

白洋淀湿地蜻蜓种群动态及多样性

李云涛, 葛 杰, 冯丹丹, 杨玉霞, 刘浩宇*

(河北大学生命科学学院, 河北 保定 071002)

摘要: 白洋淀湿地自然保护区位于河北省雄安新区内, 于2021年1月至2022年12月期间, 选取了7个具有代表性区域, 每月调查蜻蜓目昆虫2次。通过物种鉴定和统计, 对蜻蜓多度和多样性指数进行分析研究。研究结果表明, 蜻蜓目昆虫共计6科17属21种, 其中蜻科物种数最多, 占种总数的52.38%, 蟌科次之, 占种总数的23.81%, 物种较以往的调查结果增加4种; 长叶异痣蟌(*Ischnura elegans*)为极优势物种, 优势物种有4种, 分别为东亚异痣蟌(*Ischnura asiatica*)、七条尾蟌(*Paracercion plagiosum*)、红蜻(*Crocothemis servilia*)和黑丽翅蜻(*Rhyothemis fuliginosa*); 在调查中共记录蜻蜓成虫2 724头, 在6月蜻蜓丰富度和多度最高, 7月Shannon-Wiener多样性指数最高。与Shannon-Wiener多样性指数、Pielou均匀度指数和种间随机相遇率比较, 白洋淀每月蜻蜓群落的Margalef丰富度指数区分度明显, 更适宜评价白洋淀湿地蜻蜓目种群动态。

关键词: 蜻蜓目; 优势物种; 种群动态; 白洋淀

中图分类号: Q968 文献标识码: A 文章编号: 1672-5948(2024)06-895-07

蜻蜓(Odonata)为半变态昆虫, 稚虫生活在淡水环境中, 不同类群稚虫栖息环境迥异, 对水质要求也存在差异; 成虫虽然营陆生生活, 但仍然对水体沿岸的环境非常敏感^[1]。因此, 蜻蜓群落变化与水、陆栖息地生境质量都密切相关。世界蜻蜓目种类非常丰富, 除极地外广泛分布, 已记录的蜻蜓总计6 403种^[2]。研究表明, 蜻蜓适宜作为生态环境指示物种, 研究其物种多样性与栖息环境因子的关系、建立环境评价体系^[3-6]。同时, 相较于其他指示生物, 蜻蜓还具有分布广泛、易于识别和便于调查等优势^[7]。

白洋淀湿地自然保护区于2002年经河北省政府正式批准建立, 于2012年对自然保护区范围进行调整, 现总面积为29 696公顷, 其中核心区面积为9 440公顷^[8]。雄安新区建立之后, 白洋淀湿地自然保护区位于新区中南部, 主要保护对象是内陆淡水湿地生态系统, 重点保护珍稀濒危野生动植物物种。《河北雄安新区规划纲要》中明确提出了提高生物多样性, 优化生态系统结构等要求^[9]。对于白洋淀蜻蜓的动态监测不仅有利于其多样性

保护, 还可以反映白洋淀水环境和沿岸生态环境质量。

在雄安新区设立之前, 白洋淀湿地仅有一次较为系统的昆虫多样性调查, 涉及蜻蜓目5科12属15种^[10]。在新区建立之初, 白洋淀湿地蜻蜓记录有5科16属18种, 包括1未定名物种^[11], 物种数量有所增加, 但两者的物种组成存在一定差异, 且物种动态发生规律也尚不清楚。随着新区生态补水 and 环境治理工程推进, 水生昆虫蜻蜓的种群动态与多样性趋于稳定, 此时开展其多样性调查工作具有重要的研究价值和实践意义, 可以为雄安新区的生物多样性提供数据支持。

1 材料与方法

1.1 调查样点布设与调查时间

根据蜻蜓栖境偏好性(包括植被类型、丰富度和盖度, 人类活动情况, 水体覆盖程度等)因素, 在白洋淀湿地自然保护区选择7个具有代表性的生境类型, 设置调查样点。其中, 调查样点1至调查样点3位于第二大淀烧车淀淀缘, 为淀缘林地溪

收稿日期: 2023-10-16; 修订日期: 2023-11-28

基金项目: 河北省自然科学基金项目(C2022201005)和河北大学自然科学多学科交叉研究计划项目(DXK202103)资助。

作者简介: 李云涛(1998—), 女, 河北省石家庄人, 硕士研究生, 从事昆虫多样性保护研究。E-mail: liyuntao@stumail.hbu.edu.cn

*通讯作者: 刘浩宇, 副教授。E-mail: liuhy@hbu.edu.cn

流-池塘生境;调查样点4位于白沟引河河岸,植被覆盖度高,水体流速快;调查样点5和调查样点6位于主淀白洋淀沿岸,为引水渠和邻近码头生境,受人类活动影响较高;调查样点7是位于府河支流的人工湿地,受人类活动影响程度最高。

1.2 调查方法与鉴定

于2021年1月至2022年12月,每月月中旬进行2次野外成虫调查,每个调查样点设置2条样线,每条样线长1 km。调查时,样线选择在蜻蜓栖境偏好植被的环境附近,以1.0~1.5 km/h的速度,缓慢匀速前行调查。采用直接计数和网捕法相结合方法,记录样线两侧2.5 m、上方5.0 m、前方5.0 m范围内见到的所有蜻蜓。能够现场鉴定的物种,记录物种名称、数量以及调查样点和样线信息;现场无法鉴定的物种,对其特征进行拍照,编号记录和统计信息,将其原地释放。

依据《中国蜻蜓大图鉴》^[12]、《北京蜻蜓生态鉴别手册》^[13]、《中国习见蜻蜓》^[14]以及河北大学博物馆馆藏定名标本,比对鉴定蜻蜓物种。

1.3 蜻蜓目成虫多样性分析

分别计算白洋淀蜻蜓群落每月发生的丰富度、多度、Shannon-Wiener多样性指数(H')^[15]、Pielou均匀度指数(E)^[16]、种间相遇机率(PIE)^[17]、Berger-Parker优势度指数(d)^[18]和Margalef丰富度指数(R)^[19]。其中物种丰富度为记录到蜻蜓的物种数,多度即记录到的个体数。

$$H' = -\sum (P_i)(\log_2 P_i) \quad (1)$$

公式(1)中, H' 为Shannon-Wiener多样性指数; P_i 为样品中属于第*i*种的个体的比例。

$$E = H' / \log_2 S \quad (2)$$

公式(2)中, E 为Pielou均匀度指数; S 为蜻蜓目物种数。

$$PIE = \sum \frac{N_i \times (N_i - 1)}{N \times (N - 1)} \quad (3)$$

公式(3)中, PIE 为种间相遇机率; N_i 为第*i*个物种的个体数; N 为白洋淀蜻蜓目个体总数。

$$R = (S - 1) / \ln N \quad (4)$$

公式(4)中, R 为Margalef丰富度指数。

$$d = N_i / N \quad (5)$$

公式(5)中, d 为Berger-Parker优势度指数。当 $d \geq 25\%$ 时,该物种为极优势物种;当 $5\% \leq d < 25\%$,该物种为优势物种;当 $0.5\% \leq d < 5\%$ 时,该物种为常见物种;当 $0.1\% \leq d < 0.5\%$ 时,该物种为稀有物种;

当 $d < 0.1\%$ 时,该物种为极稀有物种^[20]。

利用IBM SPSS Statistics 25软件,计算白洋淀蜻蜓目昆虫不同生境群落的Shannon-Wiener多样性指数、种间相遇机率、丰富度指数和Pielou均匀度指数之间的关系。

2 结果与分析

2.1 白洋淀蜻蜓目物种组成

每年1月至3月和11月至12月,白洋淀蜻蜓无成虫记录,4月至10月为蜻蜓成虫发生期。本次野外调查共记录蜻蜓2 724头。通过鉴定,白洋淀共有蜻蜓21种,隶属于2亚目6科17属(表1)。其中,差翅亚目4科(蜻科、伪蜻科、蜓科和大伪蜻科),均翅亚目2科(虻科和扇虻科)。在科级阶元组成中,蜻科的物种数最多,有11种,占种总数的52.38%,其次为虻科(5种),占种总数的23.81%,扇虻科为2种,其他3科均各有1种;在属级阶元组成中,尾虻属的种数最多,记录到3种,其次为疏脉蜻属和异痣虻属,各有2种,其他各属都为1种。同时,发现4种蜻蜓为白洋淀湿地自然保护区新记录种,分别为蓝额疏脉蜻、小黄赤蜻、蓝纹尾虻和叶足扇虻。

根据物种优势度计算结果,极优势物种仅有1种,为长叶异痣虻;优势物种有4种,分别为东亚异痣虻、七条尾虻、红蜻和黑丽翅蜻;常见物种的种类最多,高达11种;稀有物种有3种,分别为玉带蜻、竖眉赤蜻和叶足扇虻;极稀有物种有2种,分别为异色多纹蜻和闪蓝丽大伪蜻。

2.2 白洋淀蜻蜓目成虫群落特征

2.2.1 多度和丰富度

2021年和2022年蜻蜓目成虫物种个体数量都在6月达到最高峰,5月、7月和8月物种个体数量也较高(图1a)。2021年和2022年蜻蜓目成虫群落物种丰富度同样在6月达到峰值,5月和7月种类略少,9月物种丰富度有所回升(图1b)。

2.2.2 多样性指数

2021年和2022年蜻蜓目成虫群落Shannon-Wiener多样性指数都在7月最大,2022年略大于2021年(图1c)。蜻蜓目成虫群落Pielou均匀度指数在4月至6月波动变化,2022年变化规律比2021年平缓(图1d)。与2021年相比,2022年蜻蜓目成虫群落种间随机相遇率明显更稳定(图1e)。2022年蜻蜓目成虫群落Margalef丰富度指数整体大于

表1 白洋淀蜻蜓物种组成
Table 1 The composition of Odonata species in Baiyangdian Lake

科	种	2021年							2021 年总 数	2022年							2022 年总 数	优势 度/%
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月		
蜻科 Libellulidae	玉带蜻 <i>Pseudothemis zonata</i>	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	3	3	1	0	0	7	0.33
	黑丽翅蜻 <i>Rhyothemis fuliginosa</i>	0	2	82	3	0	2	0	89	0	0	42	9	1	0	0	52	5.18
	黄蜻 <i>Pantala flavescens</i>	0	2	6	1	3	1	1	14	0	3	8	5	2	1	0	19	1.21
	白尾灰蜻 <i>Orthetrum albistylum</i>	0	4	8	8	5	15	0	40	0	10	20	6	15	6	2	59	3.63
	低斑蜻 <i>Libellula angelina</i>	37	5	5	0	0	0	0	47	31	1	15	0	0	0	0	47	3.45
	异色多纹蜻 <i>Deielia phaon</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.04
	红蜻 <i>Crocothemis servilia</i>	0	3	17	28	26	28	2	104	0	6	41	3	21	12	3	86	6.98
	褐胸疏脉蜻 <i>Brachydiplax chalybea</i>	0	3	25	2	0	5	0	35	0	6	7	2	0	2	0	17	1.91
	蓝额疏脉蜻 <i>Brachydiplax flavovittata</i>	0	0	6	7	0	1	0	14	0	1	5	1	0	1	0	8	0.81
	竖眉赤蜻 <i>Orthetrum lineostigma</i>	0	1	3	0	0	0	0	4	0	1	1	0	0	0	0	2	0.22
	小黄赤蜻 <i>Sympetrum kunkeli</i>	0	7	35	6	3	5	1	57	0	4	7	5	5	5	0	26	3.05
伪蜻科 Corduliidae	缘斑毛伪蜻 <i>Epitheca marginata</i>	10	0	0	0	0	0	0	10	14	3	17	0	0	0	0	34	1.62
蜓科 Aeshnidae	碧伟蜓 <i>Anax parthenope</i>	0	1	3	2	0	0	0	6	0	3	3	2	1	1	0	10	0.59
大伪蜻科 Macromia	闪蓝丽大伪蜻 <i>Epophthalmia elegans</i>	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0.07
虿科 Coenagrionidae	蓝纹尾虿 <i>Paracercion calamorum</i>	5	15	17	7	7	2	0	53	1	2	5	5	12	10	1	36	3.27
	黑背尾虿 <i>Paracercion melanotum</i>	2	11	21	9	4	1	0	48	1	6	10	16	16	4	2	55	3.78
	七条尾虿 <i>Paracercion plagiosum</i>	0	32	230	3	5	3	0	273	0	12	30	19	32	3	1	97	13.58
	东亚异痣虿 <i>Ischnura asiatica</i>	35	72	162	30	54	32	0	385	12	13	17	25	10	2	0	79	17.03
	长叶异痣虿 <i>Ischnura elegans</i>	32	94	220	31	117	15	0	509	44	89	157	34	11	1	1	337	31.06
扇虿科 Platynemididae	叶足扇虿 <i>Platynemis phyllopoda</i>	0	2	3	0	0	0	0	5	0	0	5	1	0	0	0	6	0.40
	黑狭扇虿 <i>Copera tokyoensis</i>	0	7	19	3	2	4	0	35	0	2	7	2	2	1	0	14	1.80
总计		121	261	864	140	227	114	4	1 731	103	163	400	139	129	49	10	993	100

2021年,但二者变化规律基本一致(图1f)。

2.2.3 不同季节优势种

利用 Berger-Parker 优势度指数,判断 2021 年和 2022 年 4 月至 10 月蜻蜓目成虫群落极优势物种和优势物种(表 2)。每年 10 月,差翅亚目(蜻科和蜓科)物种具有明显优势,其他月份均翅亚目类群具有明显优势。长叶异痣虿、东亚异痣虿、七条尾虿和红蜻在各自群落发生期内几乎都为极优势物种或优势物种,低斑蜻季节性强,仅出现在每年 4 月至 6 月。每年 7 月至 9 月,极优势物种较少或无,优势物种较多,且种类组成变化较大。

2.3 多样性指标间的关系

由表 3 可知,蜻蜓目成虫群落 Shannon-Wiener 多样性指数仅与 Margalef 丰富度指数显著正相关($n=21, p<0.01$),与种间随机相遇率、Pielou 均匀度指数间无显著相关关系,说明白洋淀蜻蜓群落

Shannon-Wiener 多样性指数与 Margalef 丰富度指数在反映群落动态变化上具备一致性;Pielou 均匀度指数与种间随机相遇率显著正相关($n=21, p<0.01$),当 Pielou 均匀度指数高时,种间随机相遇率也增大。

3 讨 论

与 2012 年至 2014、2018 年的两次调查结果比较^[10-11],本次调查中玉带蜻、黑丽翅蜻、黄蜻、白尾灰蜻、异色多纹蜻、红蜻、东亚异痣虿和长叶异痣虿都有记录,其中玉带蜻、黄蜻、白尾灰蜻、异色多纹蜻和红蜻年均个体数量较稳定,黑丽翅蜻、东亚异痣虿和长叶异痣虿在本次调查中个体数量比前两次高。碧伟蜓和闪蓝丽大伪蜻在 2012 年至 2014 年的调查和本次调查中有记录,但是个体数量很少;2018 年的调查未记录到,可能与种群密度

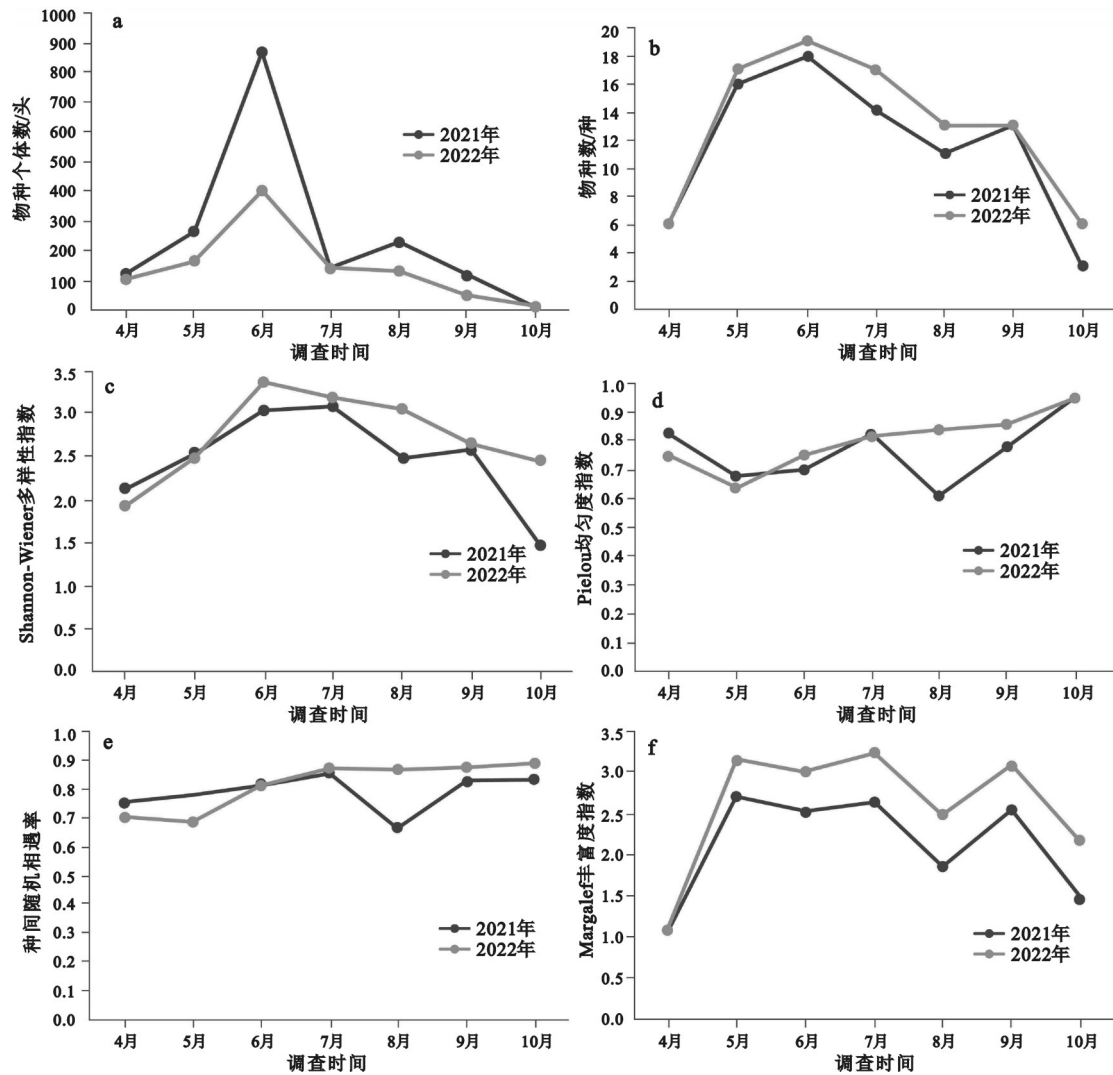


图1 2021年和2022年4月至10月蜻蜓目成虫群落物种多样性指数

Fig.1 Species diversity indexes of Odonata adult community from April to October 2021 and 2022

很小有关,异色多纹蜻与其类似,在3次调查中各记录到1头。低斑蜻、褐胸疏脉蜻、缘斑毛伪蜻、黑狭扇尾和七条尾尾在2012年至2014年的调查中无记录,在2018年的调查中首次记录,在本次调查中个体数量明显增大。综合3次调查结果可以看出,白洋淀蜻蜓目种群在逐渐扩大,本次调查的21种昆虫群落多样性已经优于北方一些典型湿地保护区^[21-22]。

本次调查在白洋淀新记录到4种蜻蜓目昆虫,分别为蓝额疏脉蜻、小黄赤蜻、蓝纹尾尾和叶足扇尾。与2012年至2014年的调查结果比较,未记录到半黄赤蜻(*Sympetrum croceolum*)、大团扇春蜓(*Sinictinogomphus clavatus*)、大黄赤蜻(*Sympetrum uniforme*)和线痣灰蜻(*Orthetrum lineostigma*);与

2018年的调查结果比较,未记录到黄螳(*Ceriagrion* sp.)和隼尾螳(*Paracercion hieroglyphicum*)。由此可见白洋淀蜻蜓的群落组成在过去的10 a之间存在种群波动。蜻蜓目群落多样性与水质有着密切关系^[23],历史上白洋淀水质波动较大,但是自雄安新区设立以来,白洋淀水体已经由2017年的地表水劣V类水域提升至III类水域^[24]。

2012年至2014年的调查时间多为7月,2018年的调查时间为5月至10月,这两次调查时间集中在1个月或者仅调查了1 a,对于物种群落发生规律不能准确阐述。通过本次调查的2 a完整数据,白洋淀蜻蜓目的极优势物种仅有长叶异痣螳,优势物种有东亚异痣螳、七条尾尾、红蜻和黑丽翅蜻。由于不同蜻蜓有着不同的生活史,从而导致

表2 2021年和2022年4月至10月蜻蜓目成虫群落多样性指数和优势物种
Table 2 Community diversity indexes and dominant species of Odonata adults from April to October 2021 and 2022

调查时间	极优势物种($d\geq 25\%$)	优势物种($5\%\leq d<25\%$)
2021年4月	低斑蜻(30.6%)、东亚异痣螳(28.9%)、长叶异痣螳(26.5%)	缘斑毛伪蜻(8.3%)
2021年5月	长叶异痣螳(36.0%)、东亚异痣螳(27.6%)	七条尾螳(12.3%)、蓝纹尾螳(5.7%)
2021年6月	七条尾螳(26.6%)、长叶异痣螳(25.5%)	东亚异痣螳(18.8%)、黑丽翅蜻(9.5%)
2021年7月		长叶异痣螳(22.1%)、东亚异痣螳(21.4%)、红蜻(20.0%)、黑背尾螳(6.4%)、白尾灰蜻(5.7%)
2021年8月	长叶异痣螳(51.5%)	东亚异痣螳(23.8%)、红蜻(11.5%)
2021年9月	东亚异痣螳(28.1%)	红蜻(24.6%)、长叶异痣螳(13.2%)、白尾灰蜻(13.2%)
2021年10月	红蜻(50.0%)、黄蜻(25.0%)、小黄赤蜻(25.0%)	
2022年4月	长叶异痣螳(42.7%)、低斑蜻(30.1%)	缘斑毛伪蜻(13.6%)、东亚异痣螳(11.7%)
2022年5月	长叶异痣螳(54.6%)	东亚异痣螳(8.0%)、七条尾螳(7.4%)、白尾灰蜻(6.1%)
2022年6月	长叶异痣螳(39.3%)	黑丽翅蜻(10.5%)、红蜻(10.3%)、七条尾螳(7.5%)
2022年7月		长叶异痣螳(24.5%)、东亚异痣螳(18.0%)、七条尾螳(13.7%)、黑丽翅蜻(6.5%)、黑背尾螳(11.5%)
2022年8月		七条尾螳(24.8%)、红蜻(16.3%)、黑背尾螳(12.4%)、白尾灰蜻(11.6%)、蓝纹尾螳(9.3%)、长叶异痣螳(8.5%)、东亚异痣螳(7.8%)
2022年9月		红蜻(24.5%)、蓝纹尾螳(20.4%)、白尾灰蜻(12.2%)、小黄赤蜻(10.2%)、黑背尾螳(8.2%)、七条尾螳(6.1%)
2022年10月	红蜻(30.0%)	白尾灰蜻(20.0%)、黑背尾螳(20.0%)、七条尾螳(10.0%)、长叶异痣螳(10.0%)、蓝纹尾螳(10.0%)

表3 蜻蜓目成虫群落多样性指数间的相关系数
Table 3 Correlation coefficients between community diversity indexes of Odonata adults

	Shannon-Wiener 多样性指数	Pielou 均匀度指数	种间随机相遇率	Margalef 丰富度指数
Shannon-Wiener 多样性指数	1.000	-0.083	0.513	0.850**
Pielou 均匀度指数	-0.083	1.000	0.756**	-0.192
种间随机相遇率	0.513	0.756**	1.000	0.374
Margalef 丰富度指数	0.850**	-0.192	0.374	1.000

注:表中**表示数据在 $p<0.01$ 水平显著相关。

不同月份的优势物种波动变化,缘斑毛伪蜻仅在4月和5月种群发生,低斑蜻仅在4月至6月种群发生,黑丽翅蜻6月时丰富度最高。

2022年白洋淀蜻蜓目群落 Shannon-Wiener 多样性指数、随机相遇率和 Margalef 物种丰富度指数都比2021年变化平缓,说明2022年白洋淀蜻蜓目物种多样性群落结构和丰富度优于2021年,表明白洋淀流域综合治理效果显著,水环境指标趋于向好,水生昆虫多样性组成更稳定。

2022年白洋淀蜻蜓目物种多样性比2021年稍好,但是2022年采集到的标本头数总体低于

2021年,可能是受调查时气候因素或主观采集力度影响。其中,气候显著变化可能会影响了蜻蜓的活动和种群动态^[1],白洋淀地区2021年降水量明显大于2022年,淀缘及河流水位大幅上涨,部分蜻蜓成虫栖息地减少。而物种多样性指数的计算与物种种数关系较大,受总体样本量影响不明显。

Shannon-Wiener 多样性指数、种间相遇率、Pielou 均匀度指数和 Margalef 物种丰富度指数都为常用的群落多样性指数。白洋淀蜻蜓群落 Shannon-Wiener 多样性指数与 Pielou 均匀度指数在5月至9月变化一致,这表明在大部分时间内群

落结构较稳定。本研究的 Margalef 丰富度指数比 Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀度指数和种间随机相遇率有更好的区分度,推测更适宜评价白洋淀湿地蜻蜓目种群动态,可能与区域群落组成密切相关,也有研究表明 Shannon-Wiener 多样性指数也会成为较理想的评价指标^[25]。

蜻蜓稚虫离不开水环境,水域面积比例与其物种多样性有着密切关系^[26-28],成虫对水体沿岸的环境状况非常敏感^[23]。近年来,白洋淀生态环境保护工作方法和方案在不断优化^[29],尽管不同的蜻蜓类群对水环境因子适应程度不同,但总体偏向水质较好的淡水环境^[23,30]。针对蜻蜓在维护白洋淀生态自然景观和作为指示生物等方面,仍要注意以下 4 点保护建议:(1)白洋淀蜻蜓群落多样性受生态补水和上游水系变化影响较大,需做好持续监测工作,掌握蜻蜓动态变态情况,获取稳定的多样性数据;(2)白洋淀目前有 3 种受威胁物种,即低斑蜻(极危物种)、黑狭扇螳(近危物种)和七条尾螳(近危物种)^[31],加强对受威胁蜻蜓物种的生物学研究,以揭示与主要环境影响因素的关系;(3)注重发挥蜻蜓的环境指示作用的同时,也要注意与保护区职能部门的协作。蜻蜓是昆虫中的“旗舰物种”,受关注程度高,避免过度采集,注意蜻蜓自然景观的复育和可持续性发展;(4)当地有食用蜻蜓稚虫的习俗,建议参考鸟类等受关注的动物保护措施,加强宣传和引导效应,明确昆虫多样性保护与湿地可持续发展的重要意义和价值。

4 结 论

2021 年和 2022 年在白洋淀共记录到蜻蜓成虫 2 724 头,隶属于 6 科 17 属 21 种,较之前的调查结果新增加 4 种,分别为蓝额疏脉蜻、小黄赤蜻、蓝纹尾螳和叶足扇螳。其中,以蜻科物种数最多,占种总数的 52.38%,螳科次之,占种总数的 23.81%。

白洋淀湿地的极优势物种仅有 1 种,为长叶异痣螳;优势物种有 4 种,分别为东亚异痣螳、七条尾螳、红蜻和黑丽翅蜻;极危物种为低斑蜻,种群稳定。

白洋淀蜻蜓成虫在每年的 4 月至 10 月出现,其中物种多度和丰富度在 6 月最高;Shannon-Wiener 多样性指数和 Margalef 丰富度指数在 7 月

最高。

对比每月蜻蜓成虫群落的 Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀度指数和种间相遇机率, Margalef 丰富度指数变化更明显,更适宜评价白洋淀湿地蜻蜓目种群动态。

参考文献

- [1]REMSBURG A J, OLSON A C, SAMWAYS M J. Shade alone reduces adult dragonfly (Odonata: Libellulidae) abundance[J]. Journal of insect behavior, 2008, **21**: 460-468.
- [2]PAULSON D, SCHORR M. World Odonata list[EB/OL]. [2023-09-25]. <https://www.pugetsound.edu/academics/academicresources/slater-museum/biodiversity-resources/dragonflies/world-odonta-list2>.
- [3]CLARK T E, SAMWAYS M J. Dragonflies (Odonata) as indicators of biotope quality in the Krüger National Park, South Africa [J]. Journal of applied ecology, 1996, **33**: 1001-1012.
- [4]CHOVANEC A, WARINGER J, RAAB R, *et al.* Lateral connectivity of a fragmented large river system: Assessment on a macro-scale by dragonfly surveys (Insecta: Odonata)[J]. Aquatic conservation: Marine and freshwater ecosystems, 2004, **14**(2): 163-178.
- [5]CHOVANEC A, WARINGER J. Ecological integrity of river-floodplain systems: Assessment by dragonfly surveys (Insecta: Odonata)[J]. Regulated rivers: Research & management, 2001, **17** (4/5): 493-507.
- [6]HONKANEN M, SORJANEN A M, MÖNKKÖNEN M. Deconstructing responses of dragonfly species richness to area, nutrients, water plant diversity and forestry[J]. Oecologia, 2011, **166**: 457-467.
- [7]于昕, 卜文俊, 朱琳. 应用蜻蜓目昆虫进行生态环境评价的研究进展[J]. 生态学杂志, 2012, **31**(6): 1585-1590.
- [8]保定市生态环境局. 保定市省级自然保护区基本情况简介[EB/OL]. (2018-04-26)[2024-12-05] <https://sthjj.baoding.gov.cn/article/5593/24.html>
- [9]中共河北省委、省人民政府. 河北雄安新区规划纲要[M]. 北京: 人民出版社, 2018.
- [10]彭吉栋. 白洋淀湿地昆虫多样性研究[D]. 保定: 河北大学, 2015.
- [11]ZHANG F, LIU T, LIU M F, *et al.* A checklist of Odonata from Baiyang Lake, Xiongan New Area, China[J]. International journal of fauna and biological studies, 2018, **5**(6): 87-91.
- [12]张浩淼. 中国蜻蜓大图鉴[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2019.
- [13]岳颖, 汪渊. 北京蜻蜓生态鉴别手册[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2013.
- [14]隋敬之, 孙洪国. 中国习见蜻蜓[M]. 北京: 农业出版社, 1986.

- [15] SHANNON C E. The mathematical theory of communication[J]. Bell system technical journal, 1948, **27**: 379-423, 623-656.
- [16] PIELOU E C. The measurement of diversity in different types of biological collections[J]. Journal of theoretical biology, 1966, **13**: 131-144.
- [17] HURLBERT S H. The Nonconcept of species diversity, a critique and alternative parameters[J]. Ecology, 1971, **52**: 577-586.
- [18] BERGER W H, PARKER F L. Diversity of planktonic foraminifera in deep-sea sediments[J]. Science, 1970, **168**(3937): 1345-1347.
- [19] MARGALEF D R. Information theory in ecology[J]. General systems, 1958, **3**: 36-71.
- [20] CARUSO T, PIGINO G, BERNINI F, *et al.* The Berger-Parker index as an effective tool for monitoring the biodiversity of disturbed soils: A case study on Mediterranean oribatid (Acari: Oribatida) assemblage[J]. Biodiversity and conservation, 2007, **16**(12): 3277-3285.
- [21] 陈广泉, 贾强, 侯梁宇, 等. 张掖国家湿地公园蜻蜓目多样性初步调查[J]. 宁夏大学学报(自然科学版), 2016, **37**(4): 470-475.
- [22] 刘鹏艳, 武大勇, 彭吉栋, 等. 衡水湖蜻蜓目昆虫区系与多样性初步研究[J]. 现代农村科技, 2011(4): 63-64.
- [23] CORBET P S. Dragonflies: behavior and ecology of Odonata [M]. New York: Comstock Publishing, 1999.
- [24] 李如意. 白洋淀淀区整体水质达III类标准[N]. 北京日报, 2022-01-14(011)[2022-01-04].
- [25] 黄小清. 海南岛蜻蜓目昆虫多样性研究[D]. 儋州: 华南热带农业大学, 2008.
- [26] BRIED J T, ERVIN G N. Abundance patterns of dragonflies along a wetland buffer[J]. Wetlands, 2006, **26**(3): 878-883.
- [27] SUGIMAN U, ATMOWIDI T, PRIAWANDIPUTRA W. Community structure and habitat characteristics of dragonflies (Odonata) in tropical lowland forest of Ujung Kulon national park[J]. Journal of entomology and zoology studies, 2020, **8**(5): 251-258.
- [28] 俞陈锋, 钦慧瑜, 沈秋婷, 等. 湿地环境多样性对蜻蜓目物种多样性的影响研究[J]. 台州学院学报, 2021, **43**(3): 42-47.
- [29] 陈文婷, 苏婧, 张慧慧, 等. 白洋淀流域水环境承载力多属性决策方法优选和方案评价研究[J]. 环境工程, 2023, **41**(1): 120-131.
- [30] OERTLI B. The use of dragonflies in the assessment and monitoring of aquatic habitat. In: Cordoba- Aguilar A, ed., Dragonflies and Damselflies: Model organisms for ecological and evolutionary research[M]. Oxford: Oxford University Press, 2008: 79-96.
- [31] IUCN. The IUCN red list of threatened species[EB/OL]. [2023-05-10]. <http://www.iucnredlist.org>.

Population Dynamics and Diversity of Dragonflies in Baiyangdian Wetland

LI Yuntao, GE Jie, FENG Dandan, YANG Yuxia, LIU Haoyu

(College of Life Sciences, Hebei University, Baoding 071002, Hebei, P.R.China)

Abstract: The Baiyangdian Wetland Nature Reserve is situated in Xiong'an New Area, Hebei Province. From January 2021 to December 2022, a bi-monthly survey of Odonata was conducted in seven representative areas. Through species identification and statistical analysis, the abundance and diversity indices of Odonata were examined. The findings revealed a total of 21 species from 17 genera and 6 families within the Odonata, with the Libellulidae exhibiting the highest number of species at 52.38% of the total, followed by Coenagrionidae at 23.81%, which represented an increase of four species compared to previous surveys. *Ischnura elegans* emerged as the most dominant species alongside four other dominant ones: *Ischnura asiatica*, *Paracercion plagiosum*, *Crocothemis servilia* and *Rhyothemis fuliginosa*. A total count of 2 724 adult Odonata was recorded during the two-year survey period while June showing the highest species abundance and richness observed while July exhibited the highest Shannon-Wiener diversity index. In compared with Shannon-Wiener diversity index H' , Pielou evenness index and interspecific random encounter rate PIE , Margalef richness index showed significant discrimination in monthly Odonata communities in Baiyangdian wetland and proved more suitable for evaluating population dynamics of Odonata in this area.

Keywords: Odonata; dominant species; population dynamics; Baiyangdian