

广州市不同城市化发展区域蝶类多样性

李志刚^{1,2,3}, 张碧胜², 龚鹏博², 李 军², 翟 欣², 韩诗畴^{2,*}

(1. 中国科学院广州地球化学研究所可持续发展研究中心, 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, 对广州地区 4 个不同城市化发展区域(森林区、农田区、城市区、沿海湿地区)的蝶类进行 6 次调查, 共统计到 10 科 46 属 73 种。森林区科、属、物种和个体数目都最多, 沿海湿地区各项数量指标都最小, 农田区的个体数量大于城市区, 但科、属和物种数却与城市区差异不大。多样性分析结果表明, 森林区的种类丰度、多样性指数最高, 沿海湿地区的种类丰度和多样性指数最低; 均匀度大小依次为沿海湿地区 > 农田区 > 森林区 > 城市区; 优势度指数大小依次为沿海湿地区 > 城市区 > 农田区 > 森林区。相似性分析结果表明, 森林区和农田区具有的相同物种数最多, 相似性系数最高; 沿海湿地区和森林区、农田区、城市区具有的相同物种数都较少, 相似性系数也较低。

关键词: 蝶类; 物种多样性; 城市化

文章编号: 1000-0933(2009)07-3911-08 中图分类号: Q143 文献标识码: A

Urbanization and butterfly diversity: a case study in Guangzhou, China

LI Zhi-Gang^{1,2,3}, ZHANG Bi-Sheng², GONG Peng-Bo², LI Jun², ZHAI Xin², HAN Shi-Chou^{2,*}

1 Sustainable Development Research Center, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China

2 Guangdong Entomological Institute, Guangzhou 510260, China

3 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(7): 3911~3918.

Abstract: To investigate the correlation between urbanization and butterfly diversity, four different habitats, i. e. forest, farmland, city and wetland, in Guangzhou were surveyed between 2005 and 2006. 73 species of butterflies from 46 genera in 10 families were recorded. Margalef species richness and Shannon-Wiener indices were used to analyze the species and community diversity of butterfly in the four urbanized regions. The results showed that both indices were the highest in forest regions and the lowest in wetland regions. While, wetland region showed the highest evenness index, followed by farmland, forest and city regions; also, wetland regions have the highest dominance index, followed by city, farmland and forest regions. The highest similarity, in term of numbers of common species, occurred between forest and farmland; in contrast, wetland regions had the most distinct species composition as compared to other regions.

Key Words: butterfly; species diversity; urbanization

广州是华南地区的贸易口岸和交通枢纽, 经济发展迅速, 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, 原城市周边的乡村地域向城市地域转化, 并表现为由城区内向城区外梯度转变的空间分异规律。生态环境在人为干扰下发生了剧变, 势必影响生物群落的组成和生物多样性。

生物多样性保护是当今国际社会瞩目的重大环境问题, 物种多样性的评估是有效保护生物多样性、合理利用其资源、保证其可持续发展的基础和关键。蝶类隶属昆虫纲(Insecta)、鳞翅目(Lepidoptera)、锤角亚目

基金项目: 广州市专项基金资助项目(GZ-ZY(2004)0806)

收稿日期: 2008-04-11; 修订日期: 2008-12-05

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

(Rhopalocera),在生态系统中有重要作用;其生活周期短暂,对栖息地环境要求很高,对生境结构和植物组成的变化敏感,对栖息环境变化做出反应的速度极快,是其寄主植物反应速度的3~30倍,常被选为环境质量的指示生物^[1~8];蝶类幼虫取食植物具有一定的专一性,其分布和数量都直接依赖于植物,所以在某些高度开发的环境里,蝶类多样性通常可以替代植物多样性用于环境质量评价^[9~12]。以蝶类为指示物种,以物种多样性指数为主要参数的蝶类物种多样性研究是当今生态学以及环境科学研究的热门课题之一。

本研究以城市化快速发展的广州市为研究区域,以蝶类昆虫作为环境指示生物,对不同城市化发展区域的蝶类物种多样性进行了分析研究,可以为城市生物多样性保护、城市生态可持续发展规划提供理论基础和科学依据。

1 研究区域与研究方法

1.1 研究区域自然概况

广州市(112°57′~114°13′E,22°26′~23°56′N)总面积为7 434.4km²,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,属南亚热带湿润季风气候区,年日照时数1 770~1 940h,气温年内变化为单峰型,年降水量1 612~1 909mm。地势大致东北高,西南部和南部低,呈东北向西南和南部倾斜状态,北部和东北部为低山丘陵,中部为丘陵和台地,中南部多为台地和冲积平原,南部是珠江三角洲冲积平原,为河网区和河口^[13]。

1.2 研究方法

1.2.1 野外调查

如表1所示,根据广州市的城市化发展水平,地理、地貌、气候、植被以及SPOT遥感图和前期实地考察,将广州全区域划分为4个不同城市化发展区域进行全面调查。

表1 研究分区及生境概况
Table 1 Region divisions and habitat conditions

	森林区 Forest	农田区 Farmland	城市区 City	沿海湿地区 Wetland
纬度 Latitude (N°)	23.67~23.96	23.22~23.71	22.90~23.29	22.60~22.84
海拔 Elevation (m)	1000 以下	500 以下	500 以下	100 以下
建筑面积比率 Building rate (%)	2	11	34	9
人为干扰 Human disturbance	弱	较强	强	较强
生境类型 Habitat type	天然针叶林、阔叶林和人工林	农田和灌木	城市绿地、植物园、森林公园及风景区	河流、河口、滩涂及围垦农田
样线生境 Line transect habitat	林内、林缘	田间、田缘、村道	绿地、林内、游道	河岸、滩涂、红树林
辖区及分布 District and distributing	从化市北部山区	增城市和花都区北部低山及平原地区	中心城区、增城市和花都区南部	番禺区、南沙区珠江及支系入海口

调查分别于2005年5月、11月,2006年3月、7月、9月、12月分6次进行;样线法调查,在上述4个不同城市化发展区域内,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,样线长5km,每个区域内各种代表生境均有样线分布,样线的数量满足抽样强度及统计量的要求;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,每日8:00~12:00,15:00~17:00进行;网捕法采集,采集样线两侧各5m内的蝴蝶,将采集的蝴蝶存放在三角纸袋内,注明采集时间、地点及采集人,带回试验室内进行标本制作和分类鉴定,主要依据《中国蝴蝶分类与鉴定》、《中国蝶类志》和《中国蝴蝶图谱》结合检索表进行种类鉴定^[14~16]。

1.2.2 数据处理

采用Margalef种类丰度、Shannon-Wiener指数、Pielou均匀度指数、McNaughton种类优势度指数、Sørenson

相似性系数和相对多度分析蝶类的群落结构和物种多样性^[12,17,18]。

Margalef 种类丰度:

$$S_1 = (S - 1) / \ln N \quad (1)$$

Shannon-Wiener 指数:

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

Pielou 的均匀度指数:

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

McNaughton 种类优势度指数:

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

Sørensen 相似性系数:

$$S_2 = 2C / (A + B) \quad (5)$$

相对多度:

$$R_a = 100 N_i / N \quad (6)$$

式中, S 为总种数, P_i 为种 i 的个体数占总个体数的比例, N 为所有种的个体总数, N_i 为种 i 的个体数, N_1 、 N_2 为样品中数量居第一、二位的优势种的个体数, A 为 A 生境中的种类数, B 为 B 生境中的种类数, C 为两生境共有的种类数。

2 结果与分析

2.1 种类组成

在广州市全区域的调查结果表明,其蝶类群落由 73 种组成,分属于 10 科 45 属。其中森林区科、属、物种和个体数量都最多,沿海湿地区各项数量指标都最小,农田区的个体数量虽大于城市区,但科、属和物种数却与城市区差异不大(表 2)。

2.2 不同城市化发展区域蝶类多样性分析

如图 1 所示,森林区的种类丰度与多样性指数最高,该区城市化发展水平最低,生境多样,植物种类丰富,整个生态环境复杂而稳定,具备各种蝶类生存和繁衍的优良条件;沿海湿地区的种类丰度和多样性指数最低,说明此区植物种类和群落结构单一,生态环境简单,蝶类多样性受人为活动干扰较大;城市区的种类丰度仅低于森林区,多样性指数低于森林区和农田区;农田区种类丰度仅高于沿海湿地区,多样性指数仅低于森林区。均匀度大小依次为沿海湿地区 > 农田区 > 森林区 > 城市区。优势度指数大小依次为沿海湿地区 > 城市区 > 农田区 > 森林区。从蝶类组成来看,森林区的物种多,优势种群也较多,各种群间数量差异不显著,说明该区生境结构较为稳定,物种种群相对稳定;沿海湿地区优势度指数最高,多样性指数最低,说明各种群个体数量差异显著,具有明显的优势种群,也说明该区域生态环境自身调节能力弱,在高度快速城市化开发与建设过程中,生境遭到破坏,不利于蝶类的生存和繁衍。

表 2 广州市不同城市化发展区域蝶类群落数量特征

Table 2 Quantity indexes of butterfly community in different regions of urbanization

生境区域 Habitat regions	科 Families	属 Genera	物种 Species	个体数 Individual
森林区 Forest	10	33	50	624
农田区 Farmland	10	29	42	505
城市区 City	8	29	43	328
沿海湿地区 Wetland	7	14	20	124

不同城市化发展区域蝶类群落的种类组成和数量如表 3 所示,森林区的优势种为东方菜粉蝶 *Pieris canidia* (Sparman) (14.60%)、绢斑蝶 *Parantica aglea* (Stoll) (9.90%)、中环蛱蝶 *Neptis hylas* (Linnaeus)

(7.68%)、斐豹蛱蝶 *Argyreus hyperbius* (Linnaeus) (6.79%)、宽边黄粉蝶 *Eurema hecabe* (Linnaeus) (6.50%)，有 13 种是该区域独有的物种；农田区的优势种为中环蛱蝶 (15.40%)、宽边黄粉蝶 (9.52%)、东方菜粉蝶 (8.01%)、碧凤蝶 *Papilio bianor* Cramer (5.01%)，有 5 种是该区域独有的物种；城市区的优势种为蛇目褐蛱蝶 *Abisara echerius* (Stoll) (17.60%)、东方菜粉蝶 (13.30%)、宽边黄粉蝶 (7.08%)、巴黎翠凤蝶 *Papilio paris* Linnaeus (6.23%)，有 10 种是该区域独有的物种；沿海湿地地区优势种为东方菜粉蝶 (26.20%)、玉带凤蝶 *Papilio polytes* Linnaeus (11.30%)、菜粉蝶 *Pieris rapae* (Linnaeus) (8.51%)、中环蛱蝶 (7.80%)，有 4 种该区域独有的物种。

表 3 不同城市化发展区域蝶类群落种类组成及数量

Table 3 Species composition and quantity of butterfly community in different regions of urbanization

物种 Species	森林区 Forest	农田区 Farmland	城市区 City	沿海湿地地区 Wetland
凤蝶科 Papilionidae				
斑凤蝶 <i>Chilasa clytia</i> (Linnaeus)	1 (0.15%)	7 (1.17%)	1 (0.28%)	0
小黑斑凤蝶 <i>Chilasa epycides</i> (Hewitson)	1 (0.15%)	0	0	0
巴黎翠凤蝶 <i>Papilio paris</i> Linnaeus	8 (1.18%)	4 (0.67%)	22 (6.23%)	4 (2.84%)
碧凤蝶 <i>Papilio bianor</i> Cramer	8 (1.18%)	30 (5.01%)	9 (2.55%)	8 (5.67%)
柑橘凤蝶 <i>Papilio xuthus</i> Linnaeus	4 (0.59%)	5 (0.83%)	1 (0.28%)	0
金凤蝶 <i>Papilio machaon</i> Linnaeus	1 (0.15%)	0	0	0
蓝凤蝶 <i>Papilio protenor</i> Cramer	7 (1.03%)	14 (2.34%)	1 (0.28%)	3 (2.13%)
美凤蝶 <i>Papilio memnon</i> Linnaeus	1 (0.15%)	1 (0.17%)	0	2 (1.42%)
玉斑凤蝶 <i>Papilio helenus</i> Linnaeus	5 (0.74%)	4 (0.67%)	13 (3.68%)	0
玉带凤蝶 <i>Papilio polytes</i> Linnaeus	3 (0.44%)	19 (3.17%)	9 (2.55%)	16 (11.30%)
绿凤蝶 <i>Pathysa antiphates</i> (Cramer)	0	2 (0.33%)	0	0
青凤蝶 <i>Graphium sarpedon</i> (Linnaeus)	9 (1.33%)	2 (0.33%)	2 (0.57%)	6 (4.26%)
统帅青凤蝶 <i>Graphium agamemnon</i> (Linnaeus)	0	0	0	1 (0.71%)
银钩青凤蝶 <i>Graphium eurypylus</i> (Linnaeus)	0	0	1 (0.28%)	0
燕凤蝶 <i>Lamproptera curius</i> (Fabricius)	0	1 (0.17%)	0	0
粉蝶科 Pieridae				
报喜斑粉蝶 <i>Delias pasithoe</i> (Linnaeus)	33 (4.87%)	21 (3.51%)	16 (4.53%)	3 (2.13%)
优越斑粉蝶 <i>Delias hyparete</i> (Linnaeus)	0	5 (0.83%)	7 (1.98%)	0
橙粉蝶 <i>Ixias pyrene</i> (Linnaeus)	1 (0.15%)	0	0	0
菜粉蝶 <i>Pieris rapae</i> (Linnaeus)	11 (1.62%)	22 (3.67%)	2 (0.57%)	12 (8.51%)
东方菜粉蝶 <i>Pieris canidia</i> (Sparman)	99 (14.60%)	48 (8.01%)	47 (13.30%)	37 (26.20%)
鹤顶粉蝶 <i>Hebomoia glaucippe</i> (Linnaeus)	0	1 (0.17%)	3 (0.85%)	0
宽边黄粉蝶 <i>Eurema hecabe</i> (Linnaeus)	44 (6.50%)	57 (9.52%)	25 (7.08%)	3 (2.13%)
梨花迁粉蝶 <i>Catopsolia pyranthe</i> (Linnaeus)	1 (0.15%)	5 (0.83%)	2 (0.57%)	0
迁粉蝶 <i>Catopsolia pomona</i> (Fabricius)	25 (3.69%)	6 (1.00%)	2 (0.57%)	0
纤粉蝶 <i>Leptosia nina</i> (Fabricius)	3 (0.44%)	0	0	0
黑脉圆粉蝶 <i>Cepora nerissa</i> (Fabricius)	4 (0.59%)	2 (0.33%)	0	0
斑蝶科 Danaidae				
虎斑蝶 <i>Danaus genutia</i> (Cramer)	5 (0.74%)	0	0	0
绢斑蝶 <i>Parantica aglea</i> (Stoll)	67 (9.90%)	5 (0.83%)	0	0
环蝶科 Amathusiidae				
串珠环蝶 <i>Faunis eumeus</i> (Drury)	0	1 (0.17%)	8 (2.27%)	0
凤眼方环蝶 <i>Discophora sondaica</i> Boisduval	2 (0.30%)	0	0	0
眼蝶科 Satyridae				
白带黛眼蝶 <i>Lethe confusa</i> (Aurivillius)	21 (3.1%)	5 (0.83%)	19 (5.38%)	0
长纹黛眼蝶 <i>Lethe europa</i> Fabricius	2 (0.30%)	1 (0.17%)	2 (0.57%)	0

续表

物种 Species	森林区 Forest	农田区 Farmland	城市区 City	沿海湿地区 Wetland
连纹黛眼蝶 <i>Lethe syrcis</i> (Hewitson)	3(0.44%)	0	0	0
翠袖锯眼蝶 <i>Elymnias hypermnestra</i> (Linnaeus)	0	0	1(0.28%)	0
东亚矍眼蝶 <i>Ypthima motschulskyi</i> (Bremer et Grey)	1(0.15%)	1(0.17%)	0	0
矍眼蝶 <i>Ypthima balda</i> (Fabricius)	24(3.05%)	17(2.84%)	3(0.85%)	0
中华矍眼蝶 <i>Ypthima chinensis</i> Leech	1(0.15%)	28(4.67%)	0	0
稻眉眼蝶 <i>Mycalesis gotaoma</i> Moore	4(0.59%)	0	2(0.57%)	0
拟稻眉眼蝶 <i>Mycalesis francisca</i> (Stoll)	8(1.18%)	0	0	0
小眉眼蝶 <i>Mycalesis mineus</i> (Linnaeus)	10(1.48%)	0	10(2.83%)	0
蛱蝶科 Nymphalidae				
黄钩蛱蝶 <i>Polygonia c-aureum</i> (Linnaeus)	9(1.33%)	0	0	0
幻紫斑蛱蝶 <i>Hypolimnas bolina</i> (Linnaeus)	1(0.15%)	0	0	0
金斑蛱蝶 <i>Hypolimnas missipus</i> (Linnaeus)	0	0	1(0.28%)	3(2.13%)
彩蛱蝶 <i>Vagrans egista</i> (Cramer)	0	1(0.17%)	0	0
褐蓓翠蛱蝶 <i>Euthalia hebe</i> Leech	2(0.3%)	0	0	0
尖翅翠蛱蝶 <i>Euthalia phemius</i> (Doubleday)	0	0	1(0.28%)	0
矛翠蛱蝶 <i>Euthalia aconthea</i> (Cramer)	0	0	1(0.28%)	0
相思带蛱蝶 <i>Athyma nefte</i> (Cramer)	0	0	2(0.57%)	0
新月带蛱蝶 <i>Athyma selenophora</i> (Kollar)	0	0	2(0.57%)	0
斐豹蛱蝶 <i>Argyreus hyperbius</i> (Linnaeus)	46(6.79%)	19(3.17%)	10(2.83%)	0
中环蛱蝶 <i>Neptis hylas</i> (Linnaeus)	52(7.68%)	92(15.40%)	16(4.53%)	11(7.80%)
琉璃蛱蝶 <i>Kaniska canace</i> (Linnaeus)	5(0.74%)	1(0.17%)	6(1.7%)	3(2.13%)
黑脉蛱蝶 <i>Hestina assimilis</i> (Linnaeus)	0	0	0	1(0.71%)
穆蛱蝶 <i>Modusa procris</i> (Cramer)	0	0	1(0.28%)	0
Y 纹俳蛱蝶 <i>Parasarpa dudu</i> (Westwood)	0	0	1(0.28%)	0
金蟠蛱蝶 <i>Pantoporia hordonia</i> (Stoll)	0	0	1(0.28%)	0
散纹盛蛱蝶 <i>Symbrenthia lilaue</i> (Linnaeus)	1(0.15%)	1(0.17%)	4(1.13%)	0
网丝蛱蝶 <i>Cyrestis thyodamas</i> Boisduval	1(0.15%)	0	4(1.13%)	0
残鐳线蛱蝶 <i>Limnitis sulphita</i> (Cramer)	9(1.33%)	10(1.67%)	1(0.28%)	0
波纹眼蛱蝶 <i>Junonia atlites</i> (Linnaeus)	1(0.15%)	2(0.33%)	1(0.28%)	0
翠蓝眼蛱蝶 <i>Junonia orithya</i> (Linnaeus)	1(0.15%)	0	0	0
钩翅眼蛱蝶 <i>Junonia iphita</i> Cramer	0	0	3(0.85%)	0
黄裳眼蛱蝶 <i>Junonia hierta</i> (Fabricius)	0	0	0	4(2.84%)
美眼蛱蝶 <i>Junonia almana</i> (Linnaeus)	26(3.84%)	19(3.17%)	2(0.57%)	1(0.71%)
珍蝶科 Acraeidae				
苎麻珍蝶 <i>Acraea issoria</i> (Hübner)	20(2.95%)	0	0	0
蛱蝶科 Riodinidae				
波蛱蝶 <i>Zemeros flegyas</i> (Cramer)	7(1.03%)	5(0.83%)	1(0.28%)	0
蛇目褐蛱蝶 <i>Abisara echerius</i> (Stoll)	23(3.40%)	27(4.51%)	62(17.60%)	4(2.84%)
灰蝶科 Lycaenidae				
酢浆灰蝶 <i>Pseudozeetia maha</i> (Kollar)	0	0	0	1(0.71%)
亮灰蝶 <i>Lampides boeticus</i> (Linnaeus)	1(0.15%)	2(0.33%)	0	1(0.71%)
弄蝶科 Hesperinae				
刺脰弄蝶 <i>Baoris aoris farri</i> (Moore)	0	1(0.17%)	0	0
曲纹稻弄蝶 <i>Parnara ganga</i> Evans	0	9(1.50%)	0	0
直纹稻弄蝶 <i>Parnara guttata</i> (Bremer et Grey)	1(0.15%)	1(0.17%)	0	0
旖弄蝶 <i>Isoleinon lamprospilus</i> Felder et Felder	1(0.15%)	1(0.17%)	0	0

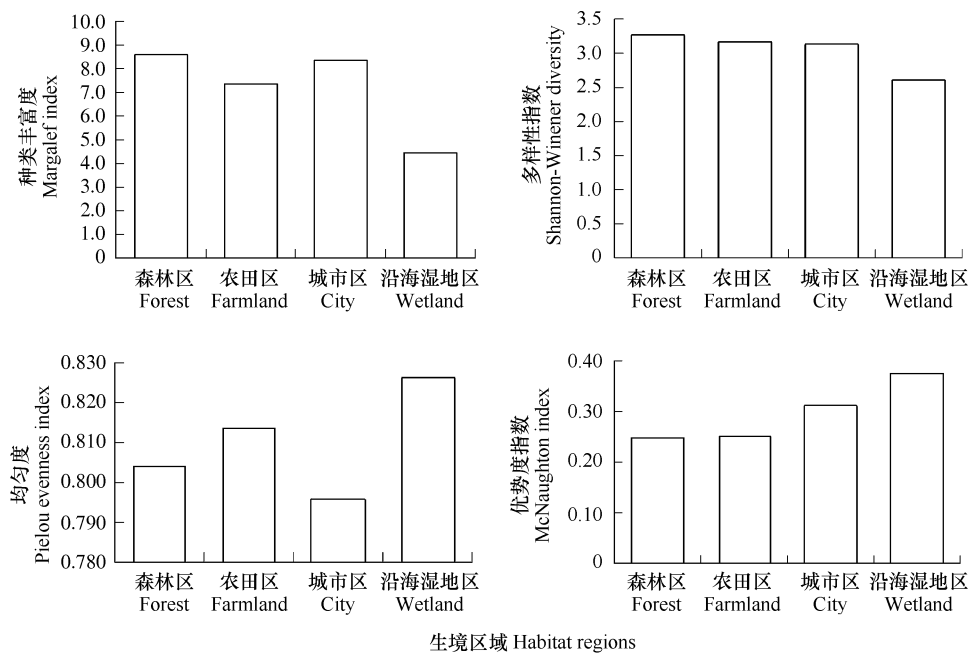


图1 不同城市化发展区域蝶类群落多样性指数变化
Fig. 1 Diversity indexes of butterfly community in different regions of urbanization

2.3 不同城市化发展区域间相似性分析

通过对不同城市化发展区域蝶类群落相似性分析发现(表4),森林区和农田区具有的相同物种数最多,相似性系数最高;沿海湿地区和森林区、农田区、城市区具有的相同物种数都较少,相似性系数也较低;城市区与农田区以及与森林区具有的相同物种数都是29种,但城市区与农田区的相似性系数略高于其与森林区的相似性系数。

表4 不同城市化发展区域间的相同物种数(对角线上)及相似性系数(对角线下)

Table 4 Numbers of the shared species between two habitat regions (above diagonal) and similarity coefficient (below diagonal)				
	森林区 Forest	农田区 Farmland	城市区 City	沿海湿地区 Wetland
森林区 Forset		34	29	15
农田区 Farmland	0.7391		29	14
城市区 City	0.6237	0.6824		14
沿海湿地区 Wetland	0.4286	0.4516	0.4444	

3 讨论

在国外,从20世纪50年代开始,就将蝴蝶作为一种评价环境优劣的指示生物,对其种类和数量进行观察统计。我国从20世纪90年代开始蝶类多样性和群落结构的研究,较多的研究区域局限于自然保护区^[8,19~21],另外,也陆续对四川木里、青海祁连山、山西省、长江三峡库区等地的蝶类群落进行了研究^[6,22~25]。近年来,城市化对生物多样性的影响引起极大关注,国内外已开展了一些城市化对蝶类多样性影响的研究^[12,26,27]。

广州市森林区主要分布在从化北部的山区,该区城市化程度最低,人为干扰弱,植物多样性丰富,具有较高的生境复杂性,调查到的蝶类种类最多,蝶类的种类丰度和多样性指数最高。这与前人的相关研究结果一致,说明生境越复杂蝶类物种越丰富^[8,28]。

农田区位于增城市和花都区北部,多为人工栽培植被,虽然盖度不低,但生境异质性比较小,植物多样性不够丰富,群落结构相对简单,另外该区分布有较多村落,居民耕作和日常活动等人为干扰因素较多,蝶类的

种类和数量都少于森林区,种类丰度和多样性指数也比森林区低。

沿海湿地区包括番禺和南沙两个行政区,番禺区是 21 世纪广州市重点发展的地区,也是房地产开发的热点地区,临港产业、物流业和交通运输业发展迅速,南沙区地处珠三角经济区的几何中心,是广州通往海洋的重要通道,其发展大工业的地理优势十分突出,汽车、石化、钢铁等产业相继落户,南沙正成为广州南部的工业新城,城市化发展程度飞速提高,生态环境短时间内发生了巨大变化,珠江口湿地圈正面临严重的威胁。该区域调查到的蝶类种类最少,种类丰度和多样性指数最低,说明沿海湿地区的生物多样性受到城市化发展的影响较大,因此在该区域的城市发展规划中应加强对湿地的保护,减少由于经济发展和城市开发造成的对生物多样性的破坏。

广州市城市区蝶类的种类丰度和多样性指数都较高,而其他研究者对城市化和蝶类多样性关系的研究结果表明,中心城区城市开发程度高,蝶类多样性指数低^[12,26,29]。分析其原因,虽然该区域城市化程度高,但广州市域地形地貌丰富,在中心城区的外围分布有华南植物园、龙眼洞森林公园、火炉山森林公园、龙头山森林公园、白云山风景区和帽峰山风景区。这些森林公园和风景区原生生境得到了较好的保护,具有较为丰富的植物多样性,为蝶类的生存繁衍提供了较好的条件,因此蝶类多样性指数也较高。说明广州市该区域城市生态可持续发展规划比较合理,也体现了森林公园以及风景区在城市生物多样性保护中的作用。

References:

- [1] Oostermeijer J G B, Van Swaay C A M. The relationship between butterflies and environmental indicator values; a tool for conservation in a changing landscape. *Biological Conservation*, 1998, 86: 271 — 280.
- [2] Maes D, Van Dyck H. Butterfly diversity loss in Flanders (north Belgium): Europe's worst case scenario? *Biological Conservation*, 2001, 99: 263 — 276.
- [3] Saarinen K. A comparison of butterfly communities along field margins under traditional and intensive management in SE Finland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2002, 90:59 — 65.
- [4] Nelson S M. The Western Viceroy butterfly (*Nymphalidae: Limenitis archippus obsoleta*): an indicator for riparian restoration in the arid southwestern United States? *Ecological Indicators*, 2003, 3: 203 — 211.
- [5] Grill A, Cleary D F R. Diversity patterns in butterfly communities of the Greek nature reserve Dadia. *Biological Conservation*, 2003, 114: 427 — 436.
- [6] Qi B, Yang P, Deng H L. The diversity indexes, richness and evenness of butterfly communities in the Three Gorge Reservoir Area of Yangtze River. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26:3049 — 3058.
- [7] Hermy M, Cornelis J. Towards a monitoring method and a number of multifaceted and hierarchical biodiversity indicators for urban and suburban parks. *Landscape and Urban Planning*, 2000, 49: 149 — 62.
- [8] Wang M, Huang G H, Fan X L, *et al.* Species diversity of butterflies in Shimentai Nature Reserve, Guangdong. *Biodiversity Science*, 2003, 11: 441 — 453.
- [9] Brown K S. Paleoeecology and regional patterns of evolution in neotropical forest butterflies. In: Prance GT ed. *Biological Diversification in the Tropics*. New York: Columbia University Press, 1982. 255 — 308.
- [10] Murphy D D, Freas K E, Weiss S B. An environment-metapopulation approach to population viability analysis for a threatened invertebrate. *Conservation Biology*, 1990, 4, 41 — 51.
- [11] Kremen C. Assessing the indicator properties of species assemblages for natural areas monitoring. *Ecological Applications*, 1992, 2: 203 — 217.
- [12] Yan H, Yuan X Z, Liu W P, *et al.* Butterfly diversity along a gradient of urbanization: Chongqing as a case study. *Biodiversity Science*, 2006, 14:216 — 222.
- [13] Guo L, Xia B C, Liu W Q, *et al.* Spatio-temporal change and gradient differentiation of landscape pattern in Guangzhou City during its Urbanization. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(9):1671 — 1676.
- [14] Li C L, Zhu B Y. *Atlas of Chinese Butterflies*. Shanghai: Shanghai Far East Publishers, 1992.
- [15] Chou I. *Monograph of Chinese Butterflies*. Zhengzhou: Henan Science and Technology Publishing House, 1994.
- [16] Chou I. *Classification and Identification of Chinese Butterflies*. Zhengzhou: Henan Science and Technology Publishing House, 1998.
- [17] Ma K P. Measurement of biotic community diversity. I. Measurement of α diversity (A). *Chinese Biodiversity*, 1994, 2(3): 162 — 168.
- [18] Ma K P, Liu Y M. Measurement of biotic community diversity. I. Measurement of α diversity (B). *Chinese Biodiversity*, 1994, 2(4):231

—239.

- [19] Liu G L, Pang H, Zhou C Q, *et al.* Diversity of butterflies in Lianhua Mountain Nature Reserve of Dongguan City, Guangdong Province. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15 (4): 571—574.
- [20] Chen Z N, Zeng Y, Bao M, *et al.* Butterfly diversity in different habitat types at the Huzhu Northern Mountain National Forest Park, Qinghai. *Biodiversity Science*, 2006, 14 (6): 517—524.
- [21] Zha Y P, Luo Q G, Wang G X, *et al.* Community diversity of butterfly in Houhe National Nature Reserve. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17 (2): 265—268.
- [22] Liu W P, Deng H L. The studies on diversity of butterflies in the Muli. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17(3): 266—271.
- [23] Chen Z N, Zeng Y. The butterfly diversity of different habitat types in Qilian, Qinghai Province. *Biodiversity Science*, 2001, 9(2): 109—114.
- [24] Cao T W, Wang R, Dong J M, *et al.* The diversity and zonal distribution of butterflies in Shanxi Province. *Acta Enomologica Sinica*, 2004, 47 (6): 793—802.
- [25] Yang P, Deng H L, Qi B, *et al.* The occupied rate of microhabitats sampled percentage of species and relative abundance of butterfly community in the Three Gorge Reservoir Area of Yangtze River. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(3): 543—544.
- [26] Blair R B, Launer A E. Butterfly diversity and human land use: species assemblages along an urban gradient. *Biological Conservation*, 1997, 80: 113—125.
- [27] Mauro D D. The Effect of Urbanization on Butterfly Species Diversity. PhD dissertation, Department of Environmental Science and Public Policy, George Mason University, Washington. 2003.
- [28] Lawton J H, Bignell D E, Bolton B, *et al.* Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature*, 1998, 391: 72—76.
- [29] McGeoch M A, Chown S L. Impact of urbanization on a gall-inhabiting Lepidoptera assemblage: the importance of reserves in urban areas. *Biodiversity and Conservation*, 1997, 6: 979—993.

参考文献:

- [6] 漆波, 杨萍, 邓合黎. 长江三峡库区蝶类群落的物种多样性. *生态学报*, 2006, 14(3): 216—222.
- [8] 王敏, 黄国华, 范晓凌, 等. 石门台自然保护区蝴蝶物种多样性研究. *生物多样性*, 2003, 11(6): 441—453.
- [12] 晏华, 袁兴中, 刘文萍, 等. 城市化对蝴蝶多样性的影响: 以重庆市为例. *生物多样性*, 2006, 14(3): 216—222.
- [13] 郭涿, 夏北成, 刘蔚秋, 等. 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*, 2006, 17(9): 1671—1676.
- [14] 李传隆, 朱宝云. 中国蝴蝶图谱. 上海: 上海远东出版社, 1992.
- [15] 周尧. 中国蝴蝶分类与鉴定. 郑州: 河南科学技术出版社, 1998.
- [16] 周尧. 中国蝶类志. 郑州: 河南科学技术出版社, 1994.
- [17] 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). *生物多样性*, 1994, 2(3): 162—168.
- [18] 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). *生物多样性*, 1994, 2(4): 231—239.
- [19] 刘桂林, 庞虹, 周昌清, 等. 东莞莲花山自然保护区蝴蝶群落多样性研究. *应用生态学报*, 2004, 15 (4): 571—574.
- [20] 陈振宁, 曾阳, 鲍敏, 等. 青海互助北山国家森林公园不同生境的蝶类多样性研究. *生物多样性*, 2006, 14 (6): 517—524.
- [21] 查玉平, 骆启桂, 王国秀, 等. 后河国家级自然保护区蝴蝶群落多样性研究. *应用生态学报*, 2006, 17 (2): 265—268.
- [22] 刘文萍, 邓合黎. 木里蝶类多样性研究. *生态学报*, 1997, 17(3): 266—271.
- [23] 陈振宁, 曾阳. 青海祁连地区不同生境类型蝶类多样性研究. *生物多样性*, 2001, 9(2): 109—114.
- [24] 曹天文, 王瑞, 董晋明, 等. 山西省蝶类多样性与地带分布. *昆虫学报*, 2004, 47(6): 793—802.
- [25] 杨萍, 邓合黎, 漆波, 等. 长江三峡库区蝶类群落的物种获得率、小生境占有率及相对多度. *生态学报*, 2005, 25 (3): 543—554.