

## 天津北大港湿地自然保护区蛾类的多样性

尤 平<sup>1, 2</sup>, 李后魂<sup>1, \*</sup>, 王淑霞<sup>1</sup>

(1. 南开大学生物系, 天津 300071; 2. 陕西师范大学动物研究所, 西安 710062)

**摘要:**湿地是一种特殊的土地资源和生态环境,具有调节水分循环、维持湿地特有动植物(尤其是作为水禽栖息地)等基本生态功能。天津北大港湿地自然保护区位于天津市东南部,是目前天津市最大的湿地自然保护区。湿地资源丰富,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。为了研究清楚北大港自然保护区灯下蛾类的种类及其动态规律,筛选出能反映湿地状况和动态的指示性昆虫,为湿地的研究和保护利用服务,于 2001 年 6 月 12 日到 10 月 14 日和 2002 年 4 月 12 日到 10 月 30 日采用灯诱法系统调查研究了天津北大港湿地自然保护区的蛾类,以微软系统的 Excel 列表、作图,进行蛾类群落的种-多度曲线作图及群落多样性( $H'$ )、均匀度( $J'$ )、物种丰富度( $S$ )和个体数( $N$ )的时间和空间分布。并利用蛾类群落的种-多度曲线、多样性指数、均匀度与多样性指数的关系等对其作了分析。结果表明,北大港湿地蛾类已知 17 科 105 属 132 种,以夜蛾科和草螟科的种类为多。蛾类群落种-多度关系符合生态位优先占领模型。多样性指数与均匀度不相一致( $r=0.21$ ),而与物种丰富度一致( $r=0.90$ )。这是由于北大港湿地蛾类种-多度关系表现为生态位优先占领假说的缘故。研究认为北大港湿地自然保护区的蛾类种类较少,群落不稳定,即北大港湿地蛾类赖以生存的生态环境不稳定。有待于进一步保护和改善。

**关键词:**蛾类;群落;多样性;湿地;天津;自然保护区

文章编号:1000-0933(2006)04-0999-06 中图分类号:Q969.1 文献标识码:A

## The diversity of the moth community in the north dagang wetland nature reserve, Tianjin

YOU Ping<sup>1, 2</sup>, LI Hou-Hun<sup>1, \*</sup>, WANG Shu-Xia<sup>1</sup> (1. Institute of Zoology, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China; 2. Department of Biology, Nankai University, Tianjin 300071, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(4): 999 ~ 1004.

**Abstract:** Wetland is a sort of special soil resources and ecosystem, the basic function of which is to adjust the water circle and maintain the habitats for special animals and plants. Wetland is also a special and effective ecosystem between water and land, in which insects play a very important role. But is not deeply and not be utilized amply. North Dagang wetland nature reserve is situated in the southeast of Tianjin (38°36' ~ 38°57'N, 117°11' ~ 117°37'E). It is the biggest wetland nature reserve in Tianjin. The relative altitude is 2 ~ 6 m. And has more important wetlands, which are indispensable areas of the flyway for the Asia-Pacific migratory birds as well as a temporary habitat for the migrating birds in severe danger, such as *Grus vipio* and *G. japonensis*. In order to identify the moth species and study their dynamic laws, select the indicator insects to indicate the wetland quality, provide service for studying and protecting the wetlands. An investigation on the diversity of moths' community was carried out from June 12 to October 14 in 2001 and from April 12 to October 30 in 2002. A total of 132 moth species belonging to 105 genera in 17 families were collected. Noctuidae is the major family in quantity. Crambidae, Pyralidae, Geometridae and Tortricidae are also

**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:**2005-05-06; **修订日期:**2005-11-09

**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 Corresponding author. E-mail: lihounun@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,在此一并致谢

**Foundation item:** The project was supported by Natural Science Foundation of Tianjin (No. 023614011); Natural Science Foundation of the Anhui Education Office (No. 2004lj321)

**Received date:** 2005-05-06; **Accepted date:** 2005-11-09

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

abundant year around. Data of insects collected during the survey were listed and constructed on the species-abundance, the indices of diversity ( $H'$ ), evenness ( $J'$ ), specific richness ( $S$ ) and individual number ( $N$ ) according to the Excel. And the status of the wetland has 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 etc. The results show that the curve of the moth species-abundance was in accordance with the niche-preemption hypothesis. And no significant correlation was found between indices of diversity and evenness ( $r = 0.21$ ) but indices of diversity and richness was significantly correlated ( $r = 0.90$ ). The reason for this is that the species-abundance curve was in accordance with the niche-preemption hypothesis which shows the moth species in North Dagang wetland reserve was not rich, and the moth community of the wetland was unstable. In other words, the environment that the moth depend on was unstable. This suggests that the environmental quality of the North Dagang wetland is unstable. It due to the serious degeneration of the wetland environment and the interference of human activities.

**Key words:** moths; community; diversity; wetland; Tianjin; nature reserve

天津北大港湿地自然保护区位于天津市大港区的东南部,距渤海湾 6km,地理坐标为北纬  $38^{\circ}36' \sim 38^{\circ}57'$ ,东经  $117^{\circ}11' \sim 117^{\circ}37'$ 。保护区包括北大港水库、沙井子水库、钱圈水库、独流减河下游、官港湖、李二湾和沿海滩涂,湿地总面积  $44240\text{hm}^2$ 。约占大港区面积的 39.7%,是目前天津市最大的湿地自然保护区。

保护区为海积、湖积平原,地面高程在  $3.88 \sim 5.08 \text{ m}$ 。地势低洼平坦,多静水沉积。土壤主要有潮土和盐土两大类,以潮土分布面积为多。气候属暖温带半湿润大陆性气候,四季分明。年平均气温  $12^{\circ}\text{C}$ ,无霜期 211 天。该湿地自然保护区是东亚至澳大利亚候鸟迁徙的必经之地。据考察统计表明,每年迁徙和繁殖的鸟类近 100 万只,其中有国家 1、2 级保护鸟类 23 种,有 17 种达国际“非常重要保护意义”标准。其中,东方白鹳全世界约有 3000 只左右,北大港湿地发现有 800 余只,实属罕见。有浮游与水生植物 110 多种,其它植物 120 多种;有软体、甲壳、多毛类动物 270 种,鱼类 10 多种,爬行类动物 13 种,哺乳类动物 13 种。国际湿地专家认为,天津北大港湿地自然保护区具有多类型湿地特征,生态系统保存完整,有着良好的生物多样性。根据国际湿地评判标准,专家对该湿地打分为 0.996,几近满分<sup>[1]</sup>。昆虫方面缺乏系统的调查,尤平等对北大港的灯下蛾类作了初步调查,计有 90 种<sup>[2]</sup>。

保护区植被以沼泽芦苇群落为主(约占 60%),还有水葱群落(约占 2%),芦苇、香蒲群落(约占 5%),狐尾藻、苦草、马来眼子菜群落(约占 2%),狐尾藻、金鱼藻、黑藻群落(约占 3%),水稗子群落(约占 5%),碱蓬、角碱蓬群落(约占 5%),芦苇、碱蓬群落(约占 15%),怪柳群落(约占 3%)等的分布。在保护区周围及坝堤上还有零散的人工乔木,以榆、槐等为主。

近年来,由于水源不足,雨季缺少有效降水,水库蓄水量不足,北大港湿地有逐年缩小的趋势。湿地质量也有所下降。作者于 2001 年和 2002 年定期在北大港湿地自然保护区作了灯下蛾类的调查研究,共采集到蛾类 17 科 105 属 132 种,并作了群落结构及其多样性的分析探讨,以期为湿地的保护和资源利用以及环境质量监测提供昆虫方面的基础材料。

## 1 研究方法

### 1.1 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。每月的 12 日和 27 日各调查 1 次,遇天气不良,则顺延一日。调查方法为灯诱,诱集灯为 250W 汞灯,幕布选用  $2.0 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$  的白化纤维布。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。为鉴定方便和采集标本的完整,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。

种类鉴定的依据主要为 20 世纪 80 年代以来我国及邻国的蛾类专著。

### 1.2 数据分析方法

多样性的分析采用以下参数<sup>[3,4]</sup>:

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 $\ln N$ )。

优势度指数(Dominance Index,  $D$ )采用 Berger-Parker 指数:  $D = N_{\max}/N_T$ ,其中  $N_{\max}$ 为优势种的种群数量,  $N_T$ 为群落全部种类的种群数量。

采用等级多样性指数  $H(\text{SGF}) = H(F) + H(G) + H(S)$ ,式中,  $H(F)$ 、 $H(G)$ 、 $H(S)$ 分别为科级、属级和种级的多样性指数,多样性应用 MacArthur 多样性指数  $H = \text{EXP}(H')$ ,其中  $H'$ 为 Shannon-Wiener 多样性指数,公式为:  $H' = - \sum P_i \ln P_i$ ,  $P_i$ 为第  $i$ 种个体占个体总数的比率。

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 结果及其分析

### 2.1 蛾类群落的种类组成

经鉴定,北大港湿地自然保护区的蛾类有 17 科 105 属 132 种。各季节种类组成差异较大:春季 7 科 26 属 29 种,夏季 15 科 93 属 111 种,秋季 10 科 43 属 54 种。在各类群中,以夜蛾科(30 属 44 种)和草螟科(25 属 32 种)为优势,分别为总种数的 33.3%和 24.2%。螟蛾科(15 属 16 种)、尺蛾科(11 属 11 种)和卷蛾科(8 属 10 种)的种类也较多(表 1)。从各类群的个体数量来看,以草螟科的数量最大(1695 头),其后为夜蛾科(1626 头)和螟蛾科(347 头)。

表 1 天津北大港湿地蛾类群落的数量特征

Table 1 Quantitative indices of moth community diversity in the North Dagang wetland, Tianjin

科名 Families	属数 Genera				种数 Species				个体数 Individuals				丰富度 S	种比例 (%)
	Spr.	Sum.	Aut.	Total	Spr.	Sum.	Aut.	Total	Spr.	Sum.	Aut.	Total		
Heliodinidae	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	0	3	1	0.76
Gelechiidae	0	2	1	2	0	2	1	2	0	6	5	11	2	1.52
Plutellidae	1	1	0	1	1	1	0	1	5	3	0	8	1	0.76
Cosmopterygidae	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0.76
Tineidae	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0.76
Tortricidae	3	7	1	8	4	8	1	10	17	19	1	37	10	7.58
Pterophoridae	0	1	1	1	0	2	2	3	0	24	3	27	3	2.27
Pyralidae	4	14	8	15	4	14	8	16	28	265	54	347	16	12.12
Crambidae	5	22	12	25	6	27	15	32	37	1544	114	1695	32	24.24
Geometridae	3	10	4	11	3	10	4	11	12	152	8	172	11	8.33
Notodontidae	1	0	0	1	1	1	0	1	21	0	0	21	1	0.76
Lymantriidae	0	2	0	2	0	2	0	2	0	3	0	3	2	1.52
Arctiidae	0	1	0	1	0	1	0	1	0	7	0	7	1	0.76
Noctuidae	9	26	13	30	10	35	20	44	33	1194	399	1626	44	33.33
Sphingidae	0	3	1	3	0	4	1	4	0	8	1	9	4	3.03
Bombycidae	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	0	2	1	0.76
Saturniidae	0	1	1	1	0	1	1	1	0	5	1	6	1	0.76
合计 Total	26	93	43	105	29	111	54	132	153	3236	587	3976	132	100%

Spr.: 春季(3~5月); Sum.: 夏季(6~8月); Aut.: 秋季(9~11月); Total: 全年. Spr.: Spring (March to May); Sum.: Summer (June to August); Aut.: Autumn (September to November); Total: Whole year

### 2.2 蛾类群落的优势种类

从 4 月到 10 月,各月蛾类群落的优势种分别为缘纹拟纷舟蛾 *Pseudofentonia marginalis* (Matsumura), 髯须夜蛾 *Hypena* sp., 褐边螟 *Catagela adjurella* Walker, 粉草螟 *Chilo pulveratus* (Wileman et South), 奸毛胫夜蛾 *Mocis dolosa* (Butler) 和甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* (Hübner)。全年的优势种为奸毛胫夜蛾。各优势种的优势度见表 2。即春季及秋季的优势种属夜蛾科和舟蛾科,夏季优势种属草螟科。与尤平等<sup>[5]</sup>研究的七里海蛾类多样性

的结果一致,而与马堪津等<sup>[6]</sup>研究的红树林蛾类群落以尺蛾为优势的结果不同。这应和北大港湿地自然保护区的植被以草本植物为主的湿地环境,以及以芦苇群落为主的植被的年度发育有关。

表2 天津北大港湿地各月份蛾类优势种的优势度

Table 2 Dominance index of the dominant moth species in each month in the North Dagang wetland, Tianjin

种名 Species	优势度指数 Dominance index						全年 Total
	Apr.-May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	
缘纹拟舟蛾 <i>Pseudofentonia marginalis</i>	0.1373	0	0	0	0	0	0.0053
臀须夜蛾 <i>Hypena</i> sp.	0.0261	0.1184	0	0.0365	0.0020	0	0.0324
褐边螟 <i>Catagela adjurella</i>	0	0	0.2824	0.0125	0.0078	0	0.0458
粉草螟 <i>Chilo pulveratus</i>	0.0196	0.1151	0	0.1391	0.0039	0	0.0943
奸毛胫夜蛾 <i>Mocis dolosa</i>	0.0392	0.0658	0.0095	0.1246	0.2720	0	0.1182
甜菜夜蛾 <i>Spodoptera exigua</i>	0	0	0	0.0096	0.0157	0.6184	0.0196

### 2.3 北大港湿地自然保护区蛾类的种-多度关系

在调查中,共采集到蛾类 3976 头,隶属于 17 科 105 属 132 种。按 Preston 的方法处理<sup>[4]</sup>,北大港蛾类的种-多度曲线如图 1。经拟合得出其方程式为  $S(R) = -11.654 \ln(R) + 31.244$  (拟合度  $d = 0.99$ , 相关系数  $r = 0.94$ )。在分割线段、等比级数和等比级数、对数正态分布和截尾负二项分布 3 个数学模型中,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:第一位的优势种优先占领有限资源的一定部分,第二位的优势种又占领所余下资源的一定部分,余此类推。这种分布多出现

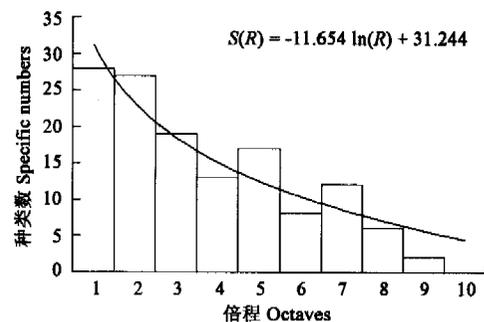


图1 北大港湿地蛾类种-多度曲线

Fig.1 The A curve of species-abundance of the moths in the North Dagang wetland

于群落生境严酷,种数相对较少的群落。接近于这种模型的种-多度关系表明北大港的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。这应该和近年来北大港湿地水量不足,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。

### 2.4 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 ( $\ln H$ )、均匀度 ( $J'$ )、物种丰富度 ( $\ln S$ ) 和个体数 ( $\ln N$ ) 进行统计作图 (图 2)。从图中可以看出,从 4 月到 10 月,北大港湿地蛾类的多样性指数、物种丰富度和个体数量都有上升的趋势,在 8 月达到顶峰。而均在 7 月出现一低谷,这应和蛾类的世代以及越冬的虫态有关。均匀度从 4 到 7 月份以及 9 到 10 月份变化剧烈,而在 7 到 9 月份表现平稳。这与北大港以沼泽芦苇群落为主植被的发育状况有关,即和蛾类赖以生活的环境温度及寄主植物的季节变化有关。

### 3 讨论

北大港湿地蛾类种-多度关系比较接近于对数级数模型,即生态位优先占领假说。这种分布多出现于群落生境严酷,种数相对较少的群落<sup>[7]</sup>。接近于这种模型的种-多度关系表明北大港的蛾类群落的环境条件比较恶劣,物种较少,而优势种得到了大的发展,个体数量很多。这应该和近年来北大港湿地水量不足,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。

均匀度、丰富度(物种数)和个体数是与多样性指数密切联系的参数。北大港湿地蛾类的多样性指数与均匀度不一致(相关系数  $r = 0.21$ ,  $p > 0.05$ ),而与丰富度(相关系数  $r = 0.90$ ,  $p < 0.01$ )和个体数(相关系数  $r = 0.82$ ,  $p < 0.01$ )一致。这点在不同作者的研究结果是不同的。贺达汉等<sup>[8]</sup>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<sup>[9]</sup>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<sup>[10]</sup>研究的不同生境的蝶类群落多样性指数与均匀度不一致,其原因是由种-多度关系表现为生态位优先占领假说。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<sup>[10,11]</sup>。尤平等<sup>[5]</sup>研究的七里海蛾类种-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,是由于种-多度曲线向左偏移,众数倍程小(仅为2)的缘故。而在这里,北大港湿地蛾类的多样性指数与均匀度不一致,是由于北大港湿地蛾类种-多度关系表现为生态位优先占领假说的缘故,与刘文萍等<sup>[9]</sup>和赵志模等<sup>[10]</sup>的看法一致。

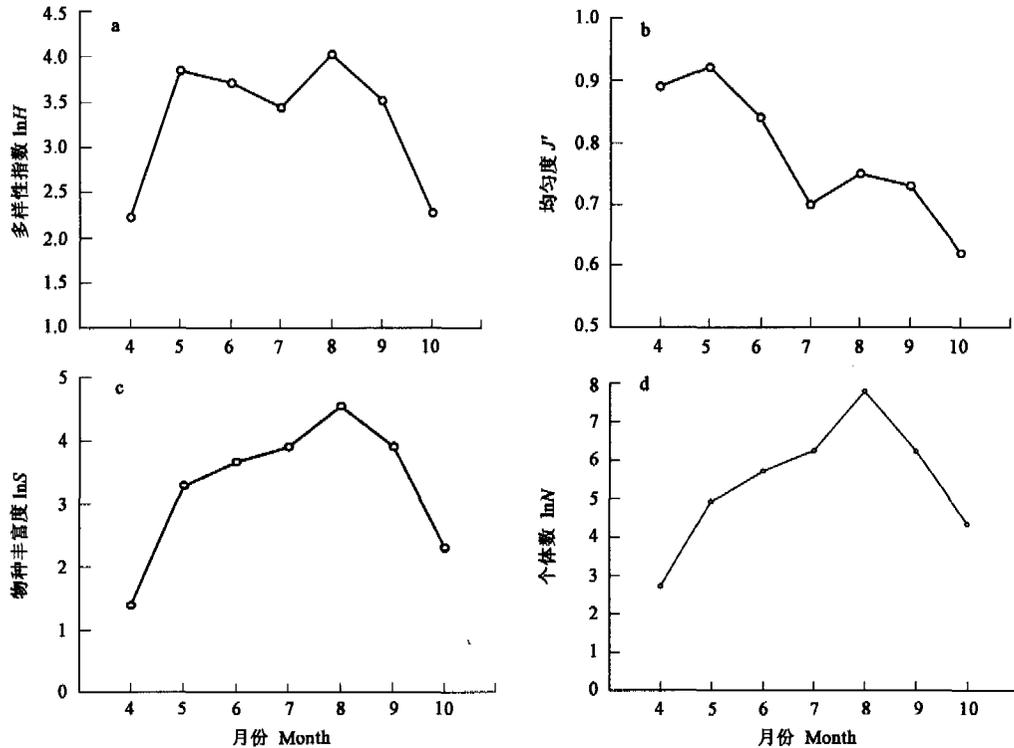


图2 群落多样性指数(A)、均匀度(B)、物种丰富度(C)和个体数(D)的时间动态

Fig.2 Temporal dynamics of the diversity index (A), evenness (B), specific richness (C) and individual number (D)

植被是蛾类赖以生存的基本条件,北大港蛾类群落特征是与以沼泽芦苇群落为主植被相适应的,近年来,各种自然条件的恶化及人为的干扰,都对这种植物群落影响较大,所以相应影响到蛾类群落的稳定性。

本文以灯诱法调查了天津北大港湿地自然保护区的蛾类,方法简便易行,可在一定范围内反映蛾类群落的特征。但可能有些遗漏和湿地以外昆虫的干扰,经过我们的实验,在距湿地边缘 1.5 km 以上的中心区随机选取样地干扰较小,可忽略不计。但为更准确地反映群落的特征,以后的调查中应采用其它方法,如样方法进行补充。

通过北大港湿地蛾类多样性的研究,发现北大港湿地的蛾类群落不稳定,也就是说,北大港湿地蛾类赖以生存的生态环境不稳定。这种状况和近年来北大港湿地有退化的趋势有关。究其原因,是由于近年来连续干旱,雨季缺少有效降水,加之汇入北大港湿地各河流沿途有农业灌溉及水产养殖用水,河道水量及水库蓄水严重不足,以及不合理的利用芦苇等湿地资源,造成以芦苇为主的湿地植被发育不够完好引起的。因此,建议保护区和有关部门协调好各种关系,合理有效地保护和利用湿地资源,提高湿地质量,使良好的湿地环境能长久地保持下去。

湿地环境中生活着种类繁多、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类群能作为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 ] Wang F Q. The advice for the wetlands in Tianjin and sustainable development of the birds in wetland. *Animal Science & Veterinary Medicine*, 2003, 20 (2): 11 ~ 12.
- [ 2 ] You P, Li H H, Chen K L. A survey of wetland moths from Tianjin. In: Lian Z M, Xi G S, Huang Y, *et al.* eds. *Animal Science*. Xian: Shaanxi Normal University Press, 2002. 228 ~ 235.
- [ 3 ] Pang X F. Diversity of Community. In: Editorial Committee of Volume Insect, General Editorial Committee of Agriculture Cyclopedia of China. *Agriculture Cyclopedia of China, Volume Insect*. Beijing: Chinese Agricultural Press, 1990. 323.
- [ 4 ] Pang X F, You M S. *Ecological Community of Insect*. Beijing: Chinese Agricultural Press, 1996. 77 ~ 103.
- [ 5 ] You P, Li H H, Wang S X, *et al.* Diversity of the moth community of Qilhai wetland, Tianjin. *Acta Entomologica Sinica*, 2003, 46(5): 617 ~ 621.
- [ 6 ] Ma C J, Chao P Y. On biodiversity of insecta in the mangrove forest of the Kuandu wetland: with reference on adaptation of insect to the environment. In: Hsieh F K, Lin C S, Gu S H eds. *Proceeding of the Symposium on the Progress of Taiwan Entomological Research at the Threshold of 21st Century*. Taichung: National Museum of Natural Science, 2001. 263 ~ 285.
- [ 7 ] Sun R Y. *Principles of Animal Ecology*, 3rd edition. Beijing: Beijing Normal University Press, 2001. 394 ~ 403.
- [ 8 ] He D H, Tian C, Ren G D, *et al.* Studies on the successional pattern and communitical structure of insects in the desert steppe. *Grassland of China*, 1988, 6: 24 ~ 28.
- [ 9 ] 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.
- [ 10 ] Liu W P, Deng H L. The butterfly diversities in Muli. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17(3): 266 ~ 271.
- [ 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.

#### 参考文献:

- [ 1 ] 王凤琴. 天津湿地及湿地鸟类可持续发展的建议. *动物科学与动物医学*, 2003, 20(2): 11 ~ 12.
- [ 2 ] 尤平, 李后魂, 陈克林. 天津主要湿地灯下蛾类调查初报. 见: 廉振民, 莫耕思, 黄原, 等主编. *动物科学*. 西安: 陕西师范大学出版社, 2002. 228 ~ 235.
- [ 3 ] 庞雄飞. 群落多样性. 见: 中国农业百科全书总编辑委员会昆虫卷编辑委员会. *中国农业百科全书(昆虫卷)*. 北京: 中国农业出版社, 1990. 323.
- [ 4 ] 庞雄飞, 尤民生. *昆虫群落生态学*. 北京: 中国农业出版社, 1996. 77 ~ 103.
- [ 5 ] 尤平, 李后魂, 王淑霞, 等. 天津七里海湿地蛾类多样性. *昆虫学报*, 2003, 46(5): 617 ~ 621.
- [ 6 ] 马堪津, 赵秉仪. 台北关渡水笔仔红树林之昆虫生物多样性: 兼论昆虫对环境适应之表现. 见: 谢丰国, 林政行, 顾世红主编. *跨世纪台湾昆虫学研究之进展研讨会论文集*. 台中: 国立自然科学博物馆, 2001. 263 ~ 285.
- [ 7 ] 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.
- [ 8 ] 贺达汉, 田畴, 任国栋, 等. 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.
- [ 9 ] 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.
- [ 10 ] 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.
- [ 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.