宁夏水洞沟湿地昆虫群落多样性分析与评价*

王建芳 王新谱**

(河北大学生命科学学院 河北省无脊椎动物系统学与应用重点实验室 保定 071002)

Analysis and evaluation of insect community diversity in Shuidonggou wetland of Ningxia. WANG Jian-Fang, WANG Xin-Pu**(*College of Life Sciences, Hebei University, Key Laboratory of Invertebrate Systematics and Application of Hebei Province*, Baoding 071002, China)

Abstract Insects in the Shuidonggou wetlands were assigned to 11 orders, 84 families and 182 species. Individual and species of Hemiptera and Diptera were more numerous than those of other orders, accounting for more than 60% of the total number of individuals collected. Phytophagous insects were more abundant than predatory and neutral insects. Insect species richness was high, and the community structure complex and stable. The curve of species-abundance was consistent with the log-normal distribution. Dominance within the predatory community varied greatly with the seasons, and dominance in the phytophagous and neutral insect communities was basically consistent with the seasonal changes.

Key words insect community, guild, diversity, Shuidonggou wetland, Ningxia

摘 要 水洞沟湿地昆虫计 11 目 84 科 182 种。其中半翅目和双翅目昆虫个体数量和种数较多,占个体总数的 60% 以上。植食性昆虫较捕食性和中性昆虫多。昆虫物种丰富度较高,群落结构复杂且稳定,群落种 - 多度曲线符合对数正态分布。捕食性群落的优势度随季节变化较大,植食性和中性昆虫群落的优势度随季节变化基本一致。

关键词 昆虫群落,功能群,多样性,水洞沟湿地,宁夏

昆虫是湿地生物食物链中重要组成部分,种类繁多,群落结构复杂[1]。调查研究湿地昆虫群落结构和动态可以准确地反映湿地环境的变化,掌握湿地昆虫的动态规律及其与湿地环境变化的关系,并及时应用于湿地的保护和监测,从而合理地利用和保护湿地资源。

目前,国内有关湿地昆虫的主要研究有尤平等对天津湿地蛾类的丰富度和多样性进行了分析评价,认为天津部分湿地环境质量较好,但有退化的趋势,部分湿地环境不稳定,退化严重[2,3]。仲雨霞和付必谦研究结果表明北京地区湿地昆虫群落中植食性昆虫最占优势,捕食性和寄生性昆虫个体较少,双翅目和膜翅目最为突出[4]。宁夏拥有较多的湿地类型,湿地生物多样性的研究大多集中在植物方面[5],而对湿地昆虫的研究仅见王新谱等报道黄河湿地银川段的昆虫群落组成[6],张大治等对黄河湿地的蝗虫区系组成进行的分析[7]。

水洞沟湿地位于鄂尔多斯高原西北缘,属于季节性河流湿地,是介于沙地与黄河之间的一种独特的生境。2007 年 5—10 月,作者对宁夏水洞沟湿地的昆虫群落进行了比较系统地调查,初步分析了昆虫群落的组成及其动态变化,以期为湿地生物多样性及其生态学机制的研究提供昆虫方面的基础材料,为湿地资源的保护利用和功能评价提供科学依据。

1 样地概况与研究方法

1.1 样地概况

样地位于银川市西 19 公里处,地理坐标为

* 资助项目:教育部新世纪优秀人才支持计划资助项目(NECT-07-0470)。

**通讯作者,E-mail:wangxinpu@yahoo.com.cn

收稿日期:2009-12-07,修回日期:2010-01-28

E:106°29.925′－106°30.006′,N:38°17.862′－38°17.903′,面积7 160.22 m^2。土壤类型是盐化草甸土。主要植被(按生物量由大到小排列)为蒙古香蒲(*Typha davidiana* Hand-Mazz)、芦苇(*Phragmites australis* Trin. ex Stendel)、盐地碱蓬(*Suscda salsa* (L.) Pall)、中亚滨藜(*Atriplex centralasiatica* Iljin)、灰绿藜(*Chenopodiunm glaucdm* L.)、柽柳(*Tamarix chinensis* Lour(Bge))等,盖度为45%～50%。主要脊椎动物有草原沙蜥 *Phrynocephalus frontalis*、家燕 *Hirundo rustica* 及草鱼 *Ctenopharyngodon idellus* 等。

1.2　调查方法及标本鉴定

在河流沿岸,选取生境类型相似的5块样地,样地间相距200 m以上。采用棋盘式扫网(80目)取样,每样地取50网(每180°扫一次为1网);对地面昆虫采取随机在样地内划分5点,每点为1 m×1 m大的样方取样;一些飞翔能力较强的昆虫采用目测(15 min左右)计数。取样时间从2007年5—10月起,每隔15～20 d左右调查一次,每次调查时间在上午9:30—12:30之间,雨天顺延,共调查11次。依据国内相关专著进行物种鉴定,部分标本送交国内相关专家鉴定。因采集标本多为小型昆虫,所以均鉴定到科,种级水平只统计个体数。

1.3　功能类群的划分

依据食性,昆虫群落可大体分为4个功能群,即植食性昆虫、捕食性昆虫、寄生性昆虫和中性昆虫(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)[8]。本研究根据具体情况把寄生性昆虫归入捕食性昆虫中,分为植食性昆虫、捕食性昆虫、中性昆虫3个功能群分析讨论。

1.4　数据分析方法

多样性的分析采用以下参数[9,10]:

物种丰富度 S 和个体总数 N,在多样性分析中分别采用其自然对数 $\ln S$ 和 $\ln N$。

Berger-Parker 的优势度指数:$D = N_{max}/N$,其中 N_{max} 为优势种群数量,N 为全部种群数量;

Simpson 优势集中性指数:$C = \sum Pi^2 = \sum (Ni/N)^2$,$Ni$ 为每个科的个体数;

Shannon-Wiener 多样性指数:$H' = -\sum Pi\ln Pi$;式中 P_i = 第 i 类群个体数占个体总数的比例;

均匀度的测定:$E = H'/H'_{max} = H'/\ln S$;其中 H' 为 Shannon-Wiener 多样性指数,S 为群落中物种数。

利用 Excel 作图,SPSS16.0 统计软件进行单因素方差统计分析。

2　结果与分析

2.1　水洞沟昆虫群落组成及数量

共采集标本8 733号,昆虫群落由182种组成,分属11目84科。其中植食性类群32科67种3 623号标本,占捕获总数的41.49%;捕食性类群27科56种2 367号标本,占27.10%;中性昆虫类群25科59种2 743号标本,占31.40%。

水洞沟湿地昆虫群落组成及结构见表1。从目级阶元来看,半翅目 Hemiptera、双翅目 Diptera、膜翅目 Hymenoptera 为优势类群,其个体数分别占捕获总个体数的34.22%、33.52%、13.40%,共计81.14%。直翅目 Orthoptera、缨翅目 Thysanoptera、鞘翅目 Coleoptera、鳞翅目 Lepidoptera 和蜻蜓目 Odonata 属于常见类群,分别占全捕量的4.99%、4.72%、3.72%、2.95%和2.08%。其余类群为稀有类群,其总数不到全捕量的0.4%。

以科级水平而论,有21个科为优势类群或常见类群。其中摇蚊科 Chironomidae 的优势度超过10%,为优势科类群。其次为盲蝽科 Miridae、蚜科 Aphididae、秆蝇科 Chloropidae、缘腹细蜂科 Scelionidae 优势度分别在5%～10%之间,为亚优势科类群。管蓟马科 Phlaeothripidae、木虱科 Psyllidae、金小蜂科 Pteromalidae、斑腿蝗科 Catantopidae、斑翅蝗科 Oedipodidae、纹蓟马科 Aeolothripidae、飞虱科 Dephacidae、叶蝉科 Cicadellidae、瓢虫科 Coccinellidae、蚊科 Culicidae、斑蝇科 Otitidae、

潜蝇科 Agromyzidae、水蝇科 Ephydridae、丽蝇科 Calliphoridae、螟蛾科 Pyralidae、金小蜂科 Pteromalidae、蚁科 Formicidae 均占优势度的 1% ~5%，为常见类群。

表 1 水洞沟湿地昆虫群落组成及结构

类群	Pr		Ph		Ne		总计							
	科数	种数	科数	种数	科数	种数	科数	比例(%)	种数	比例(%)	个数	比例(%)	丰富度 S	优势度 D(%)
蜻蜓目 Odonata	4	9	0	0	0	0	4	4.76	9	4.95	181	2.08	9	2.08
螳螂目 Mantodea	1	1	0	0	0	0	1	1.19	1	0.55	2	0.02	1	0.02
直翅目 Orthoptera	0	0	6	5	0	0	6	7.14	5	2.75	436	4.99	5	4.99
革翅目 Dermaptera	0	0	0	0	1	2	1	1.19	2	1.19	18	0.21	2	0.21
缨翅目 Thysanoptera	0	0	3	5	0	0	3	3.57	5	2.76	412	4.72	5	4.72
半翅目 Hemiptera	2	3	10	31	0	0	12	14.29	34	18.69	2 988	34.22	34	34.22
脉翅目 Neuroptera	0	0	1	2	0	0	1	1.19	2	1.23	15	0.17	2	0.17
鞘翅目 Coleoptera	4	7	5	8	1	1	10	11.91	16	8.89	325	3.72	16	3.72
双翅目 Diptera	2	7	0	0	23	56	25	29.76	62	34.12	2 928	33.52	62	33.52
鳞翅目 Lepidoptera	0	0	6	12	0	0	6	7.14	12	6.69	258	2.95	12	2.95
膜翅目 Hymenoptera	14	29	1	4	0	0	15	17.86	33	18.18	1 170	13.40	33	13.40
小计	27	56	32	67	25	59								
总个体数	2 367		3 623		2 743		84		181		8 733			

注：Ph：植食性昆虫；Pr：捕食性昆虫；Ne：中性昆虫。（下同）

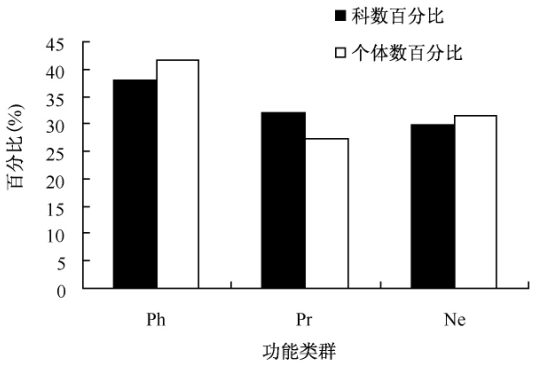

图 1 水洞沟湿地昆虫群落功能类群组成

从功能类群的组成（图 1）可见，无论是在科级水平还是个体水平上，水洞沟湿地的植食性昆虫都明显多于其他功能类群，处于优势地位，达到个体总数的 40% 以上。这类昆虫可以为更高营养层生物，如捕食性昆虫、鱼类、两栖爬行类、鸟类、哺乳类等提供丰富的食物资源，在湿地生态系统复杂的食物网中占有重要地位。中性昆虫的个体数次之，占昆虫总数的 30% 以上，分属于 25 个科，其中以双翅目昆虫个体数最多。

捕食性昆虫个体数相对较少，但它们在湿地生态系统自然平衡中发挥着重要的作用，对植食性昆虫的发生具有一定的抑制作用。这类昆虫也可以为更高营养层生物提供食物资源，平衡生态系统起着不可忽视的作用。

2.2 水洞沟湿地昆虫群落种 - 多度关系

按 Preston 的方法处理，水洞沟昆虫群落的种 - 多度曲线如图 2。曲线符合对数正态分布模型，即优势种和稀有种都较少，而处于中间的物种较多。符合这种分布的多属于生境条件好，物种丰富度高的群落。由此可推断，水洞沟湿地环境条件比较优越，昆虫物种丰富度较高，群落结构稳定性强。

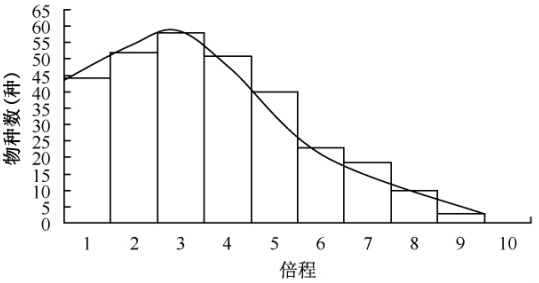

图 2 水洞沟湿地昆虫种 - 多度曲线

2.3 水洞沟昆虫群落的季节动态

从图 3 可以看出，水洞沟湿地昆虫群落个体数量和物种数变化大致相同，均有一定的波

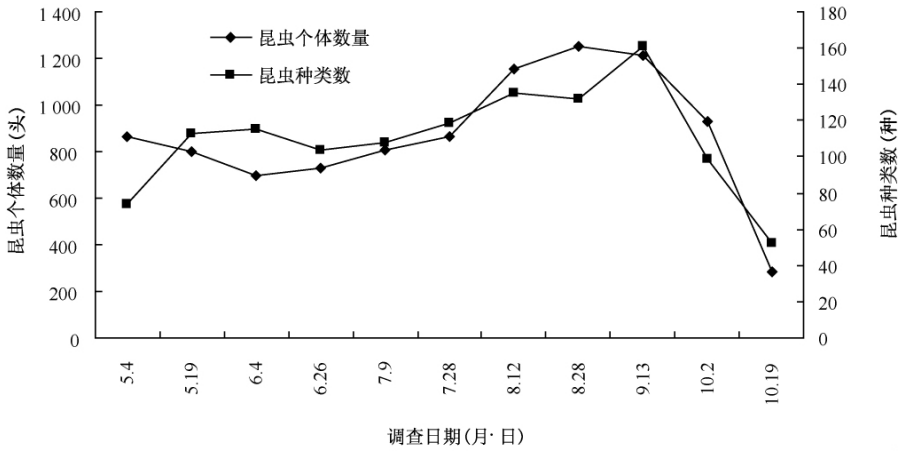

图 3　水洞沟湿地昆虫群落的季节动态

动性。只是在 5 月 4 日时,昆虫个体数量较大,随后降低,而物种数是从这天开始有上升趋势,这主要是受群落内优势类群蚜虫突然爆发影响。昆虫物种数和个体数量从 6 月底到 8 月底是增加的,10 月以后逐渐减少,体现了昆虫的生长发育和温度密切相关。但 6 月底到 8 月底增幅较小,可能和样地内的植被有很大关系,样地内植被虽然多样,但盖度低(45% ~50%),分布很不均匀,生长发育总体上差异较大,没有给昆虫创造较为适宜的生境。而 7 月底到 10 月初昆虫个体数量和物种数较多,全年最高的昆虫物种数和次高的个体数量都出现在 9 月份,此阶段样地内植被表现出较大的高度和密度、生长情况差异小的特点。

对水洞沟湿地各月份昆虫群落的多样性指数(H')、均匀度(E)、物种丰富度(S)和个体数(N)进行统计,结果见表 2。

表 2　水洞沟湿地昆虫群落多样性指数

月份	科数	种数	个体数(N)	丰富度(S)	多样性指数(H')	均匀度(E)
5	50	129	1 948	129	2.7885	0.5738
6	52	126	1 054	126	3.2244	0.6667
7	58	126	1 093	126	3.1817	0.6579
8	66	178	2 214	178	3.2424	0.6257
9	59	162	1 162	162	3.1226	0.6138
10	50	114	1 261	114	3.2032	0.6763
总计	84	182	8 733	182	1.7458	0.2595

由表 2 可以看出,从 5 月到 10 月,水洞沟湿地昆虫群落的多样性指数、物种丰富度和均匀度都有上升的趋势,在 8 月达到顶峰;而在 5 月出现昆虫个体数量比较多,是由于这个时期蚜虫大爆发,对蚜虫数量进行统计而造成。物种丰富度从 5 月到 7 月表现平稳,而在 8 月出现高峰,这应和这一时期的植被比较丰富有关。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。水洞沟湿地多样性指数与均匀度基本一致,9 月份出现一低谷,是由于在这个月只进行了一次采样。

根据调查数据,不同功能类群的多样性参数统计整理列于表 3。捕食性昆虫群落的多样性指数 H' 和均匀度指数 E 较高,*Simpson* 优势集中性指数 C 较低。植食性昆虫群落的 H' 和 E 其次,优势集中性指数 C 居中。中性昆虫群落由于双翅目昆虫个体数量较多,H' 和 E 较低,优势度 D 和优势集中性指数 C 较高,优势

明显。各种测度群落多样性的指标中，H'是最常用的指标。但本次研究结果显示，组成简单、数量较低的捕食性群落比组成丰富、数量较高的植食性群落具有较高的 H'值。由于优势集中性指数 C 考虑进了群落的类群数、各类群在群落中相对多度以及在群落间的相对丰度 3 个因素对 H'起了一定调整作用，更加符合真实情况。中性昆虫群落中的双翅目占明显优势，个体数量较多，从而指数 C 较高。

水洞沟湿地不同功能类群昆虫群落的时间格局如图 4。

表 3　水洞沟不同功能类群昆虫群落多样性指数

功能团	N	S	H'	E	C	D
捕食性	1 929	56	1.0940	0.2718	0.4601	0.6511
植食性	4 047	67	1.0087	0.2399	0.5182	0.4918
中性	2 743	59	0.0455	0.0112	0.9855	0.9928

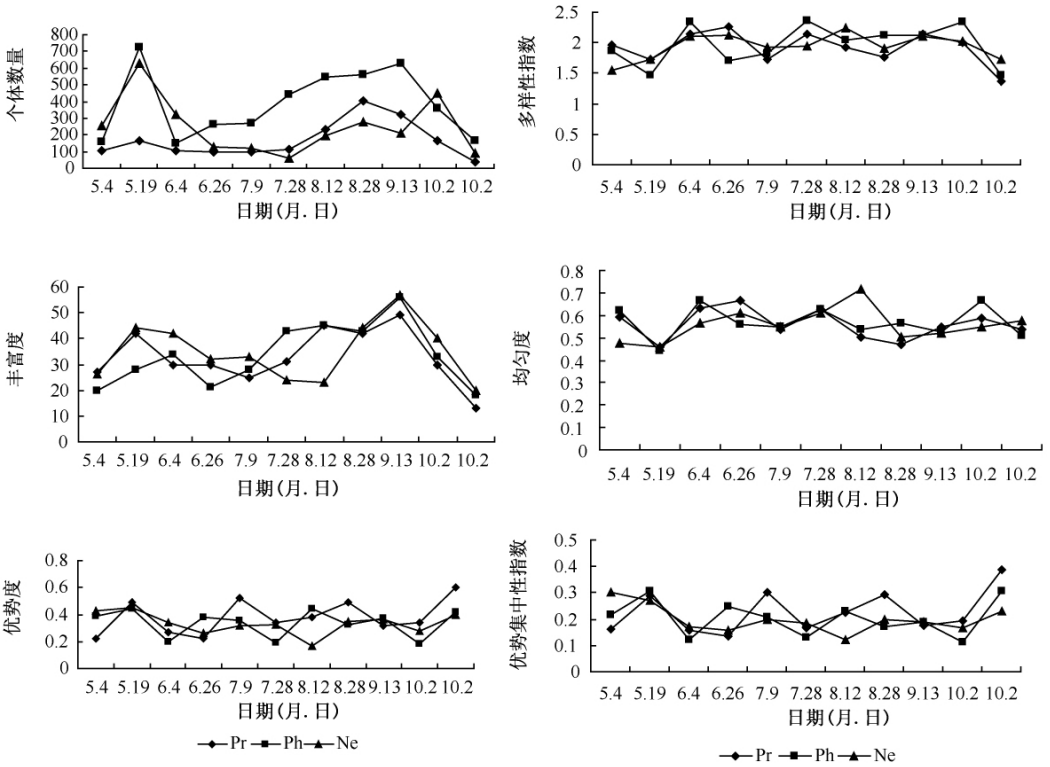

图 4　水洞沟湿地昆虫群落个体数量(N)、丰富度(S)、多样性指数(H')、均匀度(E)、优势度(D)和优势集中性指数(C)的时间格局

从图 4 可以看出，不同功能类群昆虫群落个体数随时间序列的变化较一致，捕食性昆虫的变化趋势随着植食性昆虫和中性昆虫的增加而增加，基本符合正态分布，对整个生态系统的害虫控制起到非常重要的作用。植食性昆虫和中性昆虫个体数量较大，可为更高营养层生物提供食物资源，从而增加该地区的生物多样性。捕食性昆虫和植食性昆虫丰富度随季节变化趋势一致，中性昆虫由于受其他因素影响稍有些变化，但三者总的变化趋势是一致的。从多样性指数看，植食性昆虫随季节波动稍明显些，中性昆虫基本是先增加后减少的趋势，捕食性昆

虫群落比较稳定,波动幅度不大。均匀度的变化趋势与多样性变化一致,多样性高或低时,均匀度也相应地变化。另外,捕食性群落的优势度随季节变化较大,植食性和中性昆虫群落的优势度随季节变化基本一致。

3　结论与讨论

水洞沟湿地由 182 种昆虫组成,分属 11 目 84 科,其中植食性昆虫和中性昆虫的个体数量相对捕食性昆虫多些。水洞沟湿地昆虫种 - 多度曲线符合对数正态分布模型,该生态系统具有高的昆虫物种多样性,昆虫群落结构复杂且稳定,捕食性群落结构较植食性和中性昆虫群落稳定。并且昆虫群落各月份多样性指数、均匀度、丰富度的变化趋势均说明该地区环境条件优越、物种丰富,受人为干扰较小。

本研究表明水洞沟湿地昆虫群落多样性指数与均匀度基本一致,且群落的种 - 多度曲线呈对数正态分布,说明水洞沟湿地昆虫群落比较稳定。贺达汉等研究认为荒漠草原昆虫群落的多样性指数与均匀度一致时,表明群落结构是稳定的[11],这一观点与本研究结果相互印证。

湿地昆虫群落物种组成及多样性的变化可以间接地反映自然生态的变化,如尤平等通过对天津湿地蛾类丰富度的分析间接反映出天津湿地的退化状况[2,3]。同样,植被类型、温湿度等环境因子的变化对昆虫群落的组成和动态分布也有很大影响,如植被类型比较丰富、温湿度较高的 7、8 月份,昆虫种类多、个体数量高。双翅目的摇蚊科是本次采集的主要优势类群,不同种类的摇蚊对水域的生境要求不同,在水体净化、生态环境监测等方面发挥着一定作用[12],关于摇蚊丰富度的变化对湿地环境状况的影响有待深入研究。

致　谢　感谢中国农业大学杨定教授在双翅目种类鉴定中提供的帮助。

参　考　文　献

1　Batzer D. P., Wissinger S. A. Ecology of insect communities in nontidal wetlands. *Annu. Rev. Entomol.*, 1996, **41**:75 ~ 100.

2　尤平,李后魂,王淑霞. 天津七里海湿地蛾类多样性. 昆虫学报, 2003, **46**(5):617 ~ 621.

3　尤平,李后魂. 天津北大港湿地自然保护区蛾类的多样性. 生态学报, 2006, **26**(3):629 ~ 637.

4　仲雨霞,付必谦. 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), 2007, **28**(3): 71 ~ 77.

5　李炳玺,谢应忠,赖声渭. 银川平原湿地维管植物区系研究. 农业科学研究, 2005, **26**(4):33 ~ 36.

6　王新谱,杨锋,杨贵军. 黄河湿地银川段昆虫群落组成及其多样性研究. 四川动物, 2008, **27**(5):827 ~ 828.

7　张大治,安英,张志高,等. 宁夏黄河湿地蝗虫区系组成分析. 昆虫知识, 2007, **44**(6):890 ~ 895.

8　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. 昆虫学报, 1998, **41**(4):343 ~ 353.

9　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.

10　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.

11　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.

12　王新华. 摇虫文科. 见:郑乐怡,归鸿主编,昆虫分类(下). 南京:南京师范大学出版社, 1999. 697 ~ 700.