范围内覆有人工或自然植被的用地，表现形态繁多，包括公园绿地、生产绿地、防护绿地、附属绿地及其他绿地（吴人韦，1996；徐波等，2002）。城市绿地系统是城市生态系统的子系统，是一个稳定持久的城市绿色环境体系，具有系统性、整体性、连续性、动态稳定性、多功能性、地域性的特征（姜允芳等，1999；马锦义，2002）。绿地作为城市里的绿色空间，不仅能改善城市生态环境、塑造优美园林景观，同时还能维护生物多样性、保持生态系统的动态平衡。

在城市生态系统中，昆虫是生物多样性的重要组成部分，它们种类众多、数量巨大、分布广泛、食性多样，在生态系统复杂的食物网中占据着重要的中间环节，对城市生态系统的能量流动、物质转化以及自然平衡发挥着不可忽视的作用（尤平等，2003；2006）。二十世纪初，国外开始对城市昆虫进行研究，迅速开展了生物学、区系组成、生态学以及环境评价等诸多方面的研究（Bueno *et al.*，1995；Williams & Hamm，2002；Richards *et al.*，2015；Bellamy *et al.*，2018）。我国到新中国成立后开始对城市绿地生物多样性投入研究，主要集中在植被类型、生物资源调查及主要害虫防治策略等方面，对昆虫的群落及功能团组成研究较少，而且对各类群和地域的研究缺乏平衡性（卜志国，2005；许龙和薛勇，2012；黄越，2015；董玟含等，2016；李玉杰等，2018）。王建红等（2008）通过对北京园林绿地昆虫多样性的调查研究发现：双翅目 Diptera、同翅目 Homoptera、半翅目 Hemiptera、膜翅目 Hymenoptera 昆虫属于优势类群。另外，曹利华（2007）、栾涛（2019）对城市绿地节肢动物群落结构及害虫种群动态进行了研究，结果表明，人为活动频繁的生境群落稳定性相对较差；除此之外，虽然多种不同植物配置比单一配置节肢动物群落的物种丰富，群落稳定性强，但由于植被类型限制了样地植被的优势物种，因此复杂的植被类型比植被配置对节肢动物群落的影响更大。目前，我国有关昆虫多样性的研究主要分为两大类型，一类是针对特定区域中的所有昆虫类群的研究，另一类是针对某一地区特定类群的研究，其中研究较多且较为深入的是后者，包括蚂蚁 *Pheidole megacephala* Fabricius（刘霞，2012）、蚜虫（陈颖，2013）、蝶类（顾伟等，2015）、蝽类（戈昕宇，2019）等众多昆虫类群。虽然在不同区域开展的针对所有昆虫的多样性调查研究工作也屡见报道，但研究较多的区域主要集中在各级自然保护区等自然生境，对城市绿地的研究较少。随着城市化的发展，城市化过程带来了一系列资源和生态环境等问题，城市化导致的景观破碎、城市生态环境的恶化、人类活动对城市生物的干扰、不当的管理措施对城市生物多样性造成了巨大的冲击。同时，城市绿地的建设也逐渐受到重视，除了美化景观、改善生态环境、保护自然资源等功能，城市绿地也肩负了重要的生物多样性保育功能。但城市绿地类型、城市景观格局如何影响城市昆虫多样性、群落结构及分布格局还没有统一的认识，有待进一步研究（Rösch *et al.*，2013；Su *et al.*，2015；李玉杰等，2018）。

本研究以成都市为例，选取 3 种功能绿地为研究对象，调查成都有重要生态功能的城市绿地昆虫资源分布，掌握昆虫的群落结构、功能团组成、发生发展规律及生态位，揭示当前城市绿地生态系统中昆虫群落特征及稳定性，为城市昆虫多样性的保护与合理利用提供参考依据。

1 材料和方法

1.1 研究地概况

成都市位于四川盆地西部（30°05′～31°26′N，102°54′～104°53′E），属典型的亚热带季风性湿润气候，夏季高温多雨，冬季干燥寒冷，年平均气

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

温 16℃ ~18℃，年降雨量 1 000 ~1 200 mm（四川省人民政府，2021）。

根据《城市绿地分类标准》（CJJ/T85 - 2017），当前成都市绿地划分为：公园绿地、防护绿地、广场绿地、附属绿地（包括道路绿地）、区域绿地（包括生产绿地）5 大类。本研究选取了成都市 3 种功能绿地：公园绿地（Green lands of parks，GY）、生产绿地（Productive plantation area，SC）和道路绿地（Road green space，DL）。针对每种功能绿地随机选取 3 个样地作为调查样地，公园绿地包括成都植物园、浣花溪公园、双流艺术公园；生产绿地包括新都宝华园林苗圃、温江永宁苗圃、双流木道园林苗圃；道路绿地包括青羊区熊猫绿道、金牛区熊猫绿道、龙泉驿星光绿道（图 1）。

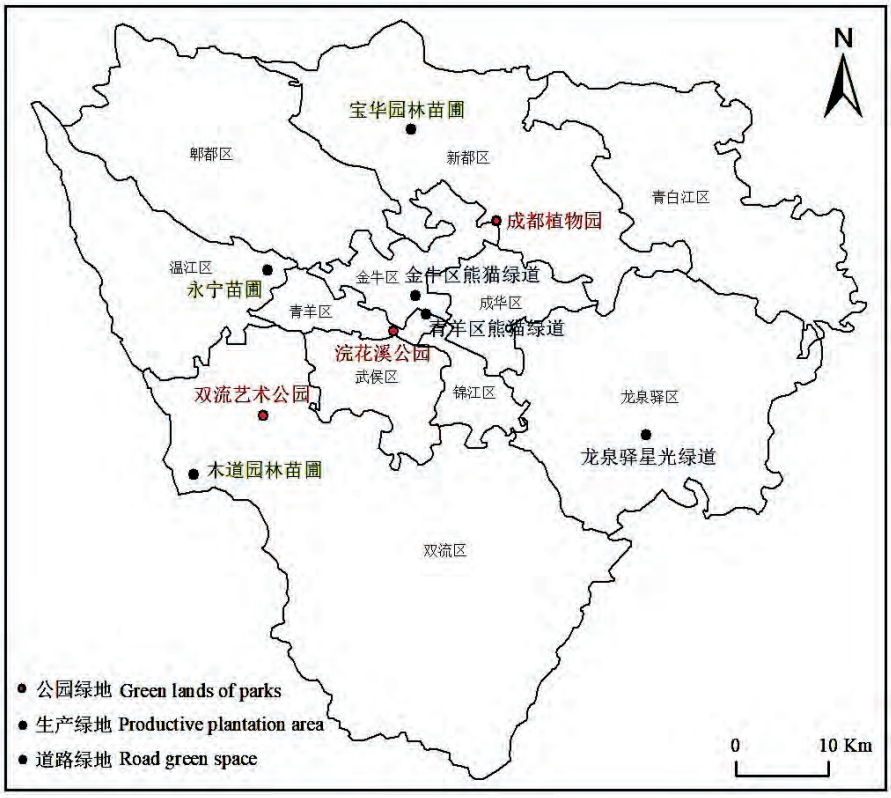


图 1　成都市不同功能绿地昆虫资源调查样地设置示意图

Fig. 1　Sampled plots for surveying insect resource in multiple urban green spaces in Chengdu，China

1.2　调查方法

依据每个公园及苗圃园生境特点，在每个样地内设置 3 个 20 m × 20 m 的大样方（考虑能代表整个生境的样方，生境大致相似，人为影响基本相同），其中公园绿地样方间隔 200 m 以上，并在每个大样方中按五点取样法选取 5 个 1 m × 1 m 的小样方。公园绿地和生产绿地：在每个小样方内进行目测、主动搜寻采集 5 min，结合扫网（100 网，每扫 180°为 1 网）、网捕、振落等方法在每个大样方中通过对角线的方式集中采集 1 h。

因道路绿地属于带状（单边道路宽 30 ~40 m）绿地和植被配置等因素，不宜进入，故在每个道路样地两边各选取 1 km 样线，并在样线内通过等距取样法选取 5 个 1 m × 1 m 的小样方。道路绿地在每个小样方内进行目测、主动搜寻采集 5 min，结合扫网、网捕、振落等方法在每样线内采集 1 h。

2020 年 6 - 10 月进行采集，每样地每月采集 1 次，每次采集均在 9∶30 - 16∶30，遇到雨天顺延。采集时按样方、样线详细记录昆虫采集及绿地管理情况，并将采集的昆虫按各自的特点分别装入三角袋、毒瓶、75% 酒精瓶中。然后带回室内进行标本制作、鉴定并统计数据。种类鉴定主要依据相关著作进行，疑难物种请相关专家协助鉴定。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

1.3 营养结构与类群划分

根据郝树广等（1998）采用的划分方法，将昆虫群落分为 4 个营养层亚群落：植食性昆虫（Phytophagous insect，Ph）亚群落、捕食性昆虫（Predator insects，Pr）亚群落、寄生性昆虫（Parasitic insects，Pa）亚群落和中性昆虫（Neutral insects，Ne）亚群落（指腐食性的或对植物几乎没有危害也不捕食其他动物的昆虫），7 个功能团：食叶类（Leaf-feeding insects，Lea）、食芽花类（Bud-eating insects，Bud）、刺吸类（Piercing-sucking insects，Pie）、蛀茎类（Stem borer，Ste）、捕食类（Predator insects，Pre）、寄生类（Parasitic insects，Par）和中性类（Neutral insects，Neu）。

个体数量占捕获总量的 10.0% 以上者为优势类群，占 1.0% ~ 10.0% 者为常见类群，不足 1.0% 者为稀有类群。

1.4 数据处理

1.4.1 多样性分析（马克平，1994；马克平和刘玉明，1994）

Margalef 丰富度指数

$$d = (S-1)/\ln N$$

其中 S 为群落中的物种总数目，N 为观察到的所有物种的个体总数。

Simpson 优势度指数（指种群的分散程度，该值越大，种群分布越均匀）

$$D = 1 - \sum P_{i2}$$

Shannon-weiner 多样性指数（描述种的个体出现的紊乱和不确定性）

$$H' = -\sum P_i \ln P_i$$

P_i 为第 i 种个体数占总个体数的比率。

Pielou 均匀度指数

$$J = H'/\ln S$$

S 为样地内的所有物种数，H' 为 Shannon-weiner 多样性指数。

1.4.2 群落稳定性

群落稳定性采用高宝嘉等（1992）提出的 S_s/S_i（物种数/个体数）和 S_n/S_p（天敌种数/植食性昆虫种数），对群落相对稳定性进行比较与分析，S_s/S_i 反映种类间数量上的制约作用，S_n/S_p 则反映群落内部食物网络关系的复杂性及相互制约的程度，该值越大说明群落稳定性越强。

1.4.3 相关性分析和聚类分析

采用 Pearson 分析昆虫功能团间个体数的相关性。以全年统计各样地的调查结果的香农-维纳指数（H'）、均匀度指数（J）、辛普森优势度指数（D）、不同类型绿地的物种数和个体数为属性特征值来进行 Bray-Curtis 相异度-聚类分析（Guo *et al.*，2014；Liu *et al.*，2016）。

1.4.4 生态位分析

Levins 生态位宽度指数：

$$B_i = 1/(n\sum_{k=1}^{n} p_{ik}^2)$$

其中 B_i：物种的生态位宽度，n：资源单位总数，P_{ik}：物种 i 在资源单位 k 中所占的比例。

Pianka（1973）生态位重叠指数：

$$Q_{ij} = \sum_{k=1}^{n}(P_{ik}P_{jk}) / \sqrt{\sum_{k=1}^{n} P_{ik}^2 \sum_{k=1}^{n} P_{jk}^2}$$

式中 Q_{ij} 表示种类 j 对种类 i 的生态位重叠；P_{ik}，P_{jk} 表示由种类 i 或种类 j 所利用的整个资源中第 k 种资源所占比例；n 表示资源状态总数（王凤等，2006）。

采用单因素方差分析比较 3 种不同功能绿地内昆虫群落的多样性指数，显著性水平为 0.05。

2 结果与分析

2.1 不同功能绿地昆虫群落结构

2.1.1 昆虫物种组成

2020 年 6 – 10 月共采集标本 29 382 号，隶属 15 目 130 科 747 种（表 1）。在科级水平上，双翅目、半翅目、鞘翅目 Coleoptera、鳞翅目 Lepidoptera、膜翅目属于优势类群；其中双翅目 27 科，占总科数的 20.769%；半翅目和鞘翅目均有 23 科，分别占总科数的 17.692%；鳞翅目和膜翅目均有 17 科，分别占总科数的 13.077%。在种级水平上，双翅目、半翅目、膜翅目、鞘翅目属于优势类群；其中双翅目昆虫 176 种，占总种数的 23.561%；半翅目昆虫 153 种，占总种数的 20.482%；膜翅目昆虫 152 种，占总种数的 20.348%；鞘翅目昆虫 118 种，占总种数的 15.797%；鳞翅目和直翅目 Orthoptera 昆虫种数分别占总种数的 8.969% 与 5.622%；其余各目种数较少，占总种数的比例不超过 6%。就个体数量而言，双翅目、半翅目、膜翅目属于优势类群；鞘翅目、鳞翅目、直翅目、蜻蜓目 Odonata 属于常见类群；双翅目个体数占总数量的 32.833%，半翅目个体数占总数量的 28.487%，膜翅目个体数占总数量的 15.104%，鞘翅目个体数占总数量的 8.934%，鳞翅目个体数占总数量的 8.767%，直

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

翅目个体数占总数量的4.176%，蜻蜓目个体数占总数量的1.406%；其余各目个体数量较少，占总个体数的比例不超过1%，属于稀有类群。蜚蠊目Blattaria只在公园绿地和生产绿地有发现，但数量极少，属于稀有类群；在成都植物园、双流艺术公园和浣花溪公园分别发现了广翅目Megaloptera圆端斑鱼蛉*Neochauliodes rotundatus*、螳螂目Mantodea格华小翅螳*Sinomiopteryx grahami*和　目短角棒　*Ramulus* sp.各1头。3种生境类型中昆虫种类和个体数量由高到低均为：生产绿地>公园绿地>道路绿地。公园绿地和生产绿地昆虫物种数、个体数分别为535种，10 124头和544种，11 289头，道路绿地分别为444种和7 969头。

表1　成都市3种城市绿地昆虫群落组成

Table 1　List of insect resource in three types of urban green spaces in Chengdu

目 Order	科数 Number of families	比例（%） Proporrtion	物种数 Number of species	比例（%） Proporrtion	个体数 Individual number	比例（%） Proporrtion	绿地类型 Green space types		
							GY	SC	DL
蜻蜓目 Odonata	3	2.308	23	3.079	413	1.406	+	+	+
蜚蠊目 Blattaria	1	0.769	2	0.268	11	0.037	+	+	
螳螂目 Mantodea	1	0.769	1	0.134	1	0.003	+		
竹节虫目 Phasmatodea	1	0.769	1	0.134	1	0.003	+		
直翅目 Orthoptera	10	7.692	42	5.622	1 227	4.176	+	+	+
革翅目 Dermaptera	2	1.538	4	0.535	9	0.031	+	+	+
啮虫目 Corrodentia	1	0.769	2	0.268	39	0.133		+	+
缨翅目 Thysanoptera	1	0.769	2	0.268	17	0.058	+	+	+
半翅目 Hemiptera	23	17.692	153	20.482	8 370	28.487	+	+	+
脉翅目 Neuroptera	2	1.538	3	0.402	7	0.024	+	+	+
广翅目 Megaloptera	1	0.769	1	0.134	1	0.003	+		
鞘翅目 Coleoptera	23	17.692	118	15.797	2 625	8.934	+	+	+
双翅目 Diptera	27	20.769	176	23.561	9 647	32.833	+	+	+
鳞翅目 Lepidoptera	17	13.077	67	8.969	2 576	8.767	+	+	+
膜翅目 Hymenoptera	17	13.077	152	20.348	4 438	15.104	+	+	+
总计 Total	130	100.000	747	100.000	29 382	100.000			

注：GY，公园绿地；SC，生产绿地；DL，道路绿地；“+”表示存在于该生境，下同。Note：GY，Green lands of parks；SC，Productive plantation area；DL，Road green space；“+”meant exist in the habitat，The same below.

2.1.2　昆虫功能团组成

根据昆虫群落的特点，将其划分为4个亚群落7个功能团（附表1）。3种生境昆虫亚群落物种数占比由高到低依次均为：Ph > Pr > Pa > Ne；公园绿地和生产绿地中昆虫个体数量占比由高到低依次为：Ph > Ne > Pr > Pa。其中，公园绿地植食性昆虫亚群落（包括食叶类、食花芽类、刺吸类和蛀茎类）有65科266种6 180头昆虫，个体数量占总数量的61.042%；中性昆虫亚群落有14科73种，个体数量占总数量的17.789%；寄生性昆虫亚群落有12科82种，个体数量占总数量5.887%，捕食性昆虫亚群落有25科114种，个体数量占总数量的15.281%。生产绿地植食性昆虫亚群落有64科282种7 397头昆虫，个体数量占总数量的65.524%；中性昆虫亚群落有14科68种，个体数量占总数量的14.040%；寄生性昆虫亚群落有13科86种，个体数量占总数量7.228%；捕食性昆虫亚群落有23科108种，个体数量占总数量的13.208%。道路绿地植食性昆虫亚群落有58科208种4 413头昆虫，个体数量占

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

总数量的 55.377%；中性昆虫亚群落有 10 科 63 种，个体数量占总数量的 17.756%；寄生性昆虫亚群落有 11 科 84 种，个体数量占总数量 8.972%；捕食性昆虫亚群落有 18 科 89 种，个体数量占总数量的 17.869%。在 7 个功能团中，食叶类、食芽花类、刺吸类、中性类和捕食类昆虫在 3 种绿地中均为优势功能团；类群组成中，草螟科 Crambidae、螟蛾科 Pyralidae、茎蝇科 Psilidae、叶甲科 Chrysomelidae、蟋蟀科 Gryllidae、粉蝶科 Pieridae、灰蝶科 Lycaenidae、蜜蜂科 Apidae、实蝇科 Tephritidae、蝽科 Pentatomidae、长蝽科 Lygaeidae、缘蝽科 Coreidae、盲蝽科 Miridae、叶蝉科 Cicadellidae、甲蝇科 Celyphidae、缟蝇科 Pachycerina sp.、果蝇科 Drosophilidae、蝇科 Muscidae、粪蝇科 Scathophagidae、秆蝇科 Chloropidae、蚊科 Culicidae、小蜂科 Chalcididae、姬蜂科 Ichneumonidae、寄蝇科 Tachinidae、蠼科 Coenagrionidae、胡蜂科 Vespidae、蚁科 Formicidae、蚜蝇科 Syrphidae、长足虻科 Dolichopodidae、瓢虫科 Coccinellidae 在公园绿地中为常见类群，这些类群的个体数量之和（8 370 头）占公园绿地昆虫群落总捕获数的 82.675%；其余类群为稀有种类，其个体数量之和（1 754 头）占公园绿地昆虫群落总捕获数的 17.325%。茎蝇科、叶甲科、蟋蟀科、粉蝶科、灰蝶科、蜜蜂科、实蝇科、瘿蚊科 Cecidomyiidae、长蝽科、缘蝽科、盲蝽科、叶蝉科、缟蝇科、丽蝇科 Calliphoridae、蝇科、秆蝇科、水虻科 Stratiomyidae、蚊科、小蜂科、头蝇科 Dorilaidae、胡蜂科、蚁科、蚜蝇科、长足虻科在生产绿地中为常见类群，这些类群的个体数量之和（8 809 头）占生产绿地昆虫群落总捕获数的 78.032%；其余类群为稀有种类，其个体数量之和（2 480 头）占生产绿地昆虫群落总捕获数的 21.968%。盲蝽科在道路绿地中为优势类群，个体数量（876 头）占道路绿地昆虫群落总捕获数的 10.993%，茎蝇科、叶甲科、蟋蟀科、粉蝶科、灰蝶科、蜜蜂科、地蜂科 Andrenidae、潜蝇科 Agromyzidae、蝽科、长蝽科、缘蝽科、叶蝉科、沫蝉科 Cercopidae、甲蝇科、缟蝇科、丽蝇科、果蝇科、蝇科、粪蝇科、秆蝇科、水虻科、小蜂科、姬蜂科、隧蜂科 Halictidae、寄蝇科、胡蜂科、蚁科、蚜蝇科、长足虻科、瓢虫科、郭公虫科 Cleridae 在道路绿地中为常见类群；这些类群的个体数量之和（5 751 头）占道路绿地总捕获数的 72.167%，其余类群为稀有种类，其个体数量之和（1 342 头）占公园绿地昆虫群落总捕获数的 16.840%。

2.2 群落功能团特征

2.2.1 营养层亚群落多样性

Ph 在 3 种生境下的丰富度指数（图 2）：生产绿地（20.459）> 公园绿地（19.438）> 道路绿地（14.753），它们之间无显著性差异（$P > 0.05$）；Pa、Pr 和 Ne 在 3 种生境下的群落丰富度均无显著性差异（$P > 0.05$），且它们的丰富度都较 Ph 低。Ph、Pa、Pr 和 Ne 在 3 种生境下的优势度均无显著差异，种群分散程度基本一致；其中 Pa 在生产绿地与 Pr 在公园绿地和道路绿地的分散程度较低。Ph 在 3 种生境的香农-维纳多样性指数均不存在显著性差异（$P > 0.05$）；Pa、Pr 和 Ne 在每种生境下的多样性差异均不显著（$P > 0.05$），Ph 的香农-维纳多样性指数相较于其他功能团都高。Ph、Pa、Pr 和 Ne 在 3 种功能绿地的 Pielou 均匀度指数均不存在显著性差异（$P > 0.05$）。

2.2.2 功能团丰富度的时序动态

昆虫亚群落：在 3 种城市绿地中，植食性昆虫的丰富度总体高于寄生性、捕食性和中性昆虫的丰富度（图 3）。在公园绿地中，植食性和寄生性昆虫丰富度呈先增加后降低的趋势，发生高峰均在 9 月，6 月丰富度最低；捕食性和中性昆虫丰富度变化趋势基本一致，其中捕食性昆虫在调查期有 2 次发生高峰，分别是 7 月和 9 月。在生产绿地和道路绿地中，各亚群落丰富度都呈先增加后降低的趋势，在 8 月达到高峰。

植食性亚群落（Ph）：对植食性食叶类、食芽花类、刺吸类和蛀茎类昆虫进行分析，不同绿地各功能团优势类群随季节更替表现出较大的变化（图 4）。在 3 种绿地中，刺吸类、食叶类和食芽花类昆虫在植食性昆虫中均占优势地位，它们的丰富度均呈先增加后降低的趋势，丰富度在 8 月、9 月份达到高峰。食叶类昆虫在公园绿地中有两个丰富度高峰，分别在 7 月和 9 月；蛀茎类在植食昆虫中处于劣势，在公园绿地和生产绿地中，除 10 月外，其余各月均有发现，道路绿地只在 7 月发现较多蛀茎类昆虫，其余各月数量较少或无。

捕食性亚群落（Pr）：胡蜂科、蚁科、蚜蝇科、长足虻科和瓢虫科是捕食性昆虫中的优势类群（图 4）。在公园绿地中，胡蜂科丰富度呈先增后减的趋势，在 6 月、10 月丰富度几乎为零；蚁

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

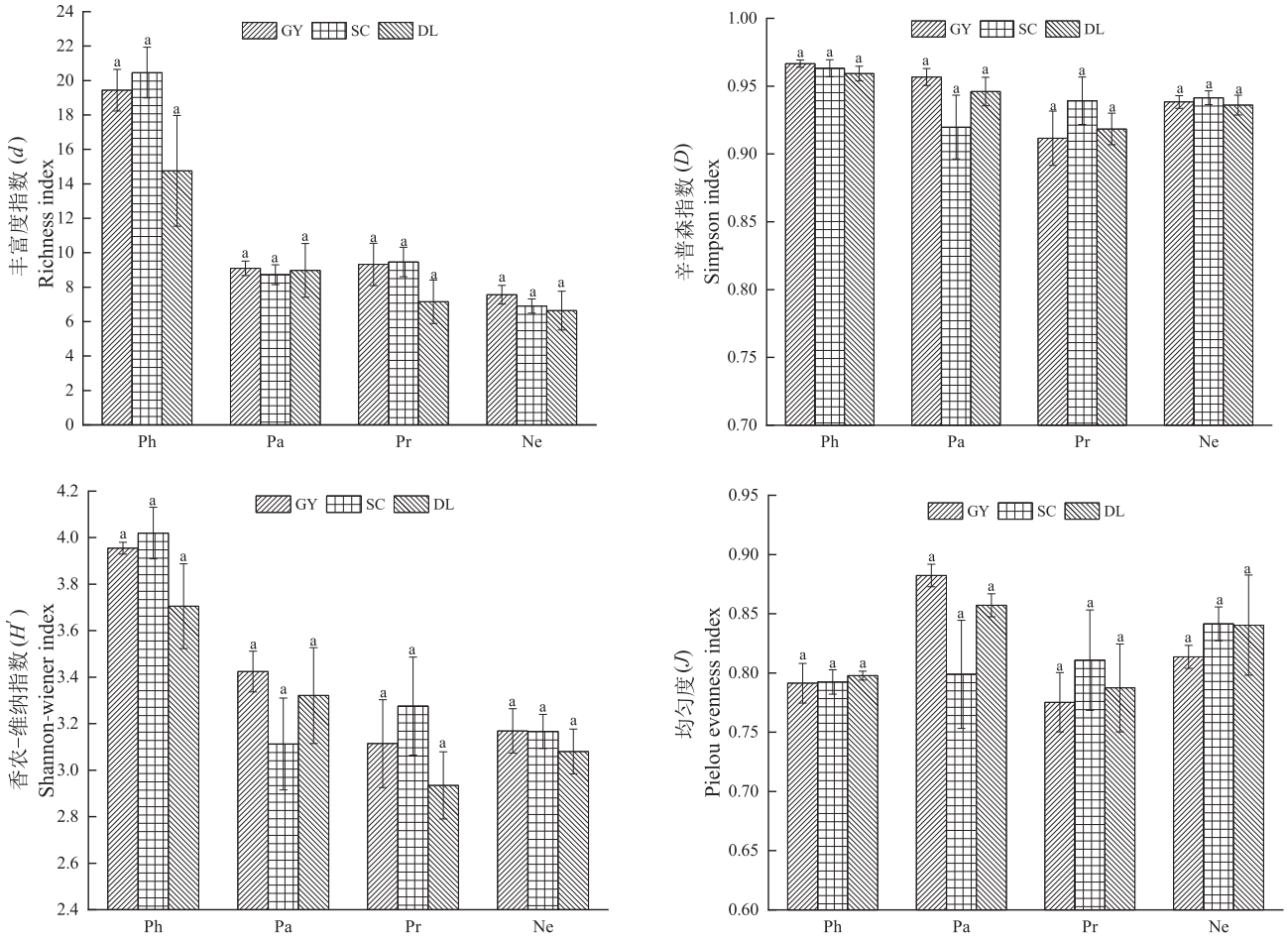


图 2　同种功能团多样性指数在成都 3 种功能绿地的多重比较

Fig. 2　Multiple comparison of the diversity indexes of the same insect functional group among three types of green spaces in Chengdu

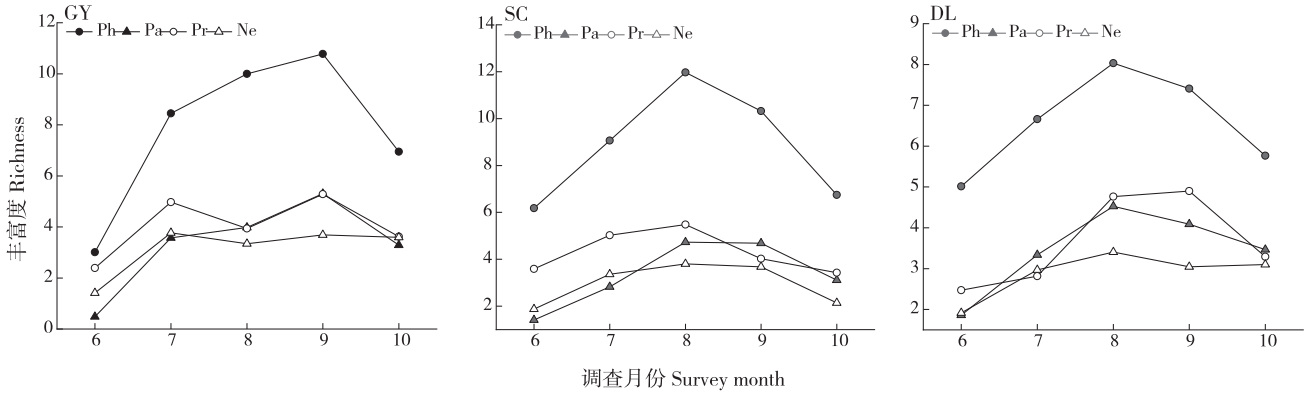


图 3　成都 3 种功能绿地中昆虫亚群落丰富度时序

Fig. 3　Temporal change of guild abundance of insect communityamong three types of green spaces in Chengdu

科和长足虻科昆虫在整个调查期丰富度均呈增－减－增的趋势，丰富度高峰均出现在 7 月；蚜蝇科在 9 月和 10 月丰富度较高，分别为 1.415、1.266；瓢虫科丰富度在 6、7 月较低，其余各月丰富度均有所增长。在生产绿地中，胡蜂科、长足虻科丰富度呈先增后减的趋势，胡蜂科在 8 月丰富度最高，长足虻科在 7 月丰富度最高；蚁科、瓢虫科丰富度呈增－减－增的趋势，发生高峰均在 7 月；蚜蝇科丰富度呈减－增－减－增的趋势，发生高峰在 8 月和 10 月。在道路绿地中，蚁科、

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

蚜蝇科、瓢虫科丰富度在整个调查期间均高于胡蜂科，胡蜂科发生高峰在7月和9月，蚜蝇科、瓢虫科发生高峰在9月。

寄生性亚群落（Pa）：小蜂科、姬蜂科、寄蝇科和头蝇科是寄生类昆虫的优势类群（图4）。在公园绿地中，小蜂科昆虫丰富度随调查日期逐渐增高，发生高峰在10月；姬蜂科丰富度在8月最高（1.712）；寄蝇科丰富度在7月最高；头蝇科昆虫丰富度在9月最高。其他类群丰富度在9月较多，占寄生昆虫的绝大部分。在生产绿地中，小蜂科、姬蜂科昆虫丰富度在6月最低，9月最高；寄蝇科昆虫丰富度呈减－增－减的趋势，10月丰富度处于最低；头蝇科昆虫在8月丰富度最高。在道路绿地中，小蜂科和姬蜂科的丰富度变化趋势基本一致，在8月达到高峰；寄蝇科在9月丰富度最高；头蝇科在8月丰富的最高。

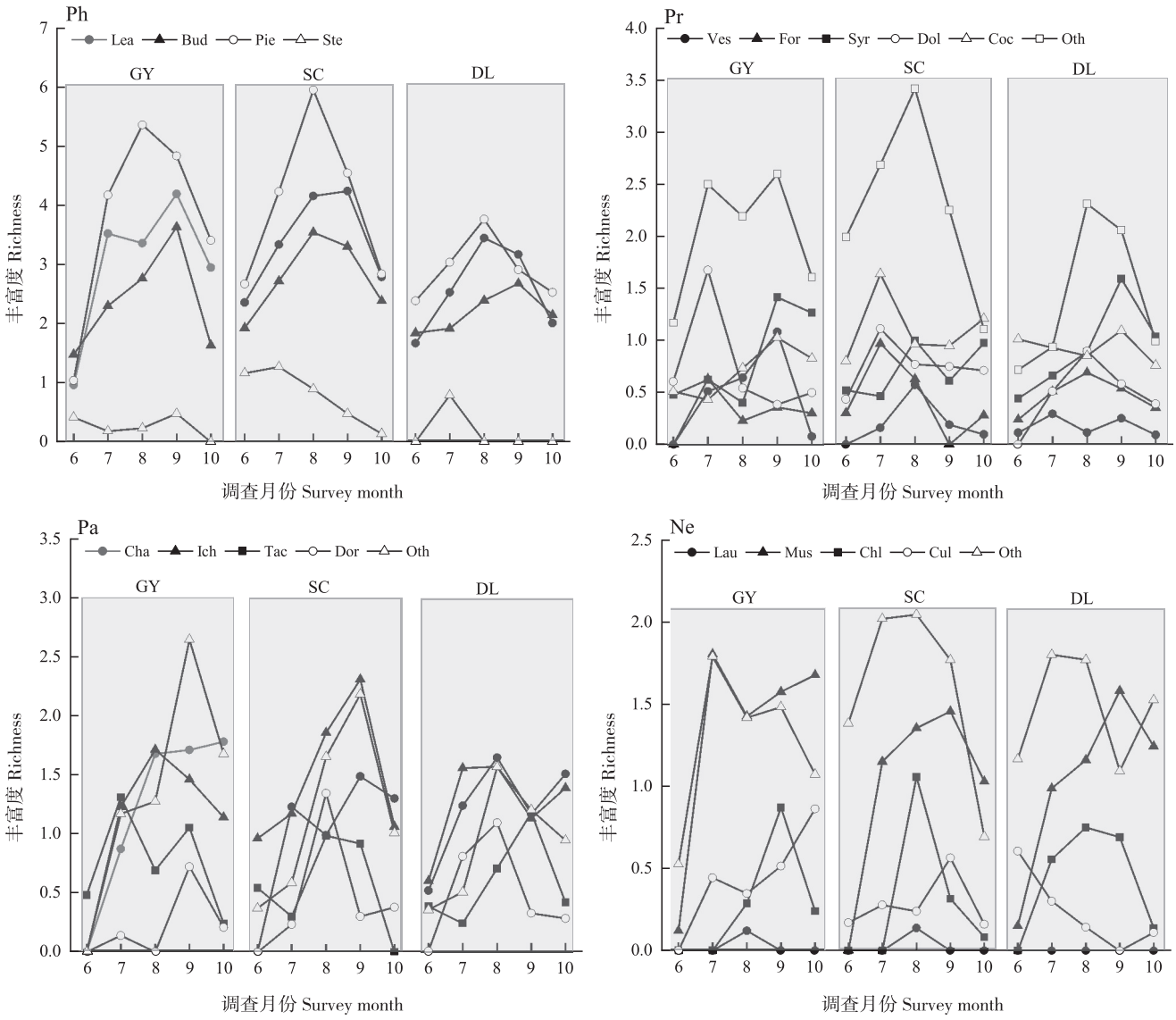


图4 成都3种功能绿地中昆虫功能团丰富度的时序变化

Fig. 4 Temporal variation of the insect functional group richness among three types of green spaces in Chengdu

注：Lea，食叶类；Bud，食芽花类；Pie，刺吸类；Ste，蛀茎类；Cha，小蜂科；Ich，姬蜂科；Tac，寄蝇科；Dor，头蝇科；Lau，缟蝇科；Mus，蝇科；Chl，秆蝇科；Cul，蚊科；Ves，胡蜂科；For，蚁科；Syr，蚜蝇科；Dol，长足虻科；Coc，瓢虫科；Oth，其他。Note：Le，Leaf-feeding insects；Bu，Bud-eating insects；Pi，Piercing-sucking insects；St，Stem borer；Cha，Chalcididae；Ich，Ichneumonidae；Tac，Tachinidae；Dor，Dorilaidae；Lau，Lauxaniidae；Mus，Muscidae；Chl，Chloropidae；Cul，Culicidae；Ves，Vespidae；For，Formicidae；Syr，Syrphidae；Dol，Dolichopodidae；Coc，Coccinellidae；Oth，Other.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

中性亚群落（Ne）：中性昆虫中的蝇科是优势类群（图 4）。在 3 种绿地中，蝇科昆虫在 7 – 10 月的丰富度都较高，在 0.988 ~ 1.803 之间，这与蝇科昆虫一年发生多代有关；除了 8 月份在公园绿地和生产绿地中发现了大量缟蝇科昆虫外，其余月份发现较少或没有发现，并未在道路绿地中发现缟蝇科昆虫。公园绿地的秆蝇科昆虫在 9 月丰富度最高，生产绿地和道路绿地的秆蝇科昆虫丰富度在 9 月达到最高。公园绿地的蚊科昆虫丰富度在 10 月最高，生产绿地的蚊科昆虫丰富度在 9 月最高，道路绿地的蚊科昆虫丰富度在 6 月最高。

2.2.3　相关性

Ph-Pa（$r_{SC}=0.043$，$P<0.05$）、Ph-Pr（$r_{SC}=0.016$，$P<0.05$）、Pr-Ne（$r_{SC}=0.047$，$P<0.05$）个体数在 SC 生境下均存在显著正相关。Ph-Ne、Pa-Pr 个体数在 3 种生境下均没有发现功能团类群间的显著相关性。Pa-Ne 个体数在道路绿地生境下存在显著正相关（$r_{DL}=0.029$，$P<0.05$），在其他 2 个生境下相关性不显著（表 2）。

表 2　成都 3 种功能绿地中昆虫功能团间个体数的相关系数

Table 2　Correlation coefficients of the individual number between functional groups of insects inthree types of urban green spaces in Chengdu

功能团 Functional groups	Ph-Pa	Ph-Pr	Ph-Ne	Pa-Pr	Pa-Ne	Pr-Ne
公园绿地 GY	–0.860	–0.494	–0.577	0.438	0.814	–0.155
生产绿地 SC	0.891*	0.944*	0.683	0.865	0.688	0.884*
道路绿地 DL	0.835	0.441	0.804	0.500	0.916*	0.586

注：*$P<0.05$（皮尔森系数 ±95%）。Note：*$P<0.05$（Pearson ±95%）.

2.3　不同生境昆虫群落相似性

本研究中，3 种绿地昆虫群落特征指数聚类后可分为 2 类（图 5），第 1 类：公园绿地和生产绿地，相似性系数为 0.548，表明这两种绿地昆虫群落结构相似度较高；第 2 类为道路绿地，与其他绿地相比，具有不同的昆虫群落组成结构。

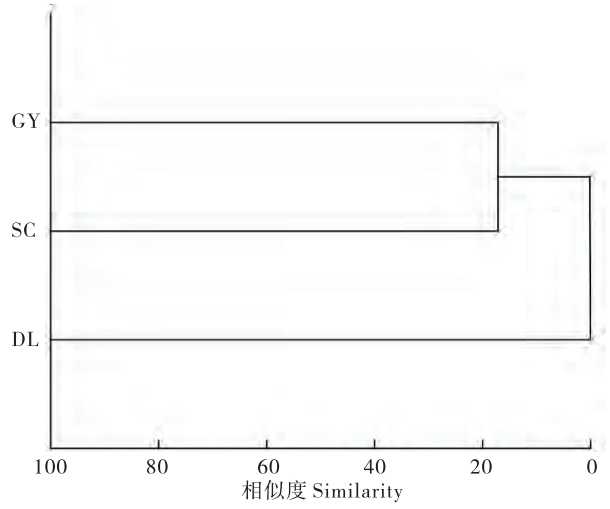


图 5　成都 3 种功能绿地昆虫群落聚类图

Fig. 5　Cluster dendrogram of insect community in three types of green spaces in Chengdu

2.4　昆虫群落时间生态位宽度及重叠

各绿地昆虫类群时间生态位宽度及重叠如表 3 – 表 5 所示，公园绿地中各功能类群时间生态位宽度在 2.566 ~ 4.754 之间，它们之间差异较大，说明在时间序列上发生具有不均匀性；在生产绿地和道路绿地中时间生态位宽度差异较小。其中蛀茎类昆虫生态位宽度在各绿地中均较小，为时间上的窄生态位；食叶类、刺吸类、中性昆虫、捕食昆虫、寄生昆虫为时间上的较广生态位；食芽花类昆虫的时间生态位最宽，发生时间最长，为时间上的极广生态位。

从时间生态位重叠 Q_{ij} 值看：3 种绿地中的 Pie-Lea、Pie-Bud、Lea-Bud 以及生产绿地和道路绿地中的 Ste-Bud 时间生态位重叠较高（$Q_{ij}>0.8$），这说明它们之间存在明显的时间资源竞争，对时间资源需求有很大的趋同性。3 种绿地中，除了蛀茎类昆虫，其他植食性昆虫与捕食昆虫、寄生昆虫的生态位重叠均较高，这表明天敌昆虫与害虫在时间上有较强的同步性。

2.5　不同生境昆虫群落稳定性的季节变化分析

6 – 10 月的 S_s/S_i 值排序分别为：7 月（0.137）>6 月（0.126）>9 月（0.114）>8 月（0.111）>10 月（0.075）；在不同生境中的 S_s/S_i 值排序分别为：道路绿地（0.120）>公园绿地（0.111）>生产

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

绿地(0.106)。从 S_n/S_p 指标分析，月份稳定性排序为：10 月(0.829) >9 月(0.771) >8 月(0.729) >7 月(0.696) >6 月(0.681)；生境排序为：道路绿地(0.885) > 公园绿地(0.716) > 生产绿地(0.625)。道路绿地 S_n/S_p 值明显高于其他绿地，说明该绿地群落内部食物网络关系比其他绿地群落复杂且相互制约程度高。由 S_s/S_i、S_n/S_p 两个指标，9 月是 3 种生境昆虫群落最稳定的时期(图 6)。

表 3 公园绿地昆虫群落中功能类群的时间生态位宽度及其重叠

Table 3 Time niche breadth and overlap of functional groups of insect community in green lands of parks

类群 Groups	Lea	Bud	Pie	Ste	Neu	Par	Pre
Lea	4.214	0.836	0.967	0.540	0.983	0.985	0.955
Bud		4.754	0.833	0.782	0.748	0.821	0.735
Pie			3.874	0.506	0.964	0.972	0.920
Ste				2.566	0.385	0.603	0.429
Neu					3.605	0.960	0.964
Par						3.946	0.936
Pre							3.595

注：Lea，食叶类；Bud，食芽花类；Pie，刺吸类；Ste，蛀茎类；Pre，捕食类；Par，寄生类；Neu，中性类。对角线数据为生态位宽度值，右上角数据为生态位重叠值；下同。Note: Lea, Leaf-feeding insects; Bud, Bud-eating insects; Pie, Piercing-sucking insects; Ste, Stem borer; Pre, Predator insects; Par, Parasitic insects; Neu, Neutral insects. The diagonal data was the niche width value, and the data in the upper right corner was the niche overlap value; The same below.

表 4 生产绿地昆虫群落中功能类群的时间生态位宽度及重叠

Table 4 Time niche breadth and overlap of functional groups of insect community in productive plantation area

类群 Groups	Lea	Bud	Pie	Ste	Neu	Par	Pre
Lea	4.215	0.884	0.974	0.743	0.983	0.972	0.992
Bud		4.695	0.962	0.926	0.838	0.930	0.917
Pie			4.651	0.862	0.951	0.979	0.991
Ste				4.049	0.716	0.759	0.799
Neu					4.033	0.946	0.978
Par						4.266	0.981
Pre							4.339

表 5 道路绿地昆虫群落中功能类群的时间生态位宽度及重叠

Table 5 Time niche breadth and overlap of functional groups of insect community in Road green space

类群 Groups	Lea	Bud	Pie	Ste	Neu	Par	Pre
Lea	4.409	0.891	0.991	0.779	0.986	0.983	0.966
Bud		4.874	0.937	0.869	0.860	0.949	0.868
Pie			4.657	0.799	0.976	0.992	0.944
Ste				3.790	0.716	0.851	0.757
Neu					4.196	0.970	0.937
Par						4.813	0.946
Pre							4.294

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

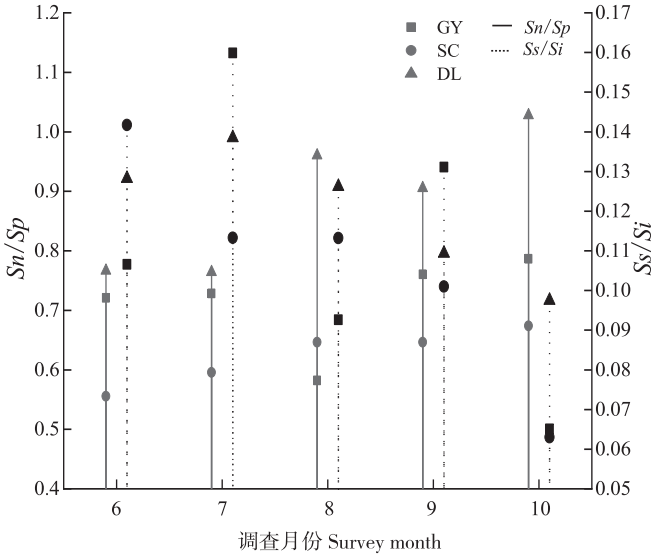


图 6　成都 3 种绿地生境中昆虫群落稳定性的季节变化

Fig. 6　Seasonal changes of insect community stability in three types of green spaces in Chengdu

3　结论与讨论

3.1　昆虫群落组成

研究结果表明，3 种不同城市绿地昆虫群落组成较相似，15 目中有 11 目昆虫在各绿地类型中均有记录，螳螂目、　目、广翅目只在公园绿地有记录，各绿地昆虫功能团物种分布也大体一致。道路绿地物种数明显少于其他两种绿地，道路绿地一般呈条带状，宽度较窄，而公园绿地和生产绿地呈区块状、面积较大、植被类型多样，能够支撑更大的种群数量并提供更为多样的栖境，这与 Fattorini 等（2017）对昆虫物种丰富度与绿地面积关系的假设一致。与许龙和薛勇（2012）、李玉杰（2018）等的研究比较发现，虽然调查区域地理位置相距较远、植被类型也有明显差别，但昆虫群落高级阶元基本一致，而在物种分布及个体数上则差异较大，表明城市绿地昆虫群落很可能受城市格局、绿地生态功能、地形地貌等因素影响，高级阶元多样性的差异较小。而物种分布及个体数量差异可能受植被类型、采集方法及气候条件等因素影响。在城市中较为常见的如鳞翅目蛾类、鞘翅目拟步甲科 Tenebrionidae、脉翅目草蛉科 Chrysopidae 等昆虫在此次调查中发现较少，主要原因是未进行灯诱及罐诱取样。

3.2　昆虫群落结构特征

根据研究结果可以看出各绿地类型昆虫群落功能团结构较为相似，丰富度指数 d、均匀度指数 J、辛普森指数 D 和香农-维纳指数 H'均无显著差异，与 Su 等（2015）的研究结果相似。其中植食性昆虫的丰富度和香农-维纳指数 H'在各绿地中均明显高于其他亚群落，贡献了最大的物种丰富度。各绿地昆虫群落功能团丰富度时序变化总体趋势基本一致，其中公园绿地 8 月捕食性和中性昆虫丰富度都有所降低，可能与浣花溪公园在调查期进行了除草、施药等管理措施有关。各绿地捕食性和寄生性昆虫均与植食性昆虫有较高的生态位重叠，种群发生的时间同步性较强，食芽花类昆虫在各绿地中均占据最宽生态位，植食性亚群落各功能团间生态位重叠较高，存在着激烈的时间资源竞争。刺吸类植食性昆虫是优势功能团，同时占据了较广的时间生态位，容易对植物造成危害，需预防其种群暴发而成为主要害虫。

群落相似性分析显示，3 种功能绿地昆虫群落可分为两类，其中公园绿地和生产绿地昆虫群落结构更相似，主要由于公园绿地和生产绿地绿化面积较大且均呈块状分布、植被类型丰富，能为昆虫提供适宜的生存环境及资源。本研究发现在生产绿地中植食性昆虫与捕食性、寄生性昆虫个体数之间存在显著正相关，主要由于人为种植植被改变了植物群落的空间结构以及定期的除草、施药等管理措施，影响了天敌昆虫的捕食和寄生性昆虫的搜索行为，从而影响天敌昆虫的分布和种群数量（Bezemer *et al.*，2014）。此外，发现公园绿地中植食害虫与天敌昆虫呈负相关，说明害虫与天敌之间存在一定的相互制约关系，但天敌对害虫的控制作用不能单一地用益害比来评价，因为害虫不是天敌的唯一食物来源（胡国文等，1996）。

昆虫群落的相对稳定性代表了生境的优良状况，虽然长期以来一直为生态学家们所关注，但缺乏一定的数量指标，而且其表述及成因的解释也各不相同（贺达汉等，2001；刘晨等，2010）。在绿地生态系统中捕食性和寄生性昆虫构成的天敌类群对植食性昆虫的控制作用较强，使绿地内的食物网、营养级关系更加复杂，是影响昆虫结构稳定性的重要因素。本研究以 S_s/S_i、S_n/S_p作为群落相对稳定性指标对成都城市绿地昆虫群落相

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

对稳定性变化进行描述。结果表明，道路绿地的两个指标都较高，S_n/S_p数值高说明道路绿地昆虫群落内部食物网络关系较为复杂且相互制约程度高；S_s/S_i高可能是道路绿地物种数及个体数都低的原因，并不能说明道路绿地稳定性最好。由于物种丰富度、多样性没有体现群落的营养关系，因此公园绿地和生产绿地物种多、丰富度高，并不能反映其内部昆虫群落是稳定的。而且，如果物种处于同一功能集团中，尽管其数量多，但在功能上是相同的，因此在群落中的作用和地位一致，此时的群落也是不稳定的（张蓉等，2010）。在不同调查时间两个指标波动较大，9 月是 3 种生境昆虫群落最稳定的时期，7－9 月，高温多雨，食物丰富，昆虫繁殖迅速，使群落物种数和个体数都较大；10 月，气温下降，食物匮乏，部分昆虫死亡或越冬，使昆虫群落丰富度及多样性指数降低。以上结果反映了气温、降雨、食物资源变化等诸多环境因子变化对城市绿地昆虫群落的稳定性的影响。此外，各样地人为干扰明显，且有人工刈割、施药等管理措施干扰，这也是影响昆虫群落稳定性的因素之一。

本研究结果可为成都市主要功能绿地昆虫资源建立数据基础，为城市管理规划中的生物多样性保育工作提供相关依据，为进一步探讨城市功能绿地的科学管理与保护提供参考数据。

致谢：衷心感谢中山大学俞雅丽博士，北京自然博物馆王莹博士在标本鉴定工作中提供的帮助。

参考文献（References）

Bezemer TM, Harvey JA, Cronin T. Response of native insect communities to invasive plants [J]. *Annual Review of Entomology*, 2014, 59: 119－141.

Bellamy AS, Svensson O, Brink PJVD, *et al.* Insect community composition and functional roles along a tropical agricultural production gradient [J]. *Springer Open Choice*, 2018, 25 (14): 13426－13438.

Bo ZG. Study on Community Structure of Insect and Control Countermeasures of Main Insect Pests in City Greenland [D]. Hebei: Hebei Agricultural University Master Thesis, 2005. [卜志国. 城市绿地昆虫群落结构及主要害虫防治对策研究 [D]. 河北：河北农业大学硕士论文，2005]

Bueno JA, Tsihrintzis VA, Alvarez L. South florida greenways: A conceptual framework for the ecological reconnectivity of the region [J]. *Landscape and Urban Planning*, 1995, 33 (1－3): 247－266.

Cao LH. Study on Community Structure of Arthropod and Population Dynamics of Main Pests in Urban Greenland [D]. Hebei: Hebei Agricultural University Master Thesis, 2007. [曹利华. 城市绿地节肢动物群落结构及主要害虫种群动态研究 [D]. 河北：河北农业大学硕士论文，2007]

Chen Y. Study on the Diversity of Aphids in Shanghai and Its Surrounding Areas [D]. Shanghai: East China Normal University Master Thesis, 2013. [陈颖. 上海及周边地区蚜虫类昆虫多样性研究 [D]. 上海：华东师范大学硕士论文，2013]

Dong HW, Ning YZ, Du HF, *et al.* Insect community composition of Zhongchuan airport and its surrounding habitats [J]. *Bulletin of Biology*, 2016, 51 (4): 42－45. [董玟含，宁应之，杜海峰，等. 中川机场及其周边生境昆虫群落组成 [J]. 生物学通报，2016，51 (4)：42－45]

Fattorini S, Mantoni C, Simoni L, *et al.* Island biogeography of insect conservation in urban green spaces [J]. *Environmental Conservation*, 2017, 45 (1): 1－10.

Gao BJ, Zhang ZZ, Li ZY. Study on the effect of forest closure on insect community structure and diversity stability [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1992, 12 (1): 1－7. [高宝嘉，张执中，李镇宇. 封山育林对昆虫群落结构及多样性稳定性影响的研究 [J]. 生态学报，1992，12 (1)：1－7]

Ge XY. A Study on the Species Diversity of Ttruebugs Community in Saihanwula Nature Reserve [D]. Hohhot: Inner Mongolia University Master Thesis, 2019. [戈昕宇. 赛罕乌拉自然保护区蝽类昆虫群落多样性研究 [D]. 呼和浩特：内蒙古大学硕士论文，2019]

Gu W, Ma L, Liu ZQ, *et al.* Diversity of butterflies in Liangshui nature reserves of Xiaoxing´an Mountains [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, 35 (22): 7387－7396. [顾伟，马玲，刘哲强，等. 小兴安岭凉水自然保护区蝶类多样性 [J]. 生态学报，2015，35 (22)：7387－7396]

Guo YY, Feng Y, Ge Y, *et al.* The cultivation of Bt corn producing cry1Ac toxins does not adversely affect non－target arthropods [J]. *PLoS ONE*, 2014, 9 (12): e114228.

Hao SG, Zhang XX, Cheng XN, *et al.* Composition and diversity dynamics of vegetative layers and dominant functional groups in arthropod communities in rice fields [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 1998, 41 (4): 343－353. [郝树广，张孝羲，程遐年，等. 稻田节肢动物群落营养层及优势功能集团的组成与多样性动态 [J]. 昆虫学报，1998，41 (4)：343－353]

He DH, Chang YD, Tian Z, *et al.* Dynamics in composition, trophic structure and diversity of an insect community during the processes of succession and restoration [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21 (1): 117－125. [贺达汉，长有德，田真，等. 草原沙化与恢复中昆虫群落组成、营养结构及多样性变化研究 [J]. 生态学报，2001，21 (1)：117－125]

Huang Y. The Methodology of Bird Habitats´Making and Planning at Beijing Urban Green Spaces [D]. Beijing: Tsinghua University PhD Thesis, 2015. [黄越. 北京城市绿地鸟类生境规划与营造方法研究 [D]. 北京：清华大学博士论文，2015]

Hu GW, Guo YJ, Li SS, *et al.* The principle and practice of reducing chemical application in paddy field [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 1996, 1: 3－7. [胡国文，郭玉杰，李绍石，等. 减

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

少稻田用药的理论依据和实践［J］. 昆虫知识, 1996, 1: 3 – 7］

Jang YF, Shi TM, Hu XN. Plan of urban ecological green space system［J］. *Journal of Shenyang Institute of Engineering*, 1999, 1: 3 – 5.［姜允芳, 石铁矛, 胡学宁. 城市生态绿地系统规划［J］. 沈阳建筑工程学院学报, 1999, 1: 3 – 5］

Li YJ, Zhang JD, Bai WK, *et al.* Insect community composition and diversity of different green spaces in Beijing, China［J］. *Ecology and Environmental Sciences*, 2018, 27 (6): 1044 – 1051.［李玉杰, 张晋东, 白文科, 等. 北京不同功能绿地昆虫群落组成和生物多样性特征［J］. 生态环境学报, 2018, 27 (6): 1044 – 1051］

Lian T. Impacts on the Structure of Arthropod Community and Population Dynamics of Main Pests in Different Types of Urban Green Space［D］. Jilin: Yanbian University Master Thesis, 2019.［栾涛. 不同类型城市绿地节肢动物群落结构及主要害虫种群动态研究［D］. 吉林: 延边大学硕士论文, 2019］

Liu B, Yang L, Yang F, *et al.* Landscape diversity enhances parasitism of cotton bollworm *Helicoverpa armigera* eggs by *Trichogramma chilonis* in cotton［J］. *Biological Control*, 2016, 93: 15 – 23.

Liu C, Chen GH, Tang JY, *et al.* Analysis of structure and stability of insect community in different tea gardens［J］. *Journal of Yunnan Agricultural University* (Natural Science), 2010, 25 (6): 786 – 790.［刘晨, 陈国华, 唐嘉义, 等. 不同茶园昆虫群落结构及稳定性分析［J］. 云南农业大学学报 (自然科学版), 2010, 25 (6): 786 – 790］

Liu X. Taxonomy, Diversity and Spatial Distribution Characters of the Ant Family Formicidae (Insecta: Hymenoptera) in Southeastern Tibet［D］. Beijing: Beijing Forestry University PhD Thesis, 2012.［刘霞. 藏东南地区蚁科昆虫分类、多样性及空间分布特征研究［D］. 北京: 北京林业大学博士论文, 2012］

Ma JY. The composition and classification of urban green space system［J］. *Chinese Landscape Architecture*, 2002, 1: 23 – 26.［马锦义. 论城市绿地系统的组成和分类［J］. 中国园林, 2002, 1: 23 – 26］

Ma KP. Methods for measuring community diversity Ⅰ α diversity (ⅰ)［J］. *Biodiversity Science*, 1994, 3: 162 – 168.［马克平. 生物群落多样性的测度方法Ⅰ α多样性的测度方法 (上)［J］. 生物多样性, 1994, 3: 162 – 168］

Ma KP, Liu YM. Methods for measuring community diversity Ⅰ α diversity (ⅱ)［J］. *Biodiversity Science*, 1994, 4: 231 – 239.［马克平, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法Ⅰ α多样性的测度方法 (下)［J］. 生物多样性, 1994, 4: 231 – 239］

Richards LA, Dyer A, Forister L, *et al.* Phytochemical diversity drives plant – insect community diversity［J］. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2015, 112 (35): 10973 – 10978.

Rösch V, Tscharntke T, Scherber C, *et al.* Landscape composition, connectivity and fragment size drive effects of grassland fragmentation on insect communities［J］. *Journal of Applied Ecology*, 2013, 50 (2): 387 – 394.

Su ZM, Li XM, Zhou WQ, *et al.* Effect of landscape pattern on insect species density within urban green spaces in Beijing, China［J］. *PLoS ONE*, 2015, 10 (3): e0119276.

The People's Government of Sichuan Province. Climatic resources［EB/OL］. (2021 – 01 – 04)［2021 – 06 – 28］. http://www.sc.gov.cn/10462/10778/10876/2021/1/4/74f873ad3a544ed799d11a73be3f7e05.shtml.［四川省人民政府. 气候资源［EB/OL］. (2021 – 01 – 04)［2021 – 06 – 28］http://www.sc.gov.cn/10462/10778/10876/2021/1/4/74f873ad3a544ed799d11a73be3f7e05.shtml］

Wang JH, Shao JL, Che SC, *et al.* Study on functional groups of insect communities in Beijing green gardens［J］. *Beijing Landscape Architecture*, 2008, 1: 18 – 25.［王建红, 邵金丽, 车少臣, 等. 北京园林绿地昆虫群落功能团的研究［J］. 北京园林, 2008, 1: 18 – 25］

Wang F, Ju RT, Li YZ, *et al.* Ecological niche concept and its application in insect ecology［J］. *Chinese Journal of Ecology*, 2006, 10: 1280 – 1284.［王凤, 鞠瑞亭, 李跃忠, 等. 生态位概念及其在昆虫生态学中的应用［J］. 生态学杂志, 2006, 10: 1280 – 1284］

Williams DD, Hamm T. Insect community organisation in estuaries: The role of the physical environment［J］. *Ecography*, 2002, 25 (3): 372 – 384.

Wu RW. Classification of urban green space［J］. *Chinese Landscape Architecture*, 1999, 6: 3 – 5.［吴人韦. 城市绿地的分类［J］. 中国园林, 1999, 6: 3 – 5］

Xu B, Li JL, Zhao F, *et al.* Standard for classification of urban green space: CJJ/T 85 – 2002［M］. Beijing: China Architecture & Building Press, 2002.［徐波, 李金路, 赵锋, 等. 城市绿地分类标准: CJJ/T 85 – 2002［M］. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002］

Xu B, Guo ZM, Liu DM, *et al.* Standard for classification of urban green space: CJJ/T 85 – 2017［M］. Beijing: China Architecture & Building Press, 2013.［徐波, 郭竹梅, 刘冬梅, 等. 城市绿地分类标准: CJJ/T 85 – 2017［M］. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013］

Xu L, Xue Y. Study on insect community structure and investigation method in urban green space of Jiamusi city［J］. *Science & Technology Vision*, 2012, 7: 16 – 17.［许龙, 薛勇. 佳木斯市城市绿地昆虫群落结构及调查方法研究［J］. 科技视界, 2012, 7: 16 – 17］

You P, Li HH, Wang SX, *et al.* Diversity of the moth community in the Qilihai wetland, Tianjin［J］. *Acta Entomologica Sinica*, 2003, 5: 617 – 621.［尤平, 李后魂, 王淑霞, 等. 天津七里海湿地蛾类多样性［J］. 昆虫学报, 2003, 5: 617 – 621］

You P, Li HH, Wang SX. The diversity of the moth community in the north dagang wetland nature reserve, Tianjin［J］. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26 (4): 999 – 1004.［尤平, 李后魂, 王淑霞. 天津北大港湿地自然保护区蛾类的多样性［J］. 生态学报, 2006, 26 (4): 999 – 1004］

Zhang R, Zhao ZH, He DH, *et al.* The structure and dynamics of arthropod communities in Chinese wolfberry fields under different disturbances［J］. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30 (10): 2656 – 2664.［张蓉, 赵紫华, 贺达汉, 等. 不同干扰条件下枸杞园节肢动物群落结构与动态［J］. 生态学报, 2010, 30 (10): 2656 – 2664］

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

附表　成都市 3 种城市绿地的昆虫功能团组成

Table　Composition of functional groups of insects in three types of urban green spaces in Chengdu

功能团组成 Functional group composition		类群组成 Groups			科数 Number of Families	比例(%) Proporrtion	物种数 Number of species	比例(%) Proporrtion	个体数 Individual number	比例(%) Proporrtion
		优势类群 Advantage groups	常见类群 Common groups	稀有类群 Rare groups						
植食性昆虫(Ph) Phytophagous insects	食叶类(Lea) Leaf-feeding insects		草螟科[1] Crambidae、螟蛾科[1] Pyralidae、茎蝇科[123] Psilidae、叶甲科[123] Chrysomelidae、蟋蟀科[123] Gryllidae	尺蛾科[1] Geometridae、斑蛾科[1] Zygaenidae、草螟科[3] Crambidae、螟蛾科[23] Pyralidae、娟蛾科[2] Scythrididae、毒蛾科[1] Lymantriidae、舟蛾科[2] Notodontidae、天蛾科[1] Sphingidae、跷蝽科[1] Berytidae、兜蝽科[2] Dinidoridae、龟蝽科[23] Plataspidae、蚁形甲科[123] Anthicidae、皮蠹科[3] Dermestidae、伪瓢虫科[123] Endomychidae、肖叶甲科[12] Eumolpidae、拟步甲科[123] Tenebrionidae、铁甲科[123] Hispidae、负泥虫科[123] Crioceridae、叩甲科[123] Elateridae、卷象科[13] Attelabidae、螽斯科[123] Tettigoniidae、驼螽科[123] Rhaphidophoridae、蚱蟋科[123] Tettigoniidae、锥头蝗科[123] Pyrgomorphidae、剑角蝗科[1] Acrididae、斑翅蝗科[1] Oedipodidae、斑腿蝗科[123] Catantopidae、蚱科[123] Tetrigidae、管蓟马科[123] Phlaeothripidae、蛸科[1] Phasmatidae、啮虫科[23] Psocidae	28*	24.138*	93*	17.383*	2 038*	20.130*
					27#	23.684#	92#	16.912#	1 630#	14.439#
					22	22.680	72	16.216	840	10.541
	食芽花类(Bud) Bud-eating insects		粉蝶科[123] Pieridae、灰蝶科[123] Lycaenidae、蜜蜂科[123] Apidae、地蜂科[3] Andrenidae、实蝇科[12] Tephritidae、潜蝇科[3] Agromyzidae	凤蝶科[123] Papilionidae、蛱蝶科 Nymphalidae、弄蝶科[123] Hesperiidae、夜蛾科[123] Noctidae、麦蛾科[123] Gelechiidae、灯蛾科[123] Arctiidae、三节叶蜂科[123] Argidae、地蜂科[12] Andrenidae、潜蝇科[12] Agromyzidae	13*	11.207*	59*	11.028*	1 533*	15.142*
					13#	11.404#	58#	10.662#	1 758#	15.573#
					13	13.402	48	10.811	1 364	17.116

续表 1 Continued table 1

功能团组成 Functional group composition	类群组成 Groups			科数 Number of Families	比例(%) Proporrtion	物种数 Number of species	比例(%) Proporrtion	个体数 Individual number	比例(%) Proporrtion
	优势类群 Advantage groups	常见类群 Common groups	稀有类群 Rare groups						
刺吸类(Pie) Piercing-sucking insects	盲蝽科[3] Miridae	瘿蚊科[2] Cecidomyiidae、蝽科[13] Pentatomidae、长蝽科[123] Lygaeidae、缘蝽科[123] Coreidae、盲蝽科[12] Miridae、叶蝉科[123] Cicadellidae、沫蝉科[3] Cercopidae	大蚊科[123] Tipulidae、瘿蚊科[13] Cecidomyiidae、蝉科[123] Cicadidae、蝽科[2] Pentatomidae、网蝽科[123] Tingidae、叶蝉科[3] Cicadellidae、象蜡蝉科[123] Dictyopharidae、菱蜡蝉科[12] Cixiidae、广蜡蝉科[123] Ricaniidae、瓢蜡蝉科[123] Issidae、沫蝉科[12] Cercopidae、角蝉科[123] Membracidae、飞虱科[123] Delphacidae、绵蚧科[123] Margarodidae、蚜科[13] Aphididae	18*	15.517*	103*	19.252*	2 537*	25.059*
				17#	14.912#	113#	20.772#	3 948#	34.972#
				17	17.347	79	17.793	2 197	27.569
蛀茎类(Ste) Stem borer			透翅蛾科[123] Sesiidae、象甲科[123] Curculionidae、金龟科[123] Scarabaeidae、小蠹科[3] Scolytidae、吉丁虫科[23] Buprestidae、锹甲科[12] Lucanidae、天牛科[123] Cerambycidae、花蚤科[12] Mordellidae	6*	5.172*	11*	2.056*	72*	0.711*
				7#	6.140#	19#	3.493#	61#	0.540#
				6	6.186	9	2.027	12	0.151

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

续表 1 Continued table 1

功能团组成 Functional group composition		类群组成 Groups			科数 Number of Families	比例(%) Proporrtion	物种数 Number of species	比例(%) Proporrtion	个体数 Individual number	比例(%) Proporrtion
		优势类群 Advantage groups	常见类群 Common groups	稀有类群 Rare groups						
中性昆虫(Ne) Neutral insects	中性类(Neu) Neutral insects		甲蝇科[13] Celyphidae、缟蝇科[123] Lauxaniidae、丽蝇科[23] Calliphoridae、果蝇科[1] Drosophilidae、蝇科[123] Muscidae、粪蝇科[1] Scathophagidae、秆蝇科[123] Chloropidae、水虻科[23] Stratiomyidae、蚊科[12] Culicidae	甲蝇科[23] Celyphidae、麻蝇科[12] Sarcophagidae、丽蝇科[1] Calliphoridae、果蝇科[23] Drosophilidae、粪蝇科[23] Scathophagidae、禾蝇科[123] Opomyzidae、水虻科[1] Stratiomyidae、虻科[1] Tabanidae、摇蚊科[123] Chironomidae、蚊科[3] Culicidae、小蕈甲科[2] Mycetophagidae、蜚蠊科[12] Blattidae	14*	12.069*	73*	13.645*	1 801*	17.789*
					14#	12.281#	68#	12.500#	1 585#	14.040#
					10	10.204	63	14.189	1 415	17.756
寄生性昆虫(Pa) Parasitic insects	寄生类(Par) Parasitic insects		小蜂科[123] Chalcididae、姬蜂科[13] Ichneumonidae、隧蜂科[3] Halictidae、头蝇科[2] Dorilaidae、寄蝇科[13] Tachinidae	蚁蜂科[2] Mutillidae、土蜂科[123] Scoliidae、锤角细蜂科[123] Diapriidae、广肩小蜂科[12] Eurytomidae、金小蜂科[123] Pteromalidae、姬蜂科[2] Ichneumonidae、茧蜂科[123] Braconidae、切叶蜂科[13] Megachilidae、隧蜂科[12] Halictidae、头蝇科[13] Dorilaidae、寄蝇科[2] Tachinidae、沼蝇科[123] Sciomyzidae	12*	10.345*	82*	15.327*	596*	5.887*
					13#	11.404#	86#	15.809#	816#	7.228#
					11	11.340	84	18.919	715	8.972

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

续表 1 Continued table 1

功能团组成 Functional group composition		类群组成 Groups			科数 Number of Families	比例(%) Proporrtion	物种数 Number of species	比例(%) Proporrtion	个体数 Individual number	比例(%) Proporrtion
		优势类群 Advantage groups	常见类群 Common groups	稀有类群 Rare groups						
捕食性昆虫(Pr) Predator insects	捕食类(Pre) Predator insects		螳科[1] Protoneuridae、胡蜂科[123] Vespidae、蚁科[123] Formicidae、蚜蝇科[123] Syrphidae、长足虻科[123] Dolichopodidae、瓢虫科[13] Coccinellidae、郭公虫科[3] Cleridae	蜻科[123] Libellulidae、螳科[2] Protoneuridae、丝螳科[1] Lestidae、色螳科[123] Calopterygidae、泥蜂科[123] Sphecidae、旋小蜂科[12] Eupelmidae、水蝇科[123] Ephydridae、舞虻科[123] Empididae、食虫虻科[12] Asilidae、黾蝽科[1] Gerridae、花蝽科[23] Anthocoridae、猎蝽科[23] Reduviidae、姬蝽科[12] Nabidae、瓢虫科[2] Coccinellidae、步甲科[123] Carabidae、隐翅虫科[123] Staphylinidae、郭公虫科[12] Cleridae、花萤科[123] Cantharidae、褐蛉科[1] Hemerobiidae、草蛉科[123] Chrysopidae、球螋科[123] Forficulidae、肥螋科[2] Anisolabididae、螳科[1] Mantidae、齿蛉科[1] Corydalidae	25*	21.552*	114*	22.266*	1 547*	15.281*
					23#	20.175#	108#	19.853#	1 491#	13.208#
					18	18.367	89	20.045	1 424	17.869
总计 Total				GY	116	1	535	1	10 124	
				SC	114	1	544	1	11 289	1
				DL	97	1	444	1	7 969	1

注:1、2、3 分别表示在公园绿地、生产绿地、道路绿地有记录;* 表示为公园绿地、# 表示生产绿地、空白为道路绿地。Note: 1, 2 and 3 respectively indicated that there were records in park green space, production green space and road green space; * denotes park green space, # denotes production green space , blank is road green space.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net