

天津湿地蛾类丰富度和多样性及其环境评价

尤 平^{1, 2}, 李后魂^{1*}

(1. 南开大学生命科学学院, 天津 300071; 2. 陕西师范大学动物研究所, 西安 710062)

摘要: 天津海拔较低, 在华北属湿地资源比较丰富的地区之一, 是亚太地区鸟类迁徙路线的一个重要环节, 也是白枕鹤、丹顶鹤等濒危鸟类迁徙过程中的一个重要的停歇地。为了研究清楚天津湿地昆虫的种类及其动态规律, 为湿地的研究和保护利用服务, 选取了鸭淀、团泊洼、北大港水库、七里海和独流减河大港段为样地以诱集夜间活动的昆虫为主, 对天津湿地蛾类的群落生态学进行了研究, 取得如下进展: (1) 首次全面系统地研究了天津湿地蛾类的多样性, 确定天津湿地有蛾类 22 科 186 属 259 种。其中以夜蛾科最多 (58 属 85 种), 草螟科次之 (39 属 60 种), 卷蛾科 (16 属 28 种)、螟蛾科 (20 属 23 种)、尺蛾科 (14 属 15 种) 的种类也较多, 生物多样性丰富。 (2) 所诱集的蛾类种类及个体数, 以微软的 Excel 列表、计算及作图, 进行蛾类群落的种-多度曲线、多样性指数、均匀度与多样性指数的关系以及蛾类群落的聚类 (群落系数、欧氏距离) 和排序 (极点排序、主分量分析) 等研究分析, 结果表明: 鸭淀和七里海的种-多度曲线表现为对数正态分布模型, 而团泊洼、北大港水库和独流减河大港段的种-多度曲线多变, 但总的趋势比较接近于对数级数模型, 即生态位优先占领假说。Shannon-Wiener 多样性指数 (H')、种间相遇机率 (PIE)、物种丰富度 ($\ln S$) 均为七里海 > 团泊洼 > 鸭淀 > 北大港水库 > 独流减河大港段, 而均匀度 (E) 则为七里海 > 鸭淀 > 团泊洼 > 北大港水库 > 独流减河大港段。群落的聚类和排序表明蛾类群落的相似性依次为“七里海-团泊洼-鸭淀-北大港水库-独流减河大港段”。通过研究分析得出七里海与鸭淀的湿地环境质量较好, 但有退化的趋势。团泊洼、北大港水库、独流减河大港段的湿地环境不稳定, 退化严重。并分析了造成这些结果的原因, 提出了合理的保护和利用的建议。

关键词: 湿地; 蛾类; 群落生态学; 多样性; 聚类; 排序

文章编号: 1000-0933(2006)03-0629-09 中图分类号: Q968.1 文献标识码: A

Species richness and diversity of moth communities in Tianjin Wetlands; implications for environmental management

YOU Ping^{1, 2}, LI Hou-Hun^{1*} (1. College of Life Sciences, Nankai University, Tianjin 300071, China; 2. Institute of Zoology, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(3): 629 ~ 637.

Abstract: Wetland ecosystems are a special soil resource that serve water cycling while maintaining specialized habitats for various plants and animals. In such systems insects serve as an important food source for insectivores such as birds. Lower in altitude, Tianjin has important wetlands, which are indispensable areas of the flyway for the Asia-Pacific migratory birds as well as a temporary habitat for endangered migrating birds such as *Grus vipio* and *G. japonensis*. The present study of the wetlands of Tianjin was done from June 2001 to October 2002 in order to document the species richness and diversity of moth communities, to gain insights into the dynamics of this community, and to provide information for protecting this region. Sample locations included Yadian, Tuanbowa, North Dagang reservoir, Qilihai, and the Dagang reaches of Duliujian River, and involved sampling two

基金项目: 天津市自然科学基金资助项目 (023614011); 安徽省教育厅自然科学基金项目 (2004lj321)

收稿日期: 2005-03-29; 修订日期: 2005-09-13

作者简介: 尤平 (1965~), 男, 陕西甘泉人, 博士, 副教授, 主要从事动物学及环境生物学研究. E-mail: youping@suun.edu.cn

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: lihouhun@nankai.edu.cn

致谢: 南开大学生物系的杜艳丽、郝淑莲、王新谱、张丹丹博士鉴定部分种类, 在此一并表示感谢; 同时也感谢加拿大 Saint Marys 大学生物学教授 David Cone 博士对英文摘要的润色

Foundation item: The Project was supported by Natural Science Foundation of Tianjin (No. 023614011); Natural Science Foundation of Anhui Education office (No. 2004lj321)

Received date: 2005-03-29; Accepted date: 2005-09-13

Biography: YOU Ping, Ph. D., Associate professor, mainly engaged in zoology and environmental biology. E-mail: youping@suun.edu.cn

nights per month with an ultraviolet-light trap. The results are as follows: A total of 259 moths belonging to 186 genera in 22 families have been identified, high in richness of biodiversity. Noctuidae is the major family in quantity. Crambidae, Tortricidae, Pyralidae and Geometridae are also abundant year around. The moth communities of the wetlands in Tianjin have been analyzed, by using the curve of the moth community species-abundance, the indices of diversity, the connection of the evenness and the indices of diversity, the results of clustering (coefficient of community and Euclidean distance) and ordination (polar ordination and principal components analysis). The results reveal that the species rank abundance of moths of Qilihai and Yadian fits a log-normal model. But in Tuanbowa, North Dagang reservoir and the Dagang reaches of Duliujian river the moth fit a niche-preemption model. The diversity indices (H'), probability of interspecific encounter (PIE) and specific richness ($\ln S$) was Qilihai > Tuanbowa > Yadian > North Dagang reservoir > Dagang reaches of Duliujian river. However, the evenness (E) was Qilihai > Yadian > Tuanbowa > North Dagang reservoir > Dagang reaches of Duliujian river. And the order that the results of clustering and ordination was Qilihai - Yadian - Tuanbowa - North Dagang reservoir - Dagang reaches of Duliujian river. The conclusion is that the environmental quality in Qilihai and Yadian is higher and more stable compared to those in Tuanbowa, North Dagang reservoir and the Dagang reaches of Duliujian river, the latter being relatively unstable and under significant interference from human activities. Recommendations with respect to protection and rational use of the wetlands are provided.

Key words: wetland; moth; ecological community; diversity; clustering; ordination

湿地(wetland)是介于陆地和水体的高效生态系统,昆虫是这一生态系统物质循环和能量流动中的重要环节。在经济高度发展的现代,人们一度对湿地生态系统的认识不够,使湿地退化严重,面积剧减,污染严重。天津海拔低,湿地比例大,是鸟类迁徙时非常重要的停歇地。近十多年来,湿地的环境问题也非常严重。在科研、林业、水利、环保等部门的不断努力下,湿地环保工作取得了一定的成绩。目前,湿地环境保护工作中急需保护和监测环境质量的指标体系。昆虫在湿地中分布极其广泛,在湿地生物食物链中起重要作用。昆虫群落的结构和动态应该能及时准确地反映湿地环境的变化,所以,有必要对湿地昆虫作比较详尽的调查研究,掌握湿地昆虫的动态规律,及其与湿地环境变化的关系,及时应用于湿地的保护和监测,在合理地利用和保护湿地资源方面发挥作用。

为此,于2001年6月12日到10月14日和2002年4月12日到10月30日系统调查研究了天津主要湿地的蛾类,旨在通过对天津湿地蛾类多样性的研究,搞清天津湿地蛾类的种类及其动态。并应用于湿地保护和利用的实践。

1 天津湿地概况及调查点的选定

1.1 天津湿地概况

天津市位于华北平原的东北部,海河流域下游,东临渤海,西北与北京接壤,其余与河北省相邻。地处北纬 $38^{\circ}34' \sim 40^{\circ}15'$ 和东经 $116^{\circ}43' \sim 118^{\circ}04'$ 之间。全市总面积 11305 km^2 。沿海滩涂植物群落属于滨海盐生植物群落类型,主要优势种有:盐地碱蓬(*Suaeda salsa*)、芦苇(*Phragmites communis*)、碱菀(*Tripolium vulgare*)、獐毛(*Aeluropus litoralis*)等。湖泊、水库、河渠、洼、淀主要植

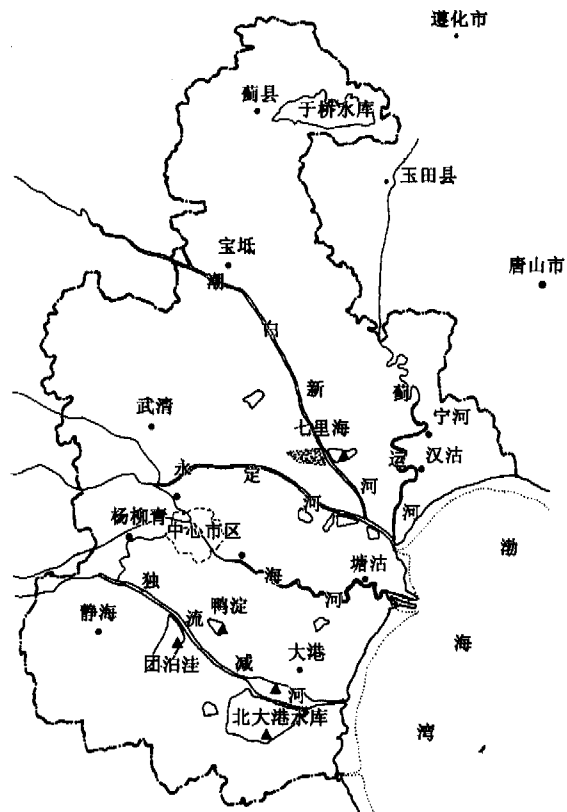


图1 天津市主要湿地

Fig.1 Main wetlands in Tianjin

▲ 调查样地 Sample area of the investigation

被包括沼泽芦苇群落、大面积农田以及苔草 (*Carex* spp.)、金鱼藻 (*Ceratophyllum demersum*) 等沉水植物群落。气候属暖温带半湿润性大陆季风气候。特点是四季分明,春季干旱多风,夏季炎热多雨,秋季晴朗气爽,冬季寒冷干燥。年平均气温 11℃,年平均降雨量 600 mm 左右。天津市湿地类型较多,分布较广,面积为 1717.8 km²,占全市总面积的 15.2%。其中近海湿地 580.9 km²,占全市湿地总面积的 33.9%,包括浅海水域 210.7 km²;潮间淤泥海滩 370.2 km²。河流湿地 551.2 km²,占 32%。湖泊湿地 503.9 km²,占 29.4%,包括永久性淡水湖 123.3 km²;水库 380.6 km²。沼泽和沼泽化草甸湿地 81.8 km²,占 4.7%^[1]。现建有国家级古海岸湿地自然保护区和北大港湿地自然保护区及市级团泊洼鸟类自然保护区和东丽湖自然保护区等 4 个湿地自然保护区。

1.2 调查点的选定

对天津湿地的类型、分布、面积、现状进行调查,筛选出七里海、鸭淀、团泊洼、北大港水库和独流减河大港段作为调查点(图 1),定期进行蛾类的调查。

1.3 调查点的植被

调查样地植被以沼泽芦苇群落为主,还有水葱群落,芦苇、香蒲群落,狐尾藻、苦草、马来眼子菜群落,狐尾藻、金鱼藻、黑藻群落,水稗子群落,碱蓬、角碱蓬群落,芦苇、碱蓬群落,怪柳群落等的分布。样地周边及坝堤上还有零散的人工乔木,以榆、槐等为主。各样地植被分布见表 1。

表 1 各样地植被的分布
Table 1 The vegetation of the samples

植物群落 Vegetation	QLH	YD	TBW	NDR	DDR
沼泽芦苇群落 <i>Phragmites australis</i> Community	+++	++	++	+++	+
水葱群落 <i>Scripus validus</i> Community	+	+	+	+	+
芦苇、香蒲群落 <i>Phragmites australis</i> 、 <i>Typha angustifolia</i> Community	+	+	-	+	-
狐尾藻、苦草、马来眼子菜群落 <i>Myriophyllum spicatum</i> 、 <i>Vallisneria asiatica</i> 、 <i>Potamogeton malaianus</i> Community	+	+	+	+	+
狐尾藻、金鱼藻、黑藻群落 <i>Myriophyllum spicatum</i> 、 <i>Ceratophyllum demersum</i> 、 <i>Hydrilla verticillata</i> Community	+	+	+	+	-
水稗子群落 <i>Echinochloa crusgalli</i> Community	+	+	++	+	+
碱蓬、角碱蓬群落 <i>Suaeda glauca</i> 、 <i>Suaeda corniculata</i> Community	+	-	-	+	++
芦苇、碱蓬群落 <i>Phragmites australis</i> 、 <i>Suaeda glauca</i> Community	+	-	+	++	+++
怪柳群落 <i>Tamarix chinensis</i> Community	-	-	++	+	+

* QLH: 七里海 Qilihai; YD: 鸭淀 Yadian; TBW: 团泊洼 Tuanbowa; NDR: 北大港水库 North Dagang reservoir; DDR: 独流减河 Dagang reaches of Duliujian River. +++: > 50%; ++: 10% ~ 50%; +: < 10%

2 研究方法

2.1 调查方法 调查时间为 2001 年 6 月 12 日至 10 月 14 日及 2002 年 4 月 12 日至 10 月 30 日。每月在各样地各调查 2 次。调查方法为灯诱,诱集灯为 250W 汞灯,幕布选用 2.0m × 1.5 m 的白化纤布。在距湿地边缘 1.5 km 以上的中心区随机选取样地,用竹竿把幕布挂于诱集灯后方 15 cm 处,清除幕布四周 4 ~ 5 m 的杂草,采集所有落于幕布前后面的蛾类。为鉴定方便,大小蛾类分开采集,大型蛾类用毒瓶,小型蛾类用指形管,用乙酸乙酯作为毒杀剂,杀死的蛾类放于储虫瓶(管)中,尽量避免摇动,作种类鉴定和数量统计。诱集时间为 4h,每月重复采集 2 ~ 4 次。

2.2 数据分析方法

2.2.1 多样性分析 多样性的分析采用以下参数^[2]:

物种丰富度 (specific richness, *S*) 和个体总数 (individual number, *N*),在多样性分析中分别采用其自然对数 (ln*S* 和 ln*N*)。

采用等级多样性指数 $H(SGF) = H(F) + H(G) + H(S)$,这里, $H(F)$ 、 $H(G)$ 、 $H(S)$ 分别为科级、属级和种级的多样性指数,多样性应用 Shannon-Wiener 多样性指数 $H' = - \sum P_i \ln P_i$, P_i 为第 *i* 种个体占个体总数的

比率。

种间相遇机率(*PIE*)采用 Hurlbert 提出的公式 $PIE = \sum (N_i/N)((N - N_i)/(N - 1))$, 式中 N_i 为第 i 种的个体数; N 为群落中总的个体数。

均匀度(*Evenness*, J')采用 Pielou 公式: $J' = H'/\ln S$, 其中 H' 为 Shannon-Wiener 多样性指数, S 为群落中物种数。

2.2.2 群落相似性指标 群落系数(coefficient of community, C): 采用 Sorensen 或 Zekanovski 系数, $C = 2W/(a + b)$, 式中 C 为群落系数; W 为样地 A 和 B 共有种的种数; a 为样地 A 的全部种数; b 为样地 B 的全部种数。

欧氏距离(Euclidean distance, d_{ij}): $d_{ij} = \text{SQRT}[\sum (X_{ik} - X_{jk})^2]$, 式中 d_{ij} 为 i 群落与 j 群落之间的欧氏距离; X_{ik} 为 i 群落第 k 个指标的值; X_{jk} 为 j 群落第 k 个指标的值^[3]。

2.2.3 群落的排序 采用极点排序法(polar ordination, PO)和主分量分析(principal components analysis, PCA)^[4,5]对蛾类群落进行排序。

3 调查结果及其分析讨论

3.1 天津主要湿地蛾类的种类及分布

经过两年的研究,天津主要湿地发现有蛾类 22 科 186 属 259 种(表 2)。其中七里海 19 科 153 属 198 种,占 76.5%;鸭淀 17 科 107 属 136 种,占 52.5%;团泊洼 17 科 123 属 160 种,占 61.8%;北大港水库 16 科 94 属 115 种,占 44.4%;独流减河大港段 12 科 73 属 88 种,占 34.0%。

表 2 天津主要湿地蛾类的种类分布

Table 2 The moth from main wetlands in Tianjin

类 群 Group	七里海 Qilihai		鸭 淀 Yadian		团泊洼 Tuanbowa		北大港水库 North Dagang reservoir		减河大港段 Dagang reaches of Duliujian river		合 计 Total	
	属 Genus	种 Species	属 Genus	种 Species	属 Genus	种 Species	属 Genus	种 Species	属 Genus	种 Species	属 Genus	种 Species
1 木蠹蛾科 Cossidae	2	2			2	2					3	4
2 潜蛾科 Lyonetiidae	1	1			1	1					1	1
3 举肢蛾科 Helioidinidae	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4 麦蛾科 Gelechiidae	3	3	3	4	2	3	2	2	1	1	4	5
5 菜蛾科 Plutellidae	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1
6 尖蛾科 Cosmopterygidae			1	1			1	1			2	2
7 谷蛾科 Tineidae	2	2					1	1			2	2
8 卷蛾科 Tortricidae	13	18	12	16	10	15	9	10	1	1	16	28
9 羽蛾科 Pterophoridae	1	2	2	2	1	1	1	2	1	3	2	4
10 螟蛾科 Pyralidae	17	21	16	17	14	17	14	14	11	12	20	23
11 草蛾科 Crambidae	35	49	27	38	29	42	22	29	21	25	39	60
12 刺蛾科 Limacodidae	2	2	1	1							2	2
13 尺蛾科 Geometridae	12	13	8	8	10	10	10	10	8	8	14	15
14 舟蛾科 Notodontidae	5	5	1	1	2	2	1	1			5	5
15 毒蛾科 Lymantriidae	1	1	1	1	3	3	1	1	2	2	3	3
16 苔蛾科 Lithosiidae			1	1	1	1					1	1
17 灯蛾科 Arctiidae	1	3	1	1	2	3	1	1	1	1	2	4
18 瘤蛾科 Nolidae	1	1	1	1							1	2
19 夜蛾科 Noctuidae	48	66	29	41	39	52	26	38	22	30	58	85
20 天蛾科 Sphingidae	6	6			4	5	2	2	3	3	7	9
21 蚕蛾科 Bombycidae			1	1					1	1	1	1
22 大蚕蛾科 Saturniidae	1	1			1	1	1	1			1	1
合 计 Total	153	198	107	136	123	160	94	115	73	88	186	259

3.2 天津湿地蛾类多样性的研究

3.2.1 种-多度关系 从各湿地蛾类的种-多度曲线(图 2)看,在分割线段、等比级数和对数级数、对数正态分

布和截尾负二项式分布 3 个数学模型中,鸭淀和七里海表现为对数正态分布模型,即优势种和稀有种都较少,而处于中间的物种较多。符合这种分布的群落多属于环境条件优越,物种丰富度高的群落^[5]。说明鸭淀和七里海蛾类所处的环境条件比较优越,即鸭淀和七里海湿地的环境条件比较好。而团泊洼、北大港水库和独流减河大港段的种-多度曲线多变,但总的趋势比较接近于对数级数模型,即生态位优先占领假说。按这一假说,群落中物种对资源的占有一般作如下分配:第 1 位的优势种优先占领有限资源的一定部分,第 2 位的优势种又占领所余下资源的一定部分,余此类推。接近于这种模型的种-多度关系表明团泊洼、北大港水库和独流减河大港段蛾类群落的环境条件比较恶劣,物种少,而优势种得到了大的发展,个体数量很多。这应该和近年来团泊洼和北大港水库水量不足,或干枯,独流减河大港段断流,海水倒灌。引起土壤盐碱化,沙漠化,植被也发生改变有关。

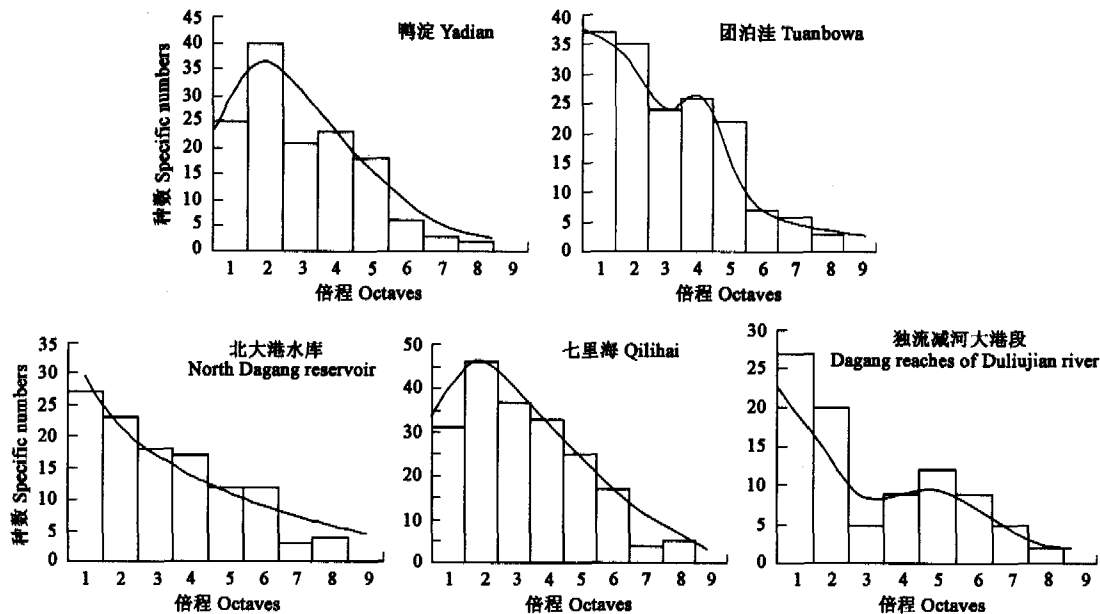


图 2 天津湿地种-多度曲线

Fig. 2 The curve of species-abundance for moths from the wetlands in Tianjin

A. 鸭淀 Yadian; B. 团泊洼 Tuanbowa; C. 北大港水库 North Dagang reservoir; D. 七里海 Qilihai; E. 独流减河大港段 Dagang reaches of Duliujian River

经拟合得出鸭淀和七里海蛾类种-多度曲线公式分别为 $S(R) = 36\exp - [0.30(R - 2)]^2$ 和 $S(R) = 46\exp - [0.25(R - 2)]^2$, 按 May^[6] 估计群落总种数的公式 $S_T = S_0 \text{SQRT}(\pi)/a$, 得出鸭淀和七里海蛾类总种数分别为 212 和 326 种。

3.2.2 蛾类群落的多样性和均匀性

(1) 多样性、均匀性的时间动态 对各月份蛾类群落的多样性指数 (H')、种间相遇机率 (PIE)、均匀度 (E)、物种丰富度 ($\ln S$) 和个体数 ($\ln N$) 进行统计, 结果见图 3。从总体来看, 蛾类群落的多样性指数与种间相遇机率和物种丰富度及个体数是一致的, 但 H' 的区分度较好, 可见, 用 Shannon-Wiener 多样性指数描述蛾类群落的多样性更为合适。相比而言, 从 4 月份到 10 月份, 七里海的蛾类多样性指数较高, 且较为均匀。独流减河大港段、北大港水库和团泊洼蛾类多样性指数较低, 且波动较大。而均匀度除北大港水库在七月份、独流减河大港段在十月份较低外, 各样地表现的比较平稳。

从全年来看, 多样性指数 (H')、种间相遇机率 (PIE)、物种丰富度 ($\ln S$) 均为七里海 > 团泊洼 > 鸭淀 > 北大港水库 > 独流减河大港段, 而均匀度 (E) 则为七里海 > 鸭淀 > 团泊洼 > 北大港水库 > 独流减河大港段。可见七里海、鸭淀和团泊洼蛾类的多样性较高, 即蛾类生存的环境较好。

(2)多样性、均匀性的关系分析 湿地蛾类群落的多样性受植被状况和气候的影响,从4月份到10月份的植被状况和气候因子差别较大,因此,不同的植被状况和气候条件的各种组合产生了各月份群落间多样性参数的较大差异和各组参数间的序列不一致(图3),这一方面说明湿地环境和蛾类群落的复杂性,另一方面表明了蛾类对微环境的敏感性和这种敏感性表现出来的高度差异,这与刘文萍等^[7]和 Kremen^[8]的结论一致。说明把蛾类作为环境变化的指示生物是可行的。

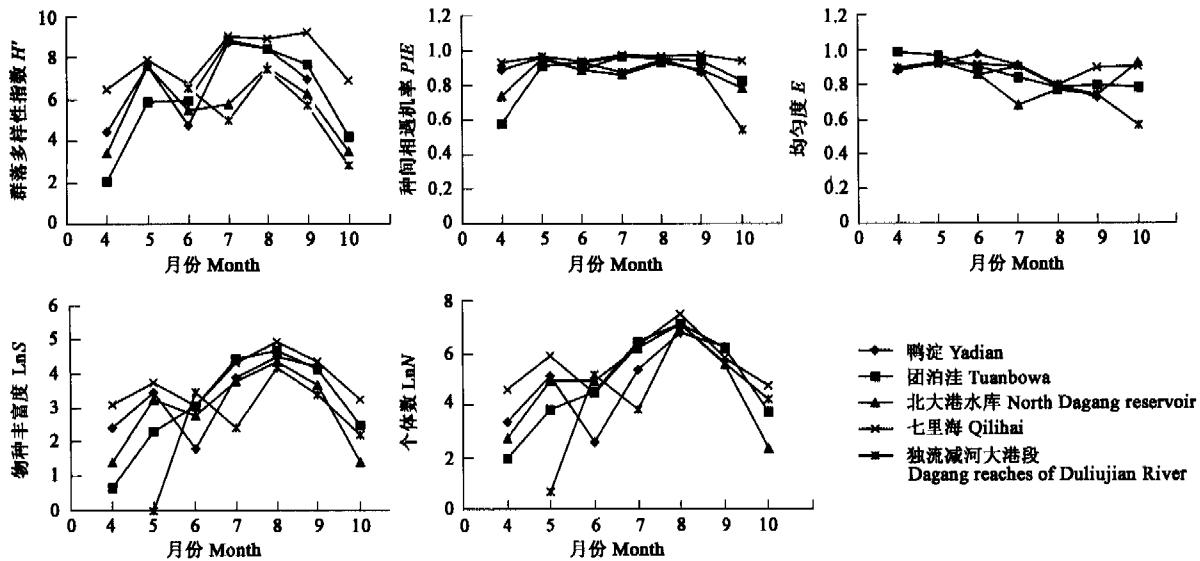


图3 群落多样性指数(H')、种间相遇机率(PIE)、均匀度(E)、物种丰富度($\ln S$)和个体数($\ln N$)的时间动态

Fig.3 The month pattern of the diversity indices (H'), probability of interspecific encounter (PIE), evenness (E), specific richness ($\ln S$) and individual number ($\ln N$)

种间相遇机率(PIE)是描述群落组织水平专门特性或相互关系的指数,从其公式看,它与 Simpson 多样性指数是等值的,本文分析了天津湿地蛾类的 PIE 和 Shannon-Wiener 多样性指数(H'),结果两者是一致的(相关系数 $r = 0.7833 \sim 0.9707$, $p < 0.01$)。但 H' 的区分度较好(图3),因此,用 Shannon-Wiener 多样性指数描述蛾类群落的多样性更为合适。

均匀度和丰富度(物种数)是与多样性指数密切联系的两个参数。天津湿地蛾类的多样性指数与均匀度不一致(相关系数 $r = -0.4413 \sim -0.3309$, $p > 0.05$),或表现弱的负相关(相关系数 $r = -0.5703$)(团泊洼)。而与丰富度一致(相关系数 $r = 0.7021 \sim 0.9656$, $p < 0.01$)(表3)。这点在不同作者的研究结果是不同的。贺达汉等^[9]认为荒漠草原昆虫群落的多样性指数与均匀度是一致的,表明群落结构是稳定的。万方浩等^[10]研究的稻田昆虫群落则得出在不同季节,多样性指数与均匀度不一致。刘文萍等^[7]研究的不同生境的蝶类群落多样性指数与均匀度不一致,其原因是由于种-多度关系表现为生态位优先占领假说。本文也认为团泊洼和北大港水库蛾类多样性指数不受均匀度影响是由于种-多度关系趋向于生态位优先占领假说,个体数量呈对数级数分布所致。表明了团泊洼和北大港水库环境条件不稳定,群落结构变化大。而昆虫群落的种-多度曲线呈对数正态分布时,一般情况下多样性指数与均匀度一致^[7, 11]。而在这里,七里海和鸭淀蛾类的种-多度曲线虽然呈对数正态分布,但多样性指数却与均匀度不一致,认为是由于种-多度曲线向左偏移,众数倍程小的缘故。即群落中稀有种有增多的趋势,如此发展下去,种-多度关系将趋向对数级数模型。说明七里海的环境虽然比较好,但已出现退化的趋势。独流减河大港段蛾类的多样性指数与均匀度表现为弱相关(相关系数 $r = 0.6544$)是由于近年来连续干旱,独流减河断流,海水倒灌,土壤沙化,环境不稳定,致使蛾类群落不稳定的缘故。

3.3 天津湿地蛾类群落的数量分类

3.3.1 天津湿地蛾类群落的聚类分析 采用群落系数和欧氏距离两个参数,用最短距离法进行聚类,结果如图 4。两参数的聚类结果相似,即七里海和团泊洼首先聚为一类,然后再和鸭淀聚在一起;北大港水库和独流减河大港段先聚在一起,再和其它 3 样地聚类。说明七里海、团泊洼、鸭淀的蛾类群落相似,它们和其它 2 样地的蛾类群落相异性较大;相反,北大港水库和独流减河大港段的蛾类群落相似性较高,而和其它 3 样地蛾类群落的相似性较低。可见,七里海、团泊洼、鸭淀的环境条件相近;北大港水库和独流减河大港段的环境条件相近。

表 3 各多样性指标间的相关系数
Table 3 The correlation coefficients (r) of the indices of diversity

样地 Samples		多样性指数 Diversity index			
		PIE	E	lnS	lnN
七里海 Qilihai	H'	0.9663	-0.4413	0.9418	0.8540
	PIE	—	-0.2353	0.8452	0.7693
	E	-0.2353	—	-0.7145	-0.7702
鸭淀 Yadian	H'	0.7833	-0.3309	0.7021	0.8527
	PIE	—	0.2443	0.3449	0.4249
	E	0.2443	—	-0.7849	-0.7584
团泊洼 Tuanbowa	H'	0.8993	-0.5703	0.9656	0.8993
	PIE	—	-0.5450	0.8716	0.8294
	E	-0.5450	—	-0.7483	-0.7186
北大港水库 North Dagang reservoir	H'	0.9707	-0.3530	0.8869	0.8478
	PIE	—	-0.2816	0.8403	0.8019
	E	-0.2816	—	-0.7371	-0.7524
独流减河大港段 Dagang reaches of Duliujian River	H'	0.9294	0.6544	0.9229	0.7783
	PIE	—	0.8568	0.7370	0.5264
	E	0.8568	—	0.3142	0.0503

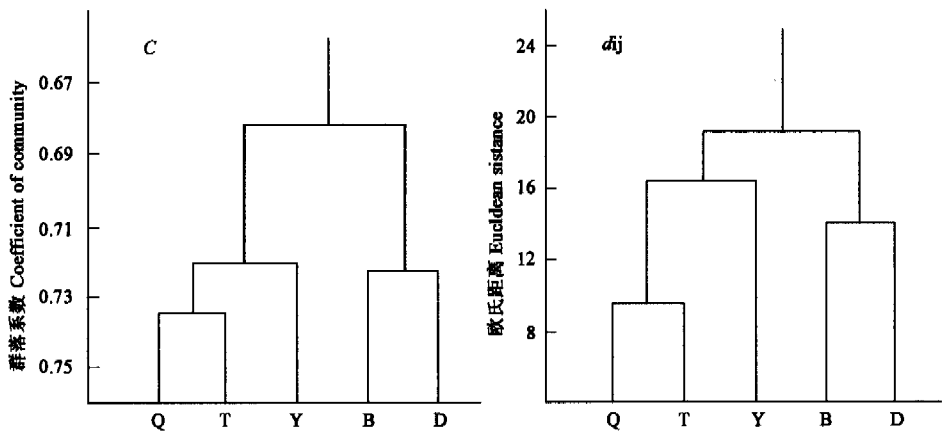


图 4 天津湿地蛾类群落系数(C)和欧氏距离(d_{ij})聚类图

Fig.4 Cluster analysis of the coefficient of community (C) and Euclidean distance (d_{ij}) of moths from the wetlands in Tianjin

Q: 七里海 Qilihai; T: 团泊洼 Tuanbowa; Y: 鸭淀 Yadian; B: 北大港水库 North Dagang reservoir; D: 独流减河大港段 Dagang reaches of Duliujian River; 下同 the same below

3.3.2 天津湿地蛾类的排序 根据相异系数(表 4)按极点排序法(polar ordination, PO)计算相关值(表 5)进行排序。并利用微软的 Excel 计算功能配合 SAS 计算软件依据主分量分析(principal components analysis, PCA)程序及公式^[4,5]进行主分量分析,结果见图 5。

从排序结果(图 5)可以看出,七里海、团泊洼、鸭淀的蛾类群落较为靠近,而与北大港水库和独流减河大港段相距较远。

表 4 天津各湿地蛾类群落的相异系数

Table 4 The coefficient of dissimilarity of moths from the wetlands in Tianjin

样地 Samples	鸭淀 Y	团泊洼 T	北大港水库 B	七里海 Q	独流减河大港段 D
鸭淀					
团泊洼	27.9461				
北大港水库	35.1779	31.8841			
七里海	32.9341	21.6106	37.3802		
独流减河大港段	44.2478	42.9719	27.8048	50.3497	

表 5 天津各湿地蛾类群落的排序指标值

Table 5 The indices of ordination of moths from the wetlands in Tianjin

群落 Community	Da	Db	$X = (L^2 + Da^2 + Db^2)/2L$	$h = \sqrt{Da^2 - X^2}$	Da'	Db'	$Y = (L'^2 + Da'^2 + Db'^2)/2L'$
Q	0	50.3497	0	0	32.9341	50.3497	5.7340
Y	32.9341	44.2478	16.4990	28.4986	0	44.2478	0
T	21.6106	42.9719	13.8708	22.7089	27.9461	42.9719	10.0826
B	37.3802	27.8049	31.3703	20.3265	35.1779	27.8049	27.3713
D	50.3497	0	50.3497	0	44.2478	0	44.2478

Q: 七里海 Qilihai; T: 团泊洼 Tuanbowa; Y: 鸭淀 Yadian; B: 北大港水库 North Dagang reservoir; D: 独流减河大港段 Dagang reaches of Duliujian River

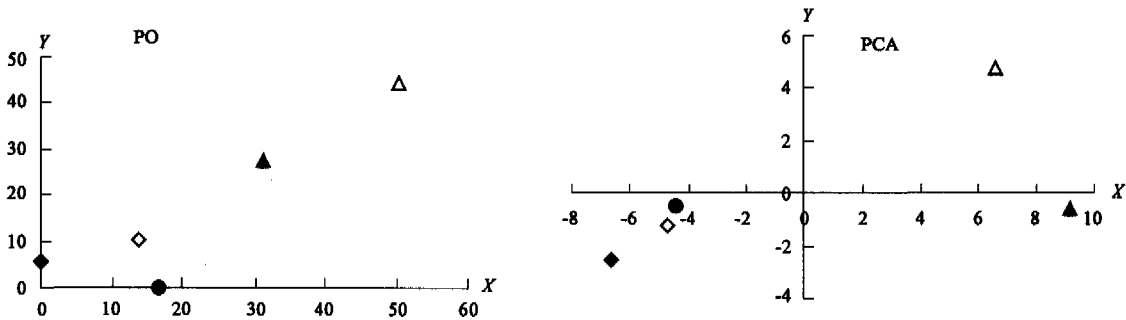


图 5 天津湿地蛾类群落极点排序(PO)和主分量分析(PCA)

Fig.5 Polar ordination (PO) and principal components analysis (PCA) of moths from the wetlands in Tianjin

◆: 七里海 Qilihai; ◇: 团泊洼 Tuanbowa; ●: 鸭淀 Yadian; ▲: 北大港水库 North Dagang reservoir; △: 独流减河大港段 Dagang reaches of Duliujian River

4 小结

- (1)经研究得出,天津湿地的蛾类已知 22 科 186 属 259 种。其中以夜蛾科为最多(58 属 85 种),草螟科次之(39 属 60 种),卷蛾科(16 属 28 种)、螟蛾科(20 属 23 种)、尺蛾科(14 属 15 种)的种类也较多,生物多样性丰富。
- (2)湿地昆虫研究多见于鞘翅目、双翅目、蜻蜓目、蜉蝣目、毛翅目、半翅目等,鳞翅目的研究较少,且都为区系研究^[12,13]。本文以灯下蛾类为研究对象,对天津湿地蛾类多样性进行研究,并应用蛾类群落生态学知识对湿地环境质量进行评价,具有重要的理论和实践意义。
- (3)利用蛾类群落的种-多度曲线、多样性指数、均匀度与多样性指数的关系以及蛾类群落的聚类(群落系数、欧氏距离)和排序(极点排序、主分量分析)结果研究分析了天津湿地的状况,表明七里海与鸭淀的湿地环境质量较好,但有退化的趋势。团泊洼、北大港水库、独流减河大港段的湿地环境不稳定,退化严重。湿地退化主要是由于近年来连续干旱,雨季缺少有效降水,加之汇入天津湿地各河流上游有水库截流,中游有农业灌

溉用水,河道水量及水库蓄水量严重不足,湿地干涸退化,使人们能够到达湿地中心区,从事放牧、采土等活动,引起植被和地貌的很大变化,以及不合理的利用芦苇等湿地资源造成的。因此,建议有关部门协调好各种关系,通过各种渠道保持和定期补充水源,保证水库蓄水量常年在 60% 以上,从根本上杜绝放牧、采土等人为干扰。使湿地中心区的生境尽快得以恢复,生物群落趋于稳定。从而带动整个湿地环境的好转。

(4) 植被是反映湿地特征的重要标志,是湿地蛾类生存的重要依据。本研究可以看出蛾类群落和植被有一定的相关性,这点对研究湿地特征有重要意义。有关天津湿地植被与蛾类群落定量的相关性,有待于作进一步研究。

(5) 湿地环境中生活着种类众多、数量巨大的昆虫,它们是湿地生态系统中物种多样性的重要组成部分,在湿地环境的物质和能量流动与转化中起着不可忽视的作用。许多对湿地环境变化敏感的类群应该是湿地质量评价和环境监测的重要指标,充当此作用的昆虫不仅仅局限于水生昆虫,许多和湿地环境密切相关的半水生或陆生昆虫的分布状态及其种群动态可以很好地反映湿地的状况,而且易于调查和统计,可作为湿地质量评价和环境监测的指标。研究中发现,许多蛾类有此作用,但其对湿地质量评价和环境监测中的指示能力和指示作用还有待于进一步研究。

References:

- [1] Xu H X. The types of Tianjin coastal wetland and biodiversity conservation. In: Xie R Z ed. Regional environment and sustainable development. Tianjin: Tianjin University Press, 1997. 169 ~ 176.
- [2] You P, Li H H, Wang S X, Xu J S. Diversity of the moth community in the Qililai wetland, Tianjin. Acta Entomologica Sinica, 2003, 46(5): 617 ~ 621.
- [3] Pielou E C. translated by Lu Z Y. Mathematics Ecology. 2nd ed. Beijing: Science Press, 1988. 309 ~ 326.
- [4] Sun R Y. Principles of Animal Ecology, 3rd edition. Beijing: Beijing Normal University Press, 2001. 394 ~ 403.
- [5] Yang H X, Lu Z Y. The method of quantitative classification in Ecology of plants. Beijing: Science Press, 1981. 210 ~ 262.
- [6] May R M. Patterns of species abundance and diversity. In: Cody M L, Diamond J M eds. Ecology and Evolution of Communities. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1975. 102 ~ 116.
- [7] Liu W P, Deng H L. The butterfly diversities in Muli. Acta Ecologica Sinica, 1997, 17(3): 266 ~ 271.
- [8] Kremen C. Assessing the indicator properties of assemblages for natural areas monitoring. Ecological Applications, 1992, 2(2): 206 ~ 216.
- [9] He D H, Tian C, Ren G D, Ma S Y. Studies on the successional pattern and communitical structure of insects in the desert steppe. Grassland of China, 1988, 6: 24 ~ 28.
- [10] Wan F H, Chen C M. Studies on the structure of the rice pest ~ natural enemy community and diversity under IPM area and chemical control area. Acta Ecologica Sinica, 1986, 6(2): 159 ~ 164.
- [11] Zhao Z M, Guo Y Q. Principle and Methods of Community Ecology. Chongqing: Publishing House of Scientific and Technological Documentation, Chongqing Branch, 1990. 134 ~ 160.
- [12] Franz L. Contribution to the butterfly fauna of the wetland plain South of Vienna. Part I: The Welschen Halten area around Ebreichsdorf (Lepidoptera). Zeitschrift der Arbeitsgemeinschaft Oesterreichischer Entomologen, 2000, 52(3 ~ 4): 71 ~ 96.
- [13] Schikora H B. The butterflies and moths (Insecta: Lepidoptera) found in the lowlands of the river Hamme near Bremen (West Germany). Abh. Naturwiss Ver, Bremen, 1988, 41(1): 137 ~ 166.

参考文献:

- [1] 徐华鑫. 天津滨海湿地类型、生物多样性与保护. 见: 谢让志主编, 区域环境与可持续发展. 天津: 天津大学出版社, 1997. 169 ~ 176.
- [2] 尤平, 李后魂, 王淑霞, 许家生. 天津七里海湿地蛾类多样性. 昆虫学报, 2003, 46(5): 617 ~ 621.
- [3] Pielou E C 著. 卢泽愚译. 数学生态学 (第 2 版). 北京: 科学出版社, 1988. 309 ~ 326.
- [4] 孙儒泳. 动物生态学原理 (第 3 版). 北京: 北京师范大学出版社, 2001. 394 ~ 403.
- [5] 阳含熙, 卢泽愚. 植物生态学的数量分类方法. 北京: 科学出版社, 1981. 210 ~ 262.
- [7] 刘文萍, 邓合黎. 木里蝶类多样性的研究. 生态学报, 1997, 17(3): 266 ~ 271.
- [9] 贺达汉, 田畴, 任国栋, 马世瑜. 荒漠草原昆虫的群落结构及其演替规律初探. 中国草地, 1988, 6: 24 ~ 28.
- [10] 万方浩, 陈长铭. 综防区和化防区稻田害虫天敌群落组成及多样性的研究. 生态学报, 1986, 6(2): 159 ~ 164.
- [11] 赵志模, 郭依泉. 群落生态学原理与方法. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1990. 134 ~ 160.