

广州不同生境类型区域昆虫多样性*

李志刚^{1,2,3} 张碧胜² 翟欣² 龚鹏博² 黄宁生¹ 匡耀求¹ 郭明昉² 韩诗畴^{2,*}

(¹中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640 ²广东省昆虫研究所, 广州 510260 ³中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要 2005—2006年,对广州全域4个不同生境类型区域(中心市区、农田区、沿海湿地区和森林区)的昆虫群落进行6次调查,共获得昆虫标本10595号,分属于22个目、216个科。多样性分析结果表明,森林区昆虫群落的丰富度指数、多样性指数、复杂性指数最高,其次为农田区、中心市区,最低为沿海湿地区;沿海湿地区昆虫群落的优势度最高,其他依次为中心市区、农田区和森林区。不同生境类型昆虫群落多样性指数的时间动态不同,森林区、农田区和沿海湿地区的丰富度指数及Shannon-Wiener多样性指数均为6—7月最高,中心市区以9—10月最高;农田区昆虫群落的Shannon-Wiener多样性指数及均匀度指数随时间波动最大,森林区的丰富度指数时间波动最大,中心市区优势度时间波动最大。相似性分析结果表明,森林区和农田区昆虫群落具有的共同科数最多,相似性系数最高,沿海湿地区和森林区、农田区、城市区具有的共同科数都较少,相似性系数也较低。广州不同生境类型区域昆虫多样性存在差异,森林区受城市化进程影响较小,生境得到较好保护,昆虫多样性丰富,沿海湿地区由于城市化发展改变了原生生境,昆虫多样性遭到较大破坏,因此在城市化进程中,要加强对生态环境的保护,减少对生物多样性的破坏。

关键词 生境类型;昆虫多样性;城市化;广州

中图分类号 X176 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2010)2-0357-06

Insect diversity in different habitats in Guangzhou of China LI Zhigang^{1,2,3}, ZHANG Bisheng², ZHAI Xin², GONG Peng-bo², HUANG Ning-sheng¹, KUANG Ya-qiu¹, GUO Ming-fang², HAN Shichou² (¹Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640 China; ²Guangdong Entomological Institute, Guangzhou 510260 China; ³Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2010 29(2): 357-362

Abstract From May 2005 to December 2006, six investigations were made on the insect communities in the urban area, farmland, coastal wetland, and forestland in Guangzhou. A total of 10595 specimens were collected, belonging to 216 families and 22 orders. The indices Margalef species richness, Shannon-Wiener diversity, and complexity of community were the highest in forestland, followed by farmland and urban area, and in coastal wetland, while the dominance index was the highest in coastal wetland, followed by urban area, farmland, and forestland. The temporal dynamics of the diversity indices varied with habitat. The Shannon-Wiener index and richness index in forestland, farmland, and coastal wetland were the highest in June–July, while those in urban area were the highest in September–October. The Shannon-Wiener index and evenness index fluctuated most in farmland, while the richness index and McNaughton index fluctuated most in forestland and urban area, respectively. Forestland and farmland had the highest similarity in terms of the numbers of common families, while coastal wetland had the most distinct family composition, as compared to other habitats. It could be concluded that the insect

* 广州市专项基金资助项目 [GZ-ZY(2004)0806].

** 通讯作者 E-mail: hans@gdei.gd.cn

收稿日期: 2009-06-29 接受日期: 2009-10-05

diversity and abundance in Guangzhou varied with habitat e.g., forestland had the highest insect diversity because it was less affected by urbanization processes in city, while coastal wetland showed the simplified insect community due to the urbanization. Therefore, during urbanization, it would be necessary to protect the natural environment for the maintenance of biodiversity.

Key words habitat; insect diversity; urbanization; Guangzhou.

生物多样性是人类生存和发展的基础,是生态系统可持续性的前提 (Christensen *et al*, 1996)。城市生物多样性作为城市环境的重要组成部分,是城市生态系统可持续发展的资源保障。保护城市生物多样性可以改善人类与自然生态系统的关系,维持生态系统的稳定性和持续性。昆虫种类繁多,习性各异,蕴藏着极大的生物资源量,庞大的昆虫类群对自然界的生态平衡发挥重要作用。与脊椎动物相比,昆虫在自然界中占据了多样性更高、空间尺度更小的生境,对生境的变化也更敏感,具有广谱的生物地理学和生态学探针功能 (Sanwavs 1993),因而昆虫更适合用来指示生境的细微变化,开展昆虫多样性研究对生物多样性监测和保护具有重大意义。

城市化是改变自然环境引起生物多样性降低的重要驱动因素之一 (Vale & Vale 1976; Lee *et al*, 2004)。广州是华南地区的贸易口岸和交通枢纽,是处在快速城市化进程中的典型区域,城市地域不断向外扩张,人类对自然生态系统的干扰强度逐步升高,对生态环境的破坏越来越严重。群落研究可以了解影响物种分布和丰富度的物理学和生物学因子 (Ramos 2000),复杂和异质的生境可以提供更多的生态位,承载更多的物种 (Pianka 1966),生境复杂性和异质性的改变势必影响昆虫群落的组成和多样性。本文以广州地区为例,研究了不同生境类型区域的昆虫群落结构及其多样性特征,探讨了昆虫多样性变化对生境类型的生态响应,可为城市生态可持续发展规划、城市生物多样性保护提供理论基础和科学依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

广州市 (22°26'N—23°56'N, 112°57'E—114°13'E) 是广东省省会,全省政治、经济和文化中心,总面积为 7434.4 km²,地处广东省东南部,珠江三角洲北缘,濒临南海,毗邻港澳,是华南地区中心城市,中国的“南大门”。包括越秀、海珠、荔湾、天河、白云、黄埔、萝岗、番禺、南沙、花都 10 个区和增城、从化 2 个县级市。广州地势东北高、西南低,北部和东北部是山区,中部为丘陵和台地,南部是珠江三角洲冲积平原。南亚热带湿润季风气候,全年平均气温 22.8℃,平均相对湿度 68%,地带性植被为南亚热带季风常绿阔叶林 (管东生等, 2001; 郭乐等, 2006)。

1.2 研究方法

1.2.1 调查方法 调查分别于 2005 年 5 月、11 月, 2006 年 3—4 月、6—7 月、9—10 月、12 月进行。根据广州地区的地形地貌、生境类型、植被状况以及城市化发展水平,将广州市全区域划分为 4 个不同生境类型进行全面调查 (表 1)。

调查采用样线法,在上述 4 个不同生境类型区域内,根据其生态类型的具体分布情况按照随机等概的原则布置样线,每条样线长 5 km;每次调查对所有样线进行 1 次采集,每条样线有 2 人负责,一天完成一条样线;网捕法结合诱捕法定量采集,将采集到的鳞翅目和蜻蜓目昆虫存放在三角纸袋内,其他昆虫放入装有 75% 酒精的采集瓶内保存,注明采集时间、地点及采集人,带回试验室内进行标本制作,

表 1 研究分区及生境概况

Tab 1 Region divisions and habitat conditions

	纬度	海拔 (m)	地形	生境类型	建筑面积比率 (%)	人为干扰程度	辖区及分布
中心城市区	22.90°—23.29°	< 500	平原	城市绿地、公园及风景区	34	强	中心城区、番禺区北部、增城市和花都区南部
农田区	23.22°—23.71°	< 300	低山及平原	农田和灌木	11	较强	增城市和花都区北部及中部、从化市南部
沿海湿地地区	22.60°—22.84°	< 100	江河入海口	河流、河口、滩涂	9	中等	番禺区南部、南沙区珠江及支系入海口
森林区	23.67°—23.96°	< 1000	山地	天然针叶林、阔叶林和人工林	2	较弱	从化市北部山区、增城市东北部山区

分类鉴定到科, 鉴定主要依据《昆虫分类》(郑乐怡和归鸿, 1999)、《昆虫形态分类学》(忻介六等, 1985)、《中国经济昆虫志》(中国科学院中国动物志编辑委员会, 1994)和《中国动物志·昆虫纲》(中国科学院中国动物志编辑委员会, 2003)进行。

1.2.2 数据分析 采用 Margalef 丰富度指数 (d_M) (Margalef 1957)、Shannon-Wiener 多样性指数 (H') (Shannon & Weaver, 1949)、Pielou 均匀度指数 (J) (Pielou 1975)、McNaughton 优势度指数 (D)、相对多度 (R_a)、Simpson 相似性系数 (C_s) 和群落复杂性指数 (C_j) 分析昆虫群落多样性特征 (马克平, 1994; 付必谦等, 2002; 高书晶等, 2004; 陶莉和李朝品, 2006; 晏华等, 2006), 计算公式如下:

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

$$2) H' = - \sum P_i \ln P_i$$

$$3) J = (- \sum P_i \ln P_i) / \ln S$$

$$4) D = (N_1 + N_2) / N$$

$$5) R_a = 100 N_i / N$$

$$6) C_s = 2c / (a + b)$$

$$7) C_j = H' \times r_j, r_j = A_j / A_{\text{平均}}$$

$$A_j = (1/S) \sum N_{ij} N_i, A_{\text{平均}} = (1/n) \sum A_j$$

式中: S 为总类群数; S_j 为群落 j 的类群数; P_i 为类群 i 的个体数占总个体数的比例; N 为所有类群的个体总数; N_1 、 N_2 为群落中数量居第 1、2 位的优势类群的个体数; N_i 为类群 i 的个体数; N_{ij} 为群落 j 中类群 i 的个体数; r_j 为校正系数, 代表群落间相对丰度对群落 j 复杂性的影响; A_j 为群落 j 的个体丰盛度, $A_{\text{平均}}$ 为各群落的平均个体丰盛度; a 为 a 生境中的类群数, b 为 b 生境中的类群数, c 为 2 生境共有的类群数。

2 结果与分析

2.1 广州不同生境类型区域昆虫群落组成

一个区域的昆虫群落结构及组成因生态环境不同而变化, 和不同的气候、地貌、植被、土壤等因素密切相关。通过对广州地区各生境类型区域的 6 次调查, 共获得到昆虫标本 10595 号, 分属于 22 个目、216 个科。森林区是 4 个不同生境类型中昆虫类群最丰富的区域, 共计 182 个科, 农田区次之, 156 个科, 中心城区和沿海湿地区分别为 110 和 100 个科。森林区昆虫个体数量最多, 为 4269, 占总量的 40.29%, 其他 3 个区域从高到低依次为农田区 3801 (35.88%)、沿海湿地区 1379 (13.02%) 和中心

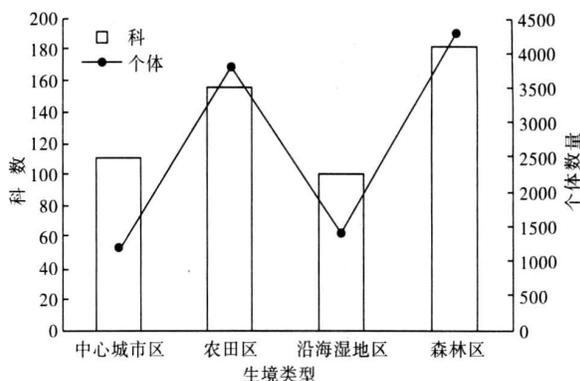


图 1 广州不同生境区域昆虫数量变化

Fig 1 Number of insect in different types of habitats in Guangzhou

城区 1146 (10.82%) (图 1)。

不同生境类型区域的优势类群略有不同, 森林区为鞘翅目 (相对多度为 32.21) 和鳞翅目 (18.15), 农田区为鞘翅目 (28.76)、鳞翅目 (18.55) 和膜翅目 (15.44), 中心城区为鳞翅目 (29.49)、鞘翅目 (21.38) 和膜翅目 (18.06), 沿海湿地区为鞘翅目 (37.20) 和双翅目 (18.85) (表 2)。

2.2 广州不同生境类型区域昆虫群落多样性

广州市不同生境类型区域的昆虫群落多样性指数如表 3 所示, 森林区的丰富度指数最高, 为 21.653 其次为农田区 (18.804)、中心城区 (15.474), 最低为沿海湿地区 (13.695); Shannon-Wiener 多样性指数从大到小依次为森林区、农田区、中心城区、沿海湿地区, 以森林区 (4.264) 为最高; 森林区植被多样, 组成复杂, 昆虫个体数量较多, 种类丰富, 因此表现出最高的丰富度指数和多样性指数。森林区和农田区昆虫类群数和总个体数均较多, 组成较丰富, 因此群落复杂性指数较高, 分别为 7.691 和 5.044 远远高于中心城区 (1.801) 和沿海湿地区 (1.768)。沿海湿地区昆虫群落表现出最低的均匀度指数 (0.768) 和最高的种类优势度指数 (0.269), 这与该区域种类组成少, 优势类群突出有关, 也说明该区域自我调节能力弱, 抗干扰能力差, 昆虫群落结构的稳定性低于其他 3 种生境类型区域。

2.3 广州不同生境类型昆虫群落多样性的时间动态

不同生境类型昆虫群落多样性指数的时间动态如图 2 所示, 森林区昆虫群落的丰富度指数 12 月低于农田区, 其余月份均高于其他 3 种生境类型; 沿海湿地区 6—7 月高于中心城区, 其余月份均低于其他 3 区。

表 2 广州市不同生境类型区域昆虫群落组成

Tab 2 Insect communities in different types of habitats in Guangzhou

目	中心城市区		农田区		沿海湿地区		森林区	
	科	个体	科	个体	科	个体	科	个体
鞘翅目 Coleoptera	24	245(21.38)	35	1093(28.76)	21	513(37.20)	45	1375(32.21)
双翅目 Diptera	12	76(6.63)	22	284(7.47)	11	260(18.85)	18	276(6.47)
鳞翅目 Lepidoptera	13	338(29.49)	17	705(18.55)	15	183(13.27)	25	775(18.15)
半翅目 Hemiptera	14	85(7.42)	15	343(9.02)	13	110(7.98)	16	339(7.94)
膜翅目 Hymenoptera	12	207(18.06)	16	587(15.44)	13	183(13.27)	18	589(13.80)
直翅目 Orthoptera	10	60(5.24)	13	264(6.95)	8	29(2.10)	14	322(7.54)
同翅目 Homoptera	9	59(5.15)	13	208(5.47)	4	38(2.76)	14	315(7.38)
蜻蜓目 Odonata	5	51(4.45)	9	243(6.39)	4	37(2.68)	9	165(3.87)
蜚蠊目 Blattodea	4	16(1.40)	3	30(0.79)	4	8(0.58)	3	50(1.17)
螳螂目 Mantodea	1	2(0.18)	3	14(0.37)	1	9(0.65)	1	4(0.09)
革翅目 Dermaptera	1	1(0.09)	1	8(0.21)			3	6(0.14)
竹节虫目 Phasmatodea	1	1(0.09)	2	4(0.11)			3	10(0.23)
脉翅目 Neuroptera	2	2(0.18)	1	2(0.05)	1	1(0.07)	1	3(0.07)
毛翅目 Trichoptera			2	2(0.05)	1	1(0.07)	1	3(0.07)
襀翅目 Plecoptera			1	1(0.03)			2	5(0.12)
等翅目 Isoptera			1	5(0.13)	2	3(0.22)	2	3(0.07)
长翅目 Mecoptera							2	5(0.12)
蜉蝣目 Ephemeroptera			1	3(0.08)	1	1(0.07)	1	3(0.07)
纺足目 Embioptera							1	1(0.02)
啮目 Psocoptera							1	1(0.02)
缨翅目 Thysanoptera	1	1(0.09)					1	1(0.02)
广翅目 Megaloptera	1	2(0.18)	1	5(0.13)	1	3(0.22)	1	18(0.42)
合计	110	1146	156	3801	100	1379	182	4269

括号内数值为相对多度。

表 3 不同生境类型区域昆虫多样性

Tab 3 Diversity indices of insect in four types of habitats of Guangzhou

生境类型	丰富度 (d_M)	多样性指数 (H')	群落复杂性 (C_j)	均匀度 (J)	优势度 (D)
中心城市区	15.474	3.850	1.801	0.819	0.190
农田区	18.804	4.107	5.044	0.813	0.170
沿海湿地区	13.695	3.535	1.768	0.768	0.269
森林区	21.653	4.264	7.691	0.819	0.144

广州 6—7 月气候湿热, 植被生长茂盛, 昆虫活动增多, 类群数和个体总数均较多, 因此森林区、农田区和沿海湿地区昆虫群落的多样性指数均为 6—7 月最高; 但中心城市区以 9—10 月最高, 这可能与该区的植被类型与其他 3 区存在较大差异有关; 农田区昆虫群落多样性指数的时间波动最大, 6—7 月最高, 为 4.541, 12 月最低, 为 3.095; 沿海湿地区昆虫群落的多样性指数随时间的变化较平缓, 且总体偏低, 除 6—7 月、12 月高于中心城市区外, 其他月份均低于另外 3 种生境类型区域。

农田区昆虫群落的均匀度指数较高, 除 9—10

月低于森林区外, 其余月份均高于其他 3 种生境类型区域, 且随时间变化幅度最大, 6—7 月最高, 为 1.109; 沿海湿地区昆虫群落均匀度指数时间波动最小; 中心城市区均匀度指数较低, 除 9—10 月外, 其余月份均低于其他 3 种生境类型区域。

中心城市区昆虫群落的优势度指数随时间变化的幅度最大, 6—7 月最高, 为 0.554, 9—10 月最低, 为 0.250; 农田区的昆虫群落优势度指数时间波动最小; 森林区的昆虫群落优势度指数最低, 除 12 月略高于农田区外, 其余月份均低于其他 3 种生境类型区域。

2.4 广州不同生境类型昆虫群落的相似性

广州不同生境类型昆虫群落中, 森林区和农田区的相似性系数最高, 为 0.817, 其次为农田区和中心城市区, 为 0.744, 森林区和沿海湿地区的相似性系数最低, 为 0.622; 森林区和农田区昆虫群落间相同类群数最多, 为 138, 沿海湿地区和中心城市区间的相同类群数最少, 为 74 (表 4)。

表 4 广州不同生境类型昆虫群落间的相同科数及相似性系数

Tab 4 Numbers of the shared families between two habitats regions and similarity coefficient

生境类型	中心城市区	农田区	森林区	沿海湿地区
中心城市区	-	0.744	0.692	0.705
农田区	99	-	0.817	0.680
森林区	101	138	-	0.622
沿海湿地区	74	87	88	-

左下角是相同类群数, 右上角是相似性系数。

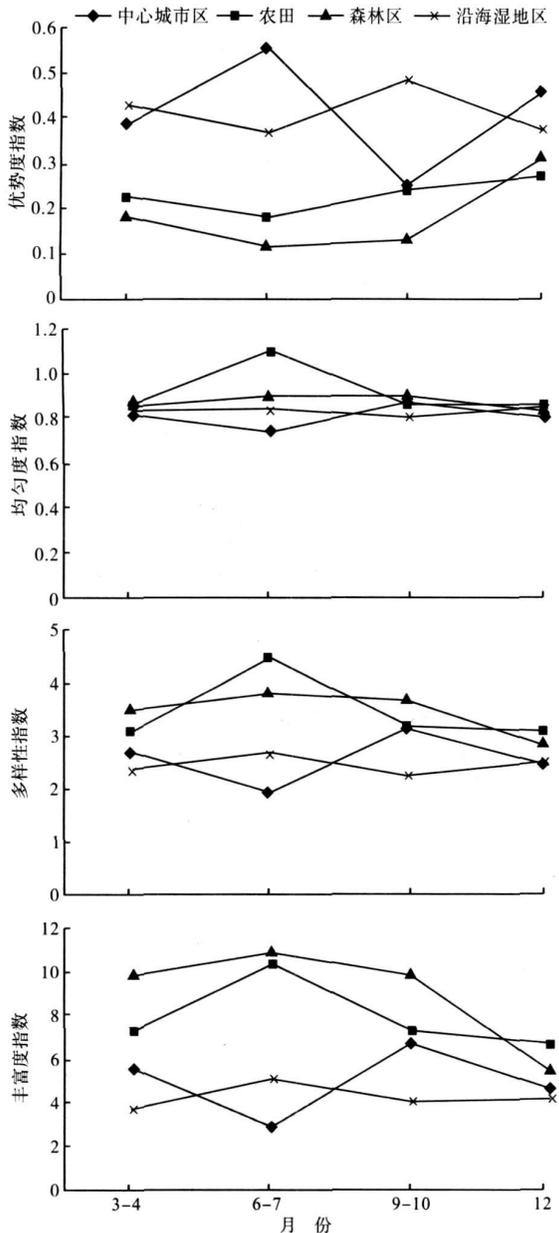


图 2 广州不同生境类型昆虫多样性时间动态
Fig 2 Diversity indices of insect in different season in four types of habitats in Guangzhou

3 讨论

昆虫多样性研究多集中在自然保护区、农田、林地、果园等个别生境类型区域 (戈峰等, 2000; 周红章等, 2000; 黄保宏等, 2005; 刘兴平等, 2005), 针对某个城市整体区域的昆虫多样性, 全面系统的研究工作尚不多见, 但已有学者对城市区域某一类群的昆虫群落结构及多样性进行研究。晏华等 (2006) 以重庆市为例, 研究了城市化对蝴蝶多样性的影响, 左自途等 (2008) 对重庆市主城区不同生境类型的蝴蝶多样性进行了研究, 同时分析了人为干扰和生境类型与蝴蝶多样性的关系。

广州地处珠江三角洲, 是中国城市化快速发展的典型区域, 同时, 广州市地形地貌丰富, 拥有“山、城、田、海”并存的自然基础。通过对广州市不同生境类型区域昆虫群落的系统调查, 共统计到 22 个目、216 个科。广州市森林区昆虫群落的丰富度指数、多样性指数、复杂性指数以及均匀度指数在所有生境类型区域中都是最高的, 森林区城市化发展水平最低, 原生林及次生林得到较好的保护, 受人类活动影响较小, 生境的复杂性和异质性较高是该区调查到最多昆虫类群和数量的主要原因。中心城市区城市化水平较高, 人类活动频繁, 该区域昆虫群落丰富度及多样性虽然低于森林区, 但与森林区的相似性系数仅次于农田区。主要因为近年来广州市大力建设生态屏障, 保护生态资源, 初步实现了由城区外围众多森林公园、风景区和城区内多处生态公园形成的森林围城、森林进城的生态格局。这些区域原生境保护较好, 具有较为丰富的植物多样性, 为昆虫的生存繁衍提供了较好的条件, 维持了较高的昆虫群落多样性。森林公园、生态公园及风景区作为城市生态系统的重要组成部分, 不仅可以改善城市生态环境, 更为城市生物提供了避难所, 在城市生物多样性保护中发挥重要作用。

湿地生态系统环境多样, 植物组成和结构复杂, 人为干扰相对较少, 为各类昆虫尤其是喜湿性昆虫提供了多样化的食物资源和比较适宜的栖息场所, 在昆虫多样性的保育方面发挥着积极的作用。仲雨霞和付必谦 (2007) 利用网捕法对北京市白河湿地昆虫群落进行了调查, 共获得 15 个目 149 个科, 其面积虽小, 但蕴藏着丰富的昆虫多样性。但是, 广州市沿海湿地区是 4 种生境类型中调查到昆虫类群和数量最少的区域, 该区域包括番禺和南沙两个行政

区,番禺区地处珠江三角洲腹地,位于穗港澳“小三角”的中心位置,是广州南拓的重点区域,旅游和房地产业发展迅速,水陆交通便利,已成为广州重要的工业强区和工业出口基地之一;南沙区地处珠江口的伶仃洋西岸,是近年来崛起的一座现代化滨海新城,是联结珠江口两岸城市群的枢纽性节点。汽车、钢铁、造船、重型机械装备、石化、高新技术产业及港口物流等七大产业使南沙的经济发展驶入高速增长的车道。在番禺区和南沙区工业化、城市化迅速推进的同时,自然环境发生了巨大变化,大部分“曲水芦苇荡、万顷荷色美”的湿地景观被桥梁、道路和港口等基础设施建设取代,湿地区的生物多样性受到严重威胁。该区域昆虫群落的丰富度指数、多样性指数、复杂性指数和均匀度指数低于其他生境类型,说明沿海湿地区的生物多样性受到城市化进程的较大影响,因此该区域在城市快速发展的同时应加强对生态环境的保护,减少对生物多样性的影响。

参考文献

付必谦,陈卫,董晓晖,等. 2002 北京松山四种大型土壤动物群落组成和结构. 生态学报, 22(2): 215-223

高书晶,庞保平,于洋,等. 2004 麦田昆虫群落的结构与序动态. 生态学杂志, 23(6): 47-50

戈峰,李典谟,谢宝瑜,等. 2000 棉田节肢动物群落数量与能流多样性特征分析. 生态学报, 20(6): 972-976

管东生,钟晓燕,郑淑颖. 2001. 广州地区森林景观多样性分析. 生态学杂志, 20(4): 9-12

郭冻,夏北成,刘蔚秋,等. 2006 城市化进程中广州市景观格局的时空变化与梯度分异. 应用生态学报, 17(9): 1671-1676

黄保宏,邹运鼎,毕守东,等. 2005 梅园昆虫群落特征、动态及优势种生态位. 应用生态学报, 16(2): 307-312

刘兴平,刘向辉,王国红,等. 2005 多样化松林中昆虫群落多样性特征. 生态学报, 25(11): 2976-2982

马克平. 1994 生物群落多样性的测度方法 // 钱迎倩, 马克平. 生物多样性研究的原理与方法. 北京: 中国科学技术出版社: 141-165

陶莉,李朝品. 2006 淮南地区粉螨群落结构及其多样性. 生态学杂志, 25(6): 667-670

忻介六,杨庆爽,胡成业. 1985. 昆虫形态分类学. 上海:

复旦大学出版社.

晏华,袁兴中,刘文萍,等. 2006 城市化对蝴蝶多样性的影响: 以重庆市为例. 生物多样性, 14(3): 216-222

郑乐怡,归鸿. 1999 昆虫分类. 南京: 南京师范大学出版社.

中国科学院中国动物志编辑委员会. 1994 中国经济昆虫志. 北京: 科学出版社.

中国科学院中国动物志编辑委员会. 2003 中国动物志. 昆虫纲. 北京: 科学出版社.

仲雨霞,付必谦. 2007 北京白河湿地夏季昆虫群落组成特征的初步分析. 首都师范大学学报(自然科学版), 28(3): 71-77

周红章,于晓东,罗天宏,等. 2000 湖北神农架自然保护区昆虫的数量变化与环境关系的初步研究. 生物多样性, 8(3): 262-270

左自途,袁兴中,刘红,等. 2008 重庆市主城区不同生境类型的蝴蝶多样性. 生态学杂志, 27(6): 946-950

Christensen NL, Bartuska AM, Brown JH, et al. 1996 The report of the Ecological Society of America Committee on the scientific basis for ecosystem management *Ecological Applications* 6: 665-691

Lee PF, Ding TS, Hsu FH, et al. 2004 Breeding bird species richness in Taiwan: Distribution on gradients of elevation, primary productivity and urbanization *Journal of Biogeography*, 31: 307-314

Margalef DR. 1957. Information theory in ecology. *General Systems* 3: 36-37

Pianka ER. 1966 Convexity, desert lizards and spatial heterogeneity. *Ecology*, 47: 1055-1059

Piebu EC. 1975. Ecological Diversity. New York: Wiley-Interscience

Ramos FA. 2000 Nymphalid butterfly communities in an Amazonian forest fragment *Journal of Research on the Lepidoptera*, 35: 29-41

Samways M J. 1993 Insects in biodiversity conservation: Some perspectives and directives *Biodiversity Conservation*, 2: 258-282

Shannon CE, Weaver W J. 1949 The Mathematical Theory of Communication. Urbana: University of Illinois Press

Vale TR, Vale GR. 1976 Suburban bird populations in west-central California *Journal of Biogeography*, 3: 157-165

作者简介 李志刚,男,1978年生,博士研究生,助理研究员。主要从事生物多样性及可持续发展研究。E-mail leegde@gmail.com
责任编辑 刘丽娟