

春季禁渔期间长江下游鱼虾蟹类物种多样性变动(2001 - 2004 年)*

施炜纲, 刘 凯, 张敏莹, 徐东坡**

(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 无锡 214081)

摘要: 长江春禁期 4 - 6 月间, 下游江段渔获中出现鱼、虾、蟹共 12 目、30 科、81 种。安徽、江苏江段年间物种多样性指数明显上升并趋于稳定, 其中 Shannon - Wiener (H' 与 H'') 在 1.593 - 2.563 范围内呈上升并趋于稳定, Margalef 在 0.866 - 2.755 范围内呈明显上升, Pielou、Simpson 和 McNaughton 指数在窄幅波动中趋于稳定, 波动范围分别为 0.717 - 0.827; 0.120 - 0.269; 0.365 - 0.616。河口区多样性指数正处于波动中, Simpson 和 McNaughton 指数分别从 0.195 升至 0.315; 从 0.534 升至 0.758, 并有继续上升的趋势。各江段年间捕捞证发放数与 Shannon H' 的回归分析表明两者呈负相关线性关系。
关键词: 长江下游; 春季禁渔; 生物多样性; 资源保护

Changes of Biodiversity of Fishery Species in the Lower Reaches of the Yangtze River During the Spring Closed Season

SHI Weigang, LIU Kai, ZHANG Mingying & XU Dongpo

(Freshwater Fisheries Research Center of the Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, P. R. China)

ABSTRACT: By setting standing fishing net in three stations of Anhui, Jiangsu provinces and estuary during the period of Spring Closed Season, we monitored and studied the annual variations of biodiversity of fish community species in the lower reach of Yangtze River. A section of fish, shrimp, and crabs in the catch showed 12 orders, 30 families, 81 species among every April-June in the lower reaches. The biodiversity index obviously rose and tended towards stability in river sections of Anhui and Jiangsu Provinces, with Shannon-Wiener index (H' and H'') at 1.593 - 2.563 rising and tending towards stability in this ranges, whereas Margalef index obviously rising in ranges of 0.866 - 2.755, Pielou, Simpson and McNaughton indexes tending towards stability while fluctuating in a narrow margin, in which fluctuating range was respectively 0.717 - 0.827, 0.120 - 0.269 and 0.365 - 0.616. The biodiversity index in the estuary, was fluctuating, and didn't show the sign tending towards stability, with Simpson and McNaughton indexes were rising from 0.195 rose to 0.315, and from 0.534 rose to 0.758 respectively, and the tendency to continue rising. With regression analysis in fishing permits distribution and Shannon-Weaver index of H' in Spring Closed Season from Anhui, Jiangsu Provinces, and estuary, this analysis indicated that the two showed negative correlation in linear analysis, correlation coefficient was -0.97, -0.97, and -0.80, respectively. The studies showed that the protection result of bio-diversity of fish community in the lower reaches of Yangtze River began to appear, but protection result of estuary was not obvious. This paper analyzes biodiversity index change reason in every river sections, and puts forward suggestions to ensure biodiversity and effect of Spring Closed Season.

Keywords: The lower reaches of the Yangtze River; Spring Closed Season; biodiversity; resources protection

长江下游江段水环境复杂, 鱼类品种众多, 既有青、草、鲢、鳙等传统经济鱼类, 又有刀鲚、凤鲚、东方鲀、鳊鲃等洄游性鱼类。白鲟、中华鲟、江豚和胭脂鱼等也在该江段频繁出没。近年来长江渔业资源严重衰退, 年捕捞量由 1954 年的 42.7×10^4 t 下降到近几年的 10×10^4 t 左右^[1], 四大家鱼已形不成渔汛, 鲟鱼、白鲟等名贵鱼类基本绝迹, 白豚、江豚等珍稀水生动物也濒临灭绝, 中华绒螯蟹的洄游足迹在湖北、湖南、江西、安徽的干流江段上相继消失^[2,3]。保护和修复长江渔业资源已迫在眉睫。农业部于 2002 年起试行长江中

* WWF 基金(2001 - 001 - A)、长江渔业资源管理委员会基金(2001 - 38)共同资助。2004 - 12 - 02 收稿; 2004 - 12 - 30 收修改稿。施炜纲, 男, 1953 年生, 研究员。E-mail: shiwg@frc.cn.

** 通讯作者: 徐东坡, E-mail: xudp@frc.cn.

下游春季禁渔制度(简称“春禁”),禁渔期为4-6月,禁渔区为河口区启东嘴至南汇嘴以西一线(即:东径121°52'以西一线)。2003年又将禁渔范围扩大到整个长江干流及其一级支流(包括洞庭湖和鄱阳湖)。云南省德钦县以下至葛洲坝以上水域,禁渔时间为每年的2-4月。

生物多样性是指有机体及其赖以生存的生态复合体(ecological complex)之间的多样性和变异性。具体包括三个层次:A:物种多样性(species diversity)(最基本层次)——包括地球上整个空间的物种,它指物种水平上的表现形式。B:遗传多样性(genediversity)(微观层次)——指物种内基因的变化,包括同种内两个隔离地理种群间及单个种群内个体间的遗传变异。C:生物群落多样性或生态系统多样性(ecosystem diversity)(宏观层次)——指生物圈内生境、生物群落和生态过程的多样性以及生态系统内生境、生物群落和生态变化。

本文根据2001-2004年对长江下游张网渔获的连续监测^①,运用生物多样性指数^[4-6]对春禁前后长江下游鱼类群落中物种的多样性进行了研究分析。

1 材料和方法

1.1 站位设置与监测频率

2001-2004年在长江下游干流中的安徽省安庆(沙漠洲江段)、江苏常熟(铁黄沙江段)和上海崇明(北八叉江段)设立3个监测样点,以定置张网截捕过往的鱼、虾、蟹类。网宽50m,网高3m,网目2cm,单顶张网拦截面积150m²。张网监测时间段为4-6月(春禁期内),每月监测2d,每天放网24h。3个监测点共实地监测54d。

1.2 数据汇总方法

采用Foxpro按年月、分点、分品种汇总,数据库经排序后输出分品种渔获尾数(n_1, n_2, n_i)、总渔获尾数(N)、分品种渔获重量(w_1, w_2, w_i)、总渔获重量(W)、渔获物中出现的物种总数(S)。

1.3 群落生物多样性指数分析

物种多样性变动趋势的分析,采用以下多样性特征指数:

(1)信息指数(Shannon-wiener index of Diversity): H' 表示基于物种数量反映群落物种多样性,它综合了群落中物种丰富性和均匀性两方面的影响,用于反映群落结构的复杂程度,是一种适应性较强的多样性指数^[7]; H'' 为基于物种生物量反映群落种类多样性,亦称改进指数(Wilhm)^[8]。

$$H' = \sum (n_i/N) (\ln n_i/N) \quad H'' = \sum (w_i/W) (\ln w_i/W)$$

(2)丰盛度指数(Margalef's index of Diversity, D_m):用于表达样品中物种丰富的程度^[9]。

$$D_m = (S - 1) / \ln N$$

(3)重复率指数(Simpson's Dominance, D):亦称优势度指数,表示一个群落中随机抽取两个个体为一物种的概率^[10]。

$$D = \sum (n_i/N)^2 \quad D_{1-D} = 1 - D \quad D_{1/D} = 1/D$$

(4)均匀性指数(Pielou's evenness index, J):表示群落中物种间个体均匀分布的程度^[11]。

$$J = H' / H'_{max}$$

(5)优势度指数(McNaughton index of Diversity): D_n 基于物种数量反映群落物种优势度^[12]; D_w 表示基于物种生物量反映群落物种优势度。

$$D_n = (n_1 + n_2) / S \quad D_w = (w_1 + w_2) / W$$

2 结果

2.1 下游江段张网渔获物组成

经统计,2001-2004年4-6月间三个监测点定置张网中出现的鱼、虾、蟹类共计有12目、30科、81种(表1)。其中捕获的白鲫、革胡子鲶为误入长江的养殖品种。

① 春禁期监测用张网捕捞证经农业部渔业局许可特批。

表1 2001-2004年4-6月长江下游渔获组成

Tab. 1 Catch composition in the lower reaches of the Yangtze River during April-June(2001-2004)

种类	种类	种类
鲤科 Cyprinidae	1.长毛对虾 <i>Penaeus(Fenneropenaeus) penicillatus</i>	3.花鳅 <i>Cobitis taenia</i>
1. 鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	鲇科 Mugilidae	鳅科 Siluridae
2. 鲫 <i>Carassius auratus auratus</i>	1. 鲇 <i>Mugil cephalus</i>	1. 鲇 <i>Parasilurus asotus</i>
3. 白鲫 <i>Carassius auratus cuvieri</i>	2. 赤眼梭鲇 <i>Liza haematochila</i>	2. 河鲇 <i>Parasilurus</i> sp.
4. 高体鳊 <i>Rhodeus ocellatus</i>	石首鱼科 Sciaenidae	胡子鲇科 Clariidae
5. 彩石鲂 <i>Pseudoperilampus lighti</i>	1. 棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	1. 革胡子鲇 <i>Clarias leather</i>
6. 无须鲃 <i>Acheilognathus gracilis</i>	2. 小黄鱼 <i>Pseudosciaena polyactis</i>	带鱼科 Trichiuridae
7. <i>Hemiculter leucisculus</i>	3. 黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	1. 带鱼 <i>Trichiurus lepturus</i>
8. 油条 <i>Hemiculter bleekeri bleekeri</i>	方蟹科 Grapsidae	鱈科 Sillaginidae
9. 翘嘴红鲌 <i>Erythroculter ilishaeformis</i>	1. 中华绒螯蟹 <i>Eriocheir sinensis</i>	1. 多鳞鱈 <i>Sillago sihama</i>
10. 青梢红鲌 <i>Erythroculter dabryi</i>	龙虾科 Palinuridae	鳗鲡科 Anguillidae
11. 红鳍鲌 <i>Culter erythropterus</i>	1. 中国龙虾 <i>Panulirus stimpsoni</i>	1. 日本鳗鲡 <i>Anguilla japonica</i>
12. 银鲃 <i>Pseudolaubuca sinensis</i>	鳃科 Engraulidae	鳅科 Serranidae
13. 寡鳞鲃 <i>Pseudolaubuca engraulis</i>	1. 黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	1. 鳊 <i>Siniperca chuatsi</i>
14. 鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>	鲱科 Clupeidae	2. 大眼鳊 <i>Siniperca kneri</i>
15. 黑鳍鳊 <i>Sarcocheilichthys nigripinnis</i>	1. 长颌鲢(刀鲢) <i>Coilia ectenes</i>	3. 斑鳊 <i>Siniperca scherzeri</i>
16. 银色颌须鲃 <i>Gnathopogon argentatus</i>	2. 短颌鲢 <i>Coilia brachygnathus</i>	4. 长体鳊 <i>Siniperca roulei</i>
17. 蛇鲃 <i>Saurogobio dabryi</i>	3. 凤鲢 <i>Coilia mystus</i>	5. 鲈 <i>Lateolabrax japonicus</i>
18. 吻鲃 <i>Rhinogobio typus</i>	鮠科 Bagridae	鲤科 Channidae
19. 花 <i>Hemibarbus maculatus</i>	1. 黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	1. 乌鲤 <i>Channa arga</i>
20. 铜鱼 <i>Coreius heterodon</i>	2. 江黄颡鱼 <i>Pelteobagrus vachelli</i>	塘鲺科 Eleotridae
21. 黄尾鲂 <i>Xenocypris davidi</i>	3. 岔尾黄颡鱼 <i>Pelteobagrus eupogon</i>	1. 沙鲺 <i>Odontobutis obacurus</i>
22. 银鲂 <i>Xenocypris argentea</i>	4. 光泽黄颡鱼 <i>Pelteobagrus nitidus</i>	金钱鱼科 Scatophagidae
23. 圆吻鲂 <i>Distoechodon tumirostris</i>	5. 长吻鲂 <i>Leiocassis longirostris</i>	1. 金钱鱼 <i>Scatophagus argus</i>
24. 鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	舌鳎科 Cynoglossidae	科 Callionymidae
25. 鳊 <i>Aristichthys nobilis</i>	1. 三线舌鳎 <i>Cynoglossus trigrammus</i>	1. 香 <i>Callionymus olidus</i>
26. 青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>	2. 窄体舌鳎 <i>Cynoglossus (Areliscus) gracilis</i>	狗母鱼科 Synodontidae
27. 草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>	3. 焦氏舌鳎 <i>Cynoglossus (Areliscus) joyneri</i>	1. 龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i>
28. 鳊 <i>Elopichthys bambusa</i>	长臂虾科 Palaemonidae	虾蛄科 Squillidae
29. 赤眼鲢 <i>Squaliobarbus curriculus</i>	1. 日本沼虾 <i>Macrobrachium nipponense</i>	1. 虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>
梭子蟹科 Portunidae	2. 秀丽白虾 <i>Exopalaemon modestus</i>	鲟科 Acipenseridae
1. 三疣梭子蟹 <i>Portunus trituberculatus</i>	鳊鲃虎鱼科 Taenioiidae	1. 中华鲟 <i>Acipenser sinensis</i>
鳊鲃虎鱼科 Gobiidae	1. 孔鳊虎鱼 <i>Trypauchen vagina</i>	鲷科 Stromateidae
1. 髯鳊虎鱼 <i>Triaenopogon barbatus</i>	2. 红狼牙鳊虎鱼 <i>Odontamblyopus rubicundus</i>	1. 银鲷 <i>Pompus argenteus</i>
2. 矛尾鳊虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>	鳅科 Cobitidae	鲃科 Tetraodontidae
3. 蝌蚪鳊虎鱼 <i>Lophiogobius ocellicauda</i>	1. 泥鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	1. 暗纹东方鲃 <i>Takifugu obscurus</i>
对虾科 Penaeidae	2. 花斑沙鳅 <i>Botia fasciata</i>	2. 弓斑东方鲃 <i>Takifugu ocellatus</i>

2.2 多样性指数统计

2.2.1 按月份 各类指数结果(表2),对同类指数进行配对 t 检验的结果: H' 、 H'' 配对 t 检验结果:安庆: $|t| = 3.5695 > t(0.0500) = 2.2010$ 、 $P = 0.0044 < 0.0500$ 差异显著;常熟: $|t| = 1.2484 < t(0.0500) = 2.2010$ 、 $P = 0.2378 > 0.0500$ 无显著差异;崇明: $|t| = 1.6505 < t(0.0500) = 2.2010$ 、 $P = 0.1271 > 0.0500$ 无显著差异。从绝对均值大小看, H' :常熟(1.993) > 安庆 > (1.773) > 崇明(1.470); H'' :常熟(2.037) > 安庆 > (1.913) > 崇明(1.598)。 D_n 、 D_w 配对 t 检验结果同样是:安庆:差异显著;常熟:无显著差异;崇明:无显著差异。 D 和 D_n 指数保持较好的一致性。

表 2 4-6 月站位多样性指数的变化

Tab. 2 Change of diversity indexes in three stations during April - June

站位	年.月	H'	H''	D_m	J	D	$1/D$	D_{1-D}	D_n	D_w
安庆	2001.4	1.091	1.259	0.897	0.561	0.501	1.995	0.499	0.825	0.743
	2001.5	1.445	1.491	0.742	0.898	0.248	4.027	0.752	0.571	0.588
	2001.6	1.620	1.793	0.860	0.833	0.222	4.510	0.778	0.563	0.494
	2002.4	1.440	1.619	0.958	0.692	0.319	3.139	0.681	0.759	0.592
	2002.5	2.024	2.139	1.590	0.815	0.172	5.812	0.828	0.504	0.389
	2002.6	1.900	1.900	1.368	0.765	0.202	4.952	0.798	0.548	0.560
	2003.4	1.886	1.876	2.392	0.641	0.280	3.571	0.720	0.641	0.639
	2003.5	1.627	1.768	1.301	0.707	0.282	3.548	0.718	0.678	0.512
	2003.6	1.772	2.232	1.801	0.639	0.260	3.850	0.740	0.693	0.481
	2004.4	1.970	1.942	2.078	0.669	0.204	4.899	0.796	0.578	0.565
	2004.5	2.116	2.375	2.164	0.747	0.185	5.419	0.815	0.554	0.366
	2004.6	2.390	2.556	2.172	0.862	0.115	8.717	0.885	0.367	0.264
常熟	2001.4	1.437	1.212	0.875	0.691	0.306	3.268	0.694	0.680	0.778
	2001.5	1.597	1.889	1.026	0.727	0.239	4.179	0.761	0.596	0.499
	2001.6	1.837	1.581	0.956	0.836	0.183	5.450	0.817	0.488	0.638
	2002.4	2.044	2.051	1.388	0.797	0.159	6.284	0.841	0.431	0.450
	2002.5	2.018	2.270	1.333	0.787	0.158	6.341	0.842	0.457	0.384
	2002.6	2.213	2.459	1.702	0.766	0.145	6.905	0.855	0.444	0.385
	2003.4	1.803	2.115	1.545	0.666	0.269	3.713	0.731	0.612	0.501
	2003.5	2.341	2.549	2.355	0.737	0.134	7.439	0.866	0.417	0.348
	2003.6	2.077	2.119	1.958	0.682	0.180	5.562	0.820	0.529	0.475
	2004.4	2.002	1.644	2.153	0.668	0.237	4.220	0.763	0.576	0.699
	2004.5	2.588	2.009	2.598	0.804	0.096	10.397	0.904	0.343	0.635
	2004.6	1.964	2.542	2.148	0.636	0.243	4.117	0.757	0.566	0.335
崇明	2001.4	2.423	2.210	1.501	0.809	0.112	8.947	0.888	0.338	0.505
	2001.5	1.965	1.629	0.795	0.853	0.164	6.097	0.836	0.459	0.661
	2001.6	0.437	1.135	0.524	0.210	0.828	1.208	0.172	0.960	0.828
	2002.4	1.569	1.646	0.635	0.754	0.245	4.084	0.755	0.595	0.587
	2002.5	1.698	1.818	0.828	0.708	0.236	4.235	0.764	0.610	0.569
	2002.6	1.660	1.608	0.778	0.692	0.225	4.436	0.775	0.548	0.647
	2003.4	1.538	1.666	1.135	0.568	0.303	3.297	0.697	0.642	0.617
	2003.5	1.156	1.249	0.548	0.556	0.405	2.466	0.595	0.860	0.851
	2003.6	1.446	1.570	0.703	0.658	0.343	2.915	0.657	0.689	0.676
	2004.4	1.023	1.239	1.043	0.388	0.482	2.075	0.518	0.843	0.790
	2004.5	1.655	2.025	1.502	0.584	0.307	3.258	0.693	0.686	0.566
	2004.6	1.067	1.376	0.715	0.486	0.491	2.036	0.509	0.835	0.743

2.2.2 按年度 安庆、常熟的 H' 和 H'' 与春禁前 2001 年比较表现为上升并趋于一致;崇明春禁前 H' 和 H'' 分别为 1.853、2.434, 春禁期间分别在 1.873 - 1.556 和 1.557 - 1.998 范围内波动, 无明显上升 (图 1a; b). 安庆、常熟的 J 指数稳定; 崇明呈下降. D_m 指数安庆、常熟上升; 而崇明春禁期的总体 D_m 水平还是稍低于春禁

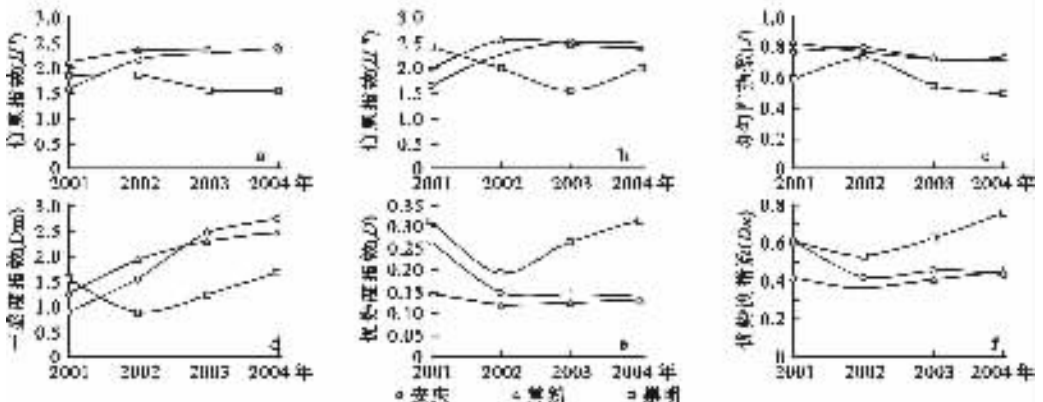


图 1 春禁期多样性指数年间变化

Fig. 1 Annual change of Shannon-Weaver index of diversity in the period of spring forbidden fishing

前,但有回升迹象(图1c;d).安庆、常熟的 D 和 D_n 指数稳定,尤其是在春禁期间有稳定表现并趋于一致,而崇明的 D 和 D_n 指数均呈上升趋势(图1e;f).

2.3 各江段渔获优势种组成及年间变化

以渔获物尾数统计分析,实行春季禁渔后安庆、常熟两江段主要渔获对象变动不大,以经济鱼类鲫、鲤、鲢、鲈为主体.黄颡鱼、条也有一定数量,但捕获尾数还是少于前4种鱼类(表3).从分品种渔获规格分析,实行春季禁渔后安庆、常熟两江段渔获规格均略有下降,主要表现在50g以下的鱼类数量有所增加.崇明江段渔获尾数中98%以上为小型鱼类,渔获单尾均重呈明显下降趋势,虾类、凤鲚等小型鱼虾捕捞数量及所占比重都有较大增加,各江段优势种前三位的组成(表3).

表3 2001-2004年4-6月长江下游江段渔获优势种组成

Tab.3 Composition of Dominant species in the catching in the lower reaches of the Yangtze River during April-June(2001-2004)

	2001年		2002年		2003年		2004年	
	品种	尾数(%)	品种	尾数(%)	品种	尾数(%)	品种	尾数(%)
安庆	鲫	45.39	鲢	22.64	鲫	24.56	鲫	57.46
	鲤	16.24	黄颡鱼	18.84	翘嘴红鲌	21.21	鲢	26.52
		13.65	鲫	18.12		14.51	鲤	16.02
常熟	刀鲚	26.33	窄体舌鲷	19.80	铜鱼	24.41	鳊	46.52
	鲫	15.70	鳊	16.74	短颌鲚	16.58	刀鲚	34.54
	花鱼骨	12.11	鲫	15.09	黄颡鱼	11.88	窄体舌鲷	18.94
崇明	银鲌	54.19	刀鲚	33.22	凤鲚	40.75	梅蟹 ²⁾	47.29
	凤鲚	6.78	红狼牙鰕虎鱼	20.23	棘头梅童鱼	22.30	凤鲚	28.46
	龙头鱼	6.57	龙头鱼	13.74	虾类 ¹⁾	21.10	蝌蚪鰕虎鱼	7.04

1)各江段虾的品种繁多,个体很小,分检工作量太大,因此对小于1g的虾不作分类鉴定,统称为虾类.

2)梅蟹为俗名,经鉴定无法确认该种确切的种名.

2.4 各江段捕捞证发放与多样性指数的相关性

依据各省市捕捞证年发放数,对安徽(安庆)、江苏(常熟)、上海河口(崇明)江段的多样性指数 H' 进行相关分析:结果表明安庆、常熟、崇明的年度 H' 指数与捕捞证年发放数具线性关系,均呈负相关.相关系数 r 分别为-0.97、-0.97、-0.80,其中安庆、常熟的 H' 与捕捞证数负相关密切,而崇明负相关程度较差.各年间捕捞证发放数(表4).

表4 2001-2004年间捕捞作业证核准数*

Tab.4 Approved number of fishing licence during 2001-2004

捕捞品种	捕捞证发放(张)											
	2001年			2002年			2003年			2004年		
	上海	江苏	安徽	上海	江苏	安徽	上海	江苏	安徽	上海	江苏	安徽
河蟹	60	90	100	33	95	70	2	90	49	4	68	3
鳊苗	1340	0	0	1340	0	0	1478	0	0	2108	0	0
刀鲚	220	1250	1150	220	1020	1000	220	1020	1000	179	965	936
凤鲚	169	34	0	250	50	0	278	50	0	192	50	0
年发证数小计	1789	1374	1250	1843	1165	1070	1978	1160	1049	2483	1083	939

*数据由捕捞证核发单位“长江渔业资源管理委员会”提供.

3 讨论

影响生物多样性的变数很多,如水文气候、生态位的宽窄、生境异质性、物种所获能量的分配与竞争、捕食、进化时间及其它干扰因素均会对群落多样性产生影响.本文基于上述变数处于相对稳定的假设下,来探讨春禁前1年、后3年由于禁捕对物种多样性的影响.

3.1 采样网具与方法的选定

长江下游主要作业网具有拖网、流刺网及定置张网三类,拖网用于捕捞流动速度较快的鱼类,也用来捕捞中华绒螯蟹(底拖网),考虑到保持一定的拖速,网目不能设置过小,故不适宜捕捞小型鱼类.流刺网主要用于捕捞一些中上层的小型鱼类如凤鲚、刀鲚,该网具无法捕捞底层鱼类,因此这两种网具均有一定的选择性.张网是一种诱鱼入网的定置性网具,由于该网具在水下不移动,不用考虑拖速,可设置成小网目,所以它对捕获对象无选择性,因此,本研究选择了张网进行采样,它还具有采样成本低,取样方便可控性较好之优点.采用定置张网不足点是该网具不能布置在江心或航道内,因此渔获中大中型鱼类出现几率相对要小些^[13].但事实上就渔业捕捞来讲还没有一种绝对无选择性的网具.有学者赵利华^[14]采用张网渔具对杭州北岸带游泳动物群落的分布、组成和多样性进行了研究.本项调查在2001-2004年4-6月间开展,采用了同规格网具,并保持了采样地点、时间和频率的一致,因此对群落多样性指数进行年间系列比较还是可信的,具参考价值.

3.2 多样性指数的选用分析

1943年,Williams在研究鳞翅目昆虫物种多样性时,首次提出了“多样性指数”的概念,之后大量有关群落物种多样性的概念、原理及测度方法的论文和专著被发表.综合指示性、敏感性和适应性,目前Shannon、Simpson、Margalef、Pielou等指数被广泛用于对群落中物种多样性的测定.本文应用了上述指数,凌去非^[15]报道当样本中个体差异较大时,会造成 H' 与 H'' 的显著差异,因此,本文中采用了物种数量和物种生物量进行并列统计,结果表明安庆江段的 H' 与 H'' 确实存在显著差异.孙军^[16]报道群落中稀有物种的存在会使Margalef指数失去对浮游植物群落多样性的判断能力,根据本文研究发现该指数可应用于鱼类群落物种描述,其原因可能是鱼类物种的分布不同于藻类分布,鱼类群落中的优势种与其它物种的丰度差不同于藻类那样悬殊.为了避免单种指数可能造成的不真实,本文引入了McNaughton指数以便与Simpson指数对照,结果表明这两种指数在鱼类群落中均有很好的敏感性.对反映同一类特征的指数按月份进行差异性 t 检验, H' 和 H'' 以及 D_n 、 D_w 按月配对 t 检验:虽然常熟、崇明无显著差异.但由于安庆江段出现了显著差异,因此我们认为还是应首选 H'' 和 D_w 的指示性,以生物量为基础表达不同物种的能量分布更趋合理.

3.3 春禁期长江下游生物多样性的变动与分析

施炜纲^[13]报道了1990-1999年间长江下游江段生物多样性的变动趋势,结论为多样性指数(Shannon)呈下降趋势,优势度指数(McNaughton)有一定程度的上升,优势种前6位分别为杂虾、青虾、条、吻鮰、蛇鮰、黄颡鱼.群落中物种多样性有一定程度的丧失,下游江段鱼类小型化现象严重.实施长江春季禁渔后,我们再次审视物种多样性指数,在春禁期内安庆、常熟江段的信息指数Shannon已呈上升趋势(图1a;1b),崇明江段上升不明显,从均匀性指数Pielou也得到了间接证明(图1c),同样丰盛度指数Margalef也同步证明了这一点.信息指数Shannon是一种用来表达物种结构复杂程度及均匀程度的指标,该指数最高,则群落结构越复杂,多样性越高,系统越稳定,耐受外界冲击的能力就越强^[17-19].从该角度来看,安庆、常熟江段多样性指数的上升趋势是我们所期望的,它表明两江段水生动物群落结构正逐步趋于复杂化,物种多样性逐步上升,鱼类群落正趋向稳定,崇明虽无明显上升,但下落趋势尚不明显.

安庆、常熟江段的优势度指数Simpson趋于稳定和一致(图1e),表达为群落中物种正在形成新的平衡,从渔获结构组成可见(表3),这两个江段的优势种中又出现了鲤、鲫、鳊、鲢等传统经济鱼类,与1990-1999年优势种杂虾、青虾、条相比^[13],反映了江段上渔获品种结构正在改善,经济鱼类数量明显增多,两江段渔获规格略有下降,主要是春禁保护了大量繁殖亲体,导致鱼苗数量增加所致.从优势度指数McNaughton的表现看也与Simpson指数(亦称:优势度指数)完全一致(图1e;f).春禁期崇明的优势度指数Simpson和McNaughton均呈上升势头,从春禁年间优势种(表3)来看,为凤鲚、龙头鱼、刀鲚、鰕虎鱼.河口区是一较特殊的水域,历来以小型鱼类为主体,但生物量很高,如果当前优势种保持不变,在优势度指数保持稳定的同时,信息指数Shannon上行,则是群落物种多样性趋优的表现.而当前该水域优势度指数尚未趋稳,信息指数尚未明显上升,因此应结合优势物种的变化加强日后监测.

首先从信息指数、均匀性指数、丰盛度指数、优势度指数看,(即从群落中物种复杂多样化程度、物种的均匀性、丰盛性和优势度分析),春禁后安庆和常熟有明显趋优并趋于稳定,崇明在一个窄幅范围中波动,

尚未趋于稳定.其次从捕捞证发放数与 H' 的相关分析表明安庆、常熟的 H' 与捕捞证数呈负相关密切,而崇明负相关程度就较差,以上两点反映了一个信息,即春禁后安徽、江苏江段的效果优于河口区.

造成这一现象的可能原因:1)该水域捕捞强度的下降不如安庆和常熟,因春季禁渔线被划定在河口区南汇嘴至启东嘴连线以西(即:东经 $121^{\circ}52'$ 以西一线),而在该线东侧照样可进行捕捞,原该线西侧的捕捞船有向东侧转移的现象发生,捕捞证发放数不包括这部分捕捞船,实质上河口区的捕捞强度尚未像长江内河江段那样得到较有效的遏制,因此也表现为捕捞证实际发放数与 H' 负相关不够密切.2)虽然4-6月下游江段(含河口区)实施了禁捕,但在春禁期内对长江洄游性的鱼、蟹类的捕捞仍实行凭证捕捞.恰好洄游性的鱼、蟹类的捕捞区又主要集中在河口区,如每年2-4月的鳊苗捕捞,3-5月的刀鲚捕捞,5-6月的蟹苗捕捞,4-7月的凤鲚捕捞,11-12月的河蟹亲体捕捞,全发生在河口区.河口区的捕捞证发放数两倍于江苏和安徽江段(表4),这也从侧面说明了春禁的实际效果及对生物多样性的保护作用在很大程度上取决于捕捞强度,在安徽、江苏通过捕捞证发放数与多样性指数的相关性的分析也表明了两者存在显著的相关性.而河口区除了实际捕捞强度因素外,加之河口区面临的海水倒灌、深水航道的建造及崇明北滩的积淤等环境变化,均影响到水域群落中物种的多样性、分布、丰度及春禁期捕捞努力量与多样性指数的相关密切程度.

3.4 维系群落生物多样性

确保“长江春禁”效果的几点建议:1)建议春禁禁捕区线东移至河口区余山(即 $122^{\circ}15'$)一线、对资源已出现危机的洄游性鱼蟹类实施禁捕,从而减缓河口区的捕捞压力.2)改善渔政设备,严防电、毒、炸等偷捕事件,严格执法.基层渔政通常是在一线的执法管理队伍,应不断提高渔政管理人员自身素质,还在实行自收自支的基层渔政应该逐步转向收支两条线,保证执法的严肃性、公正性.3)做好渔民转产转业工作,进一步降低春禁期以外各江段上的捕捞强度.在春禁期内做好低保线以下渔民的低保金落实工作.4)大量的鱼苗发生恰逢春禁期间,沿江各通江湖泊应适时开展灌江纳苗工作.

4 参考文献

- [1] 陈大庆,段辛斌,刘绍平等.长江渔业资源变动和管理对策.水生生物学报,2002,26(6):685-690.
- [2] 施炜纲.近年来长江中下游河蟹资源变动特征及原因.淡水渔业,1992,(2):39-28.
- [3] 施炜纲,周昕,杜晓燕.长江中下游中华绒螯蟹亲体资源动态研究.水生生物学报,2002,26(6):641-647.
- [4] 赵志模.群落生态学原理和方法.重庆:科学技术文献出版社,1989:147-172.
- [5] 夏铭.生物多样性研究进展.东北农业大学学报,1999,30(1):94-100.
- [6] 钱迎倩,马克平.生物多样性研究的原理与方法.北京:中国科学技术出版社,1994:141-165.
- [7] Shannon C E & Wiener W J. The mathematical theory of communication. University of Illinois. Urbana, 1949:117.
- [8] Wilhm J L. Use of biomass units in Shanno's formula. *Ecology*, 1968, (49):153-156.
- [9] Margalef D R. Information Theory in Ecology. *Gen Syst*, 1957, 3:36-71.
- [10] Simpson E H. Measurement of diversity. *Nature*, 1949, 153:688.
- [11] Pielou E C. Ecological Diversity. New York: Wiley, 1975:1-165.
- [12] Mcnaughton S J. Diversity and stability. *Nature*, 1988, 233:204-205.
- [13] 施炜纲,王博,王利民.长江下游水生动物群落生物多样性变动趋势初探.水生生物学报,2002,26(6):654-661.
- [14] 赵利华.杭州湾北岸带游泳动物群落的分布、组成、丰度和多样度的季节变化.上海:上海科学技术出版社,1995:194-196.
- [15] 凌去非,李思发.长江天鹅洲故道鱼类群落种类多样性.中国水产科学,1998,5(2):1-5.
- [16] 孙军,刘东艳.多样性指数在海洋浮游植物研究中的应用.海洋学报,2004,26(1):62-75.
- [17] 王献薄,刘玉凯.生物多样性的理论与实践.北京:中国环境科学出版社,1994.
- [18] Hopkinson P, Travis J M J, Prendergast J R, et al. A preliminary assessment of the contribution of nature reserves to biodiversity conservation in Great Britain. *Animal Conservation*, 2000, 4: 311-320.
- [19] Moreno J C, Castro I, Humphries C J, et al. The conservation of biodiversity in the Iberian Peninsula and the Balearic Islands. *Quercus*, 1998, 144: 19-22.