

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2018.17346

黄渤海蓝点马鲛繁殖群体渔业生物学特征研究

牟秀霞¹, 张弛¹, 张崇良¹, 徐宾铎¹, 薛莹¹, 田永军¹, 任一平^{1,2}

1. 中国海洋大学水产学院, 山东 青岛 266003;

2. 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室, 山东 青岛 266237

摘要: 利用 2016 年 4—5 月、2017 年 4 月在黄、渤海调查采集的 350 尾蓝点马鲛(*Scomberomorus niphonius*)繁殖群体的生物学数据, 对该繁殖群体的生物学特征进行了分析研究。结果表明: 该繁殖群体的叉长范围为 406~1010 mm, 体重范围为 533~7245 g, 年龄组成为 1~10 龄, 其中 1 龄与 2 龄个体分别占总数的 39.2%与 33.7%。采用 Von Bertalanffy 生长方程表示其生长特性, 生长参数分别为 $L_{\infty}=1246.9$ mm, $K=0.11$; 雌雄性比为 1:1.49, 3 龄前雄性个体数占优势, 3 龄后雌性个体数占优势。蓝点马鲛的产卵期在 4~6 月, 产卵盛期为 4~5 月; 其绝对繁殖力范围为 9.2~127.5 万粒/尾, 平均 50.5 万粒/尾; 绝对繁殖力随着年龄、叉长的上升逐渐增大, 7 龄后出现衰退现象。蓝点马鲛的优势饵料生物为玉筋鱼(*Ammodytes personatus*)、细螯虾(*Leptochela gracilis*)。与历史记录比较, 蓝点马鲛低龄化、小型化现象更加突出, 摄食结构改变, 繁殖期提前, 繁殖力水平有减小的趋势。

关键词: 蓝点马鲛; 繁殖群体; 年龄; 生长; 繁殖力; 摄食

中图分类号: S917

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2018)06-1308-09

蓝点马鲛(*Scomberomorus niphonius*)是中上层鱼类, 隶属于鲈形目(Perciformes)、鲭科(Scombridae)、马鲛属(*Scomberomorus*), 具有较高的经济价值, 广泛分布于中国东海、黄海和渤海, 曾是黄渤海唯一渔获量超过 10×10^4 t 的大型中上层经济鱼类资源^[1-2]。多年来, 蓝点马鲛遭受的渔业捕捞压力持续增加, 作业方式更加多样, 渔期、渔场不断延长扩张, 形成全方位、多样化的捕捞^[2]。由于过度捕捞、生态环境污染、饵料短缺以及海岸不断增加工程建设等原因, 黄渤海蓝点马鲛种质资源已处于严重威胁中^[2]。

20 世纪 80—90 年代, 中国多名学者围绕蓝点马鲛的生长^[1,3]、摄食^[4-5]、繁殖^[6-7]等渔业生物学^[8]特性展开了研究, 而 21 世纪以来关于蓝点马鲛渔业生物学特征的研究报道较少。2009 年孙本晓^[2]曾对蓝点马鲛资源现状做过相关研究, 但近年来对黄渤海蓝点马鲛繁殖群体的渔业生物学特征

研究还未见报道。为了解高捕捞压力下黄渤海蓝点马鲛繁殖群体的现状, 摸清其渔业生物学特征, 有必要对其繁殖群体的年龄结构、摄食、繁殖等等渔业生物学特征进行深入研究。因此, 本文利用 2016 年与 2017 年春季在黄渤海海域采集的蓝点马鲛样本的生物学数据, 对蓝点马鲛繁殖亲体的渔业生物学特征进行研究, 以期全面了解黄渤海蓝点马鲛繁殖生物学特性以及该资源补充特征和规律, 为该资源的保护以及可持续利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集

蓝点马鲛样品均采样于渔业生产船, 采样时间为 2016 年 4—5 月与 2017 年 4 月, 期间根据蓝点马鲛渔业生产情况选定采样地点, 由南往北依次为大洋港、青岛、三山岛。大洋港样品来自海

收稿日期: 2017-09-22; 修订日期: 2017-11-13.

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金资助(201562030).

作者简介: 牟秀霞(1994-), 女, 硕士研究生, 从事渔业资源生物学研究. E-mail: 907439453@qq.com

通信作者: 任一平, 教授, 从事渔业资源研究. E-mail: renyip@ouc.edu.cn

区 122.3°~123.5°E, 32.5°~33.5°N; 青岛样品来自海区 120.5°~122.5°E, 34.5°~35.5°N; 三山岛样品来自海区 119°~120°E, 37.5°~38.5°N (图 1)。约每周采样 1 次, 总计采集样本 350 尾。

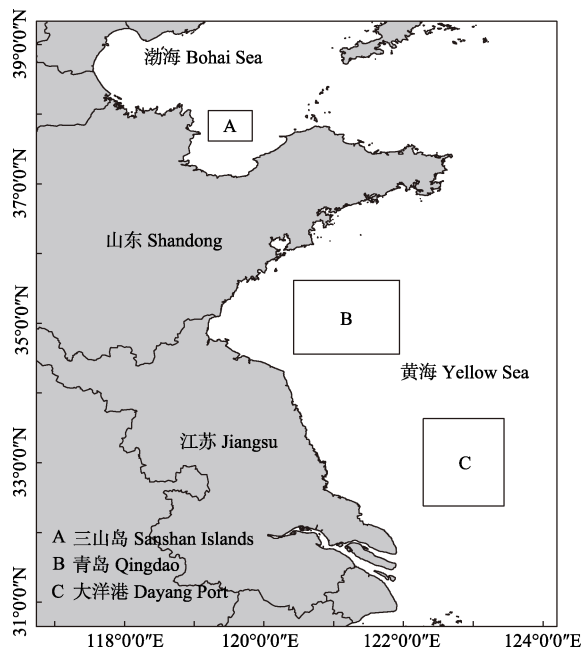


图 1 黄渤海蓝点马鲛采样地点示意图

Fig. 1 Sampling stations in Yellow Sea and Bohai Sea

1.2 样品分析

样品分析均按照《海洋调查规范》(GB/T12763-2007)进行。在实验室内进行样本的常规生物学测定, 包括叉长、体重、纯体重、性腺重, 并判定性腺成熟期(V 级划分法)和摄食强度等级。

共获取 306 尾耳石用于年龄鉴定。耳石浸入甘油以增加透光性, 在体视显微镜下观察年轮, 根据耳石轮纹鉴定年龄^[9]。采用 von Bertalanffy 生长方程 $L_t = L_\infty(1 - e^{-K(t-t_0)})$ 拟合其生长特性, 其中, L_t 为 t 龄时的叉长; L_∞ 为渐近叉长; K 为生长系数; t_0 为理论初始年龄。生长参数 L_∞ 、 K 根据年龄-叉长数据, 采用 R 软件中的 FSA 程序包拟合^[10]。

共分析 215 尾蓝点马鲛胃含物样品。先用吸水纸吸去胃含物表面水分, 再在解剖镜下鉴定饵料生物的种类(鉴定到最低分类单元), 并分别计数和称重。

选取 52 尾性腺成熟度达到Ⅳ期的蓝点马鲛

卵巢进行繁殖力测定, 在卵巢的前、中、后部分别取样 1 g, 计算卵粒数目 e , 用质量比例法计算其个体绝对繁殖力以及单位叉长的相对繁殖力与单位体重的相对繁殖力。

1.3 数据分析

性腺指数 GSI 计算公式分别为:

$$GSI = \frac{GW}{NW} \times 100\%$$

式中, GW 为性腺质量, NW 为纯体重。

用饵料生物的重量百分比(W%)、尾数百分比(N%)、出现频率(F%)和相对重要性指标(IRI)来评价鱼类各种饵料的重要性, 计算公式如下:

$$\text{质量百分比 } W\% = \frac{\text{某饵料生物质量}}{\text{全部饵料生物总质量}} \times 100$$

$$\text{个数百分比 } (N\%) = \frac{\text{某饵料生物个数}}{\text{全部饵料生物总个数}} \times 100$$

$$\text{出现频率 } (F\%) = \frac{\text{某饵料生物出现次数}}{\text{非空胃个数}} \times 100$$

个体绝对繁殖力(F)以及单位叉长的相对繁殖力(F_L)与单位体重的相对繁殖力(F_G)计算公式如下:

$$IRI = F\% \times (W\% + N\%)$$

$$F = e \times GW$$

$$F_L = F / NW$$

$$F_G = F / NW$$

式中, GW 表示性腺重量, NW 表示纯体重。

运用 F 检验进行雌、雄个体年龄叉长数据差异显著性检验, 检验过程通过 Excel 2013 完成。

2 结果

2.1 年龄与生长

2.1.1 年龄结构 该群体年龄组成为 1~10 龄(图 2)。优势年龄为 1 龄与 2 龄, 其所占总数的百分比分别为 39.2%与 36.7%, 其他年龄组个体所占百分比均不足 5% (图 2)。雌性群体的年龄组成为 1~10 龄, 其平均年龄为 4.15 龄; 雄性个体的年龄组成为 1~7 龄, 平均年龄为 1.79 龄。

2.1.2 叉长、体重组成 本研究共测得蓝点马鲛样本 350 尾, 叉长范围为 406~1010 mm, 优势叉长组为 450~550 mm, 所占百分比为 59.42%,

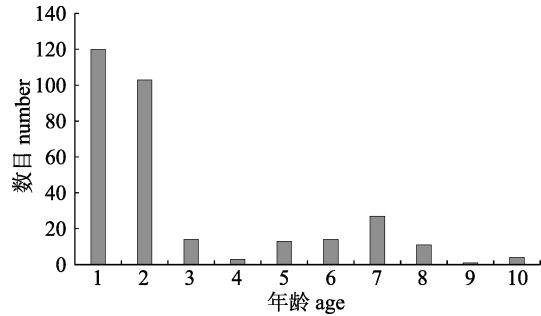


图 2 蓝点马鲛繁殖群体的年龄结构
Fig. 2 The age structure of reproductive population of *Scomberomorus niphonius*

平均叉长为 529.24 mm; 体重范围为 533~7245 g, 优势体重组为 500~1000 g, 所占百分比为 52%, 平均体重为 1926.4 g。蓝点马鲛各年龄组平均叉长与体重随着年龄的增长而不断增大(表 1)。

表 1 蓝点马鲛叉长、体重与年龄的关系 Tab. 1 The relationship between age and fork length and body weight of <i>Scomberomorus niphonius</i>					
年龄 age	数量 number	叉长/mm fork length		体重/g body weight	
		范围 range	平均值 mean	范围 range	平均值 mean
1	120	405–552	459.1±21.3	534–981	766.6±93.1
2	103	445–585	510.1±29.3	708–1499	1068.2±162.7
3	14	480–635	576.0±40.0	1304–2238	1564.5±265.2
4	3	694–724	707.0±15.4	2361–2888	2670.6±275.4
5	13	655–854	764.5±56.3	2308–5005	3537.0±82.1
6	14	721–824	761.1±29.3	2863–4479	3440.1±484.0
7	27	754–908	810.8±38.9	3335–6537	4086.3±765.7
8	11	774–900	842.7±47.5	3517–5371	4632.0±616.9
9	1	955	955.0	7183	7183.0
10	3	905–1010	971.7±79.5	5650–7245	6326.7±937.4

2.1.3 生长 根据年龄叉长数据进行雌雄差异显著性 F 检验, 结果表明各年龄组雌雄个体间的叉长差异性不显著($P>0.05$), 因而将雌雄年龄-叉长数据一起分析。蓝点马鲛叉长-体重呈幂指数增长关系, 根据公式 $W=aL^b$ 拟合蓝点马鲛叉长-体重关系, 经回归分析得出条件因子 $a=1\times10^5$, 幂指数 $b=2.924(R^2=0.985, N=216)$ 。由于蓝点马鲛的 $b\approx3$, 说明蓝点马鲛属于匀速生长鱼类, 故可采用 Von Bertalanffy 描述其生长规律。基于个体每个年龄级的平均叉长数据, 通过 R 软件中的 FSA 程序包拟合出其生长参数为 $L_{\infty}=1246.9$ mm,

$K=0.11, t_0=-3.10$ 。故其叉长生长方程为: $L_t=1246.9\times(1-e^{-0.11(t+3.10)})$ 。图 3 是根据生长方程绘制的蓝点马鲛叉长生长曲线。

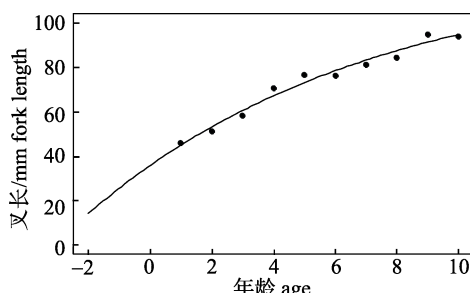


图 3 蓝点马鲛叉长生长曲线
Fig. 3 Growth curves in fork length of *Scomberomorus niphonius*

2.2 繁殖习性

2.2.1 性比 分析样本共 350 尾, 鉴定出雌性 146 尾, 雄性 204 尾。雌雄性比为 1 : 1.49。性比随年龄、叉长和体重变化情况如图 4 所示, 1 龄个体雄性显著多于雌性, 雌雄比为 1 : 4.44; 2 龄个体雌雄性比为 1 : 1.35; 3 龄后雄性个体数目减少, 雌雄比例上升, 3 龄雌雄性比为 2.5 : 1, 高于 3 龄个体的雌雄性比为 7.43 : 1。个体较小时, 雄性个体多于雌性, 个体的叉长大于 500 mm、体重大于 1500 g 时, 雌性个体多于雄性。

2.2.2 性腺发育 4 月上旬、中旬蓝点马鲛样品均采自大洋港, 4 月上旬性腺主要以Ⅱ期、Ⅲ期个体为主, 分别占样本总量的 48.84%与 34.88%, 并伴随少量Ⅳ期与Ⅴ期发育个体, 此时平均 GSI 为 1.86%; 4 月中旬主要以Ⅴ期个体为主, 所占比例高达 94%, 其余为产卵后的Ⅵ期个体, 此时平均 GSI 上升至 4.60%; 4 月下旬样本采集于大洋港和青岛, 性腺发育成熟度为Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ期, 此时平均 GSI 指数为 5.45%; 5 月上旬样本采自青岛, 性腺发育主要以Ⅳ、Ⅴ为主, 所占比例分别为 50%与 33.33%, 其他为Ⅳ期个体, 平均 GSI 为 6.62%; 五月中、下旬样本采自青岛与三山岛, 性腺以Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ期个体为主, 同时存在少量Ⅲ期个体, 此时平均 GSI 为 7.77%与 8.51%(图 4, 图 5)。5 月下旬的样本中仍有部分Ⅳ期个体, 且 GSI 指数未出现下降趋势, 所以推测其产卵活动将会持续到

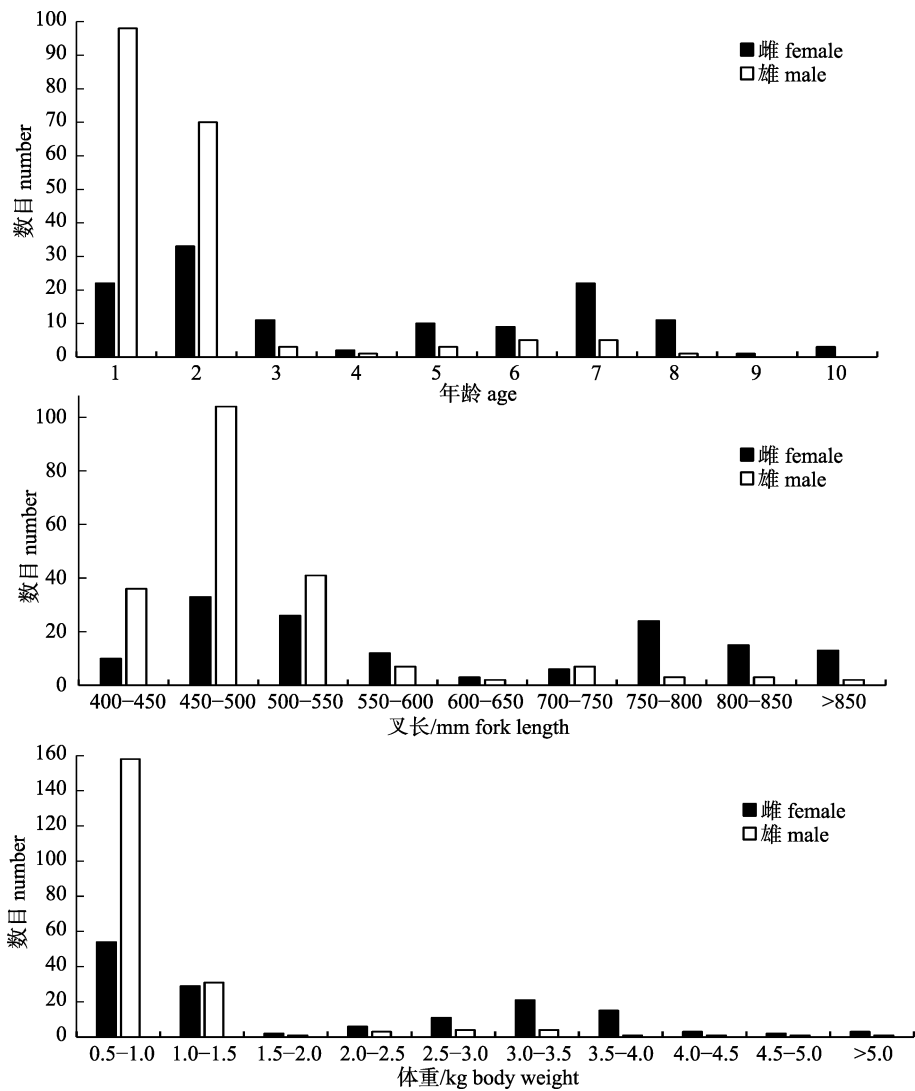


图 4 蓝点马鲛随年龄、叉长、体重的数量变化
Fig. 4 Number variation with age, fork length and body weight of *Scomberomorus niphonius*

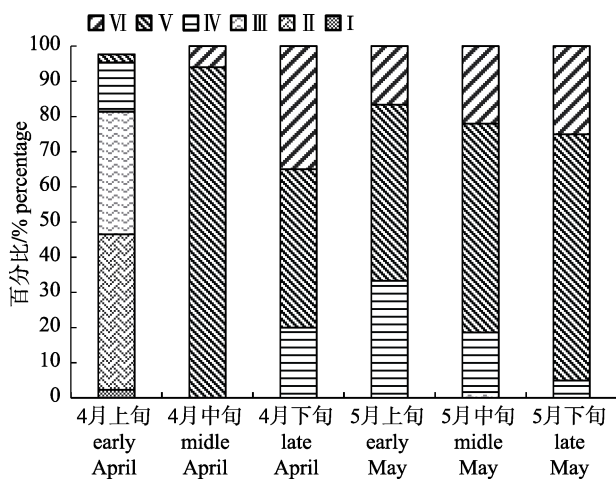


图 5 蓝点马鲛性腺各成熟期所占比例的时间变化
Fig. 5 Variation of the percentage at different maturity stages for the *Scomberomorus niphonius* with time

6 月。由此, 蓝点马鲛在黄渤海的繁殖期为 4—6 月, 繁殖盛期为 4 月中旬至 5 月下旬。

2.2.3 繁殖力 共选择 52 尾蓝点马鲛(卵巢发育 IV 期、V 期)观测其繁殖力。其叉长范围为 479~1010 mm, 体重范围为 891~7245 g。结果表明, 蓝点马鲛产卵群体的绝对繁殖力范围为 9.2~127.5 万粒/尾, 平均 50.5 万粒/尾; 叉长相对繁殖力范围为 149.4~1183.5 粒/mm, 平均叉长相对繁殖力为 665.8 粒/mm; 体重相对繁殖力范围为 67.5~321.5 粒/g, 平均体重相对繁殖力为 160.9 粒/g。

蓝点马鲛个体绝对繁殖力在不同年龄阶段存在较大差异(表 2), 1 龄和 2 龄个体的绝对繁殖力最低, 其个体绝对繁殖力为 9.2~25.9 万粒/尾,

随着个体增长, 3、4 龄个体的绝对繁殖力增大至 19.8~81.8 万粒/尾, 5、6 龄个体的绝对繁殖力最高, 为 16.6~127.5 万粒/尾, 但 7 龄后个体的绝对繁殖力有所下降。单位叉长繁殖力与单位体重繁殖力随年龄的变化呈现出相似的趋势。此外, 蓝点马鲛个体绝对繁殖力随叉长的增长而增大: 叉长小于 600 mm 时, 个体繁殖力为 11.4~22.4 万粒/尾, 平均为(17.6±9.5)万粒/尾; 叉长大于 600 mm 时, 个体繁殖力明显增大, 为 50.9~73.1 万粒/尾, 平均为(72.2±31.3)万粒/尾, 维持在较高的水平(图 6)。

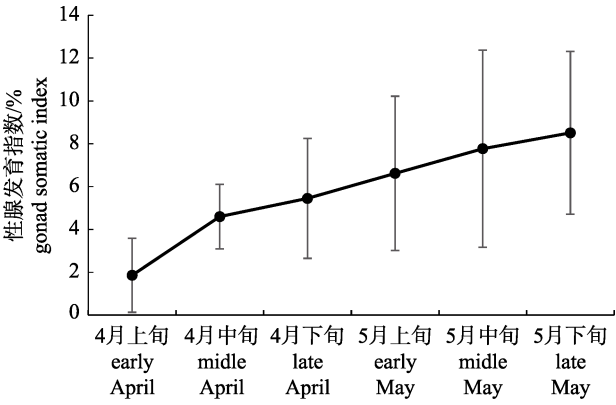


图 6 蓝点马鲛性腺发育指数 GSI 的时间变化
Fig. 6 The gonad somatic index (GSI) time change of *Scomberomorus niphonius*

表 2 蓝点马鲛各年龄的个体绝对繁殖力与相对繁殖力
Tab. 2 Individual absolute and relative fecundity at different age groups of *Scomberomorus niphonius*

年龄 age	绝对繁殖力/(万粒/尾) individual absolute reproductive capacity		单位叉长繁殖力/(粒/mm) relative fecundity		单位体重繁殖力/(粒/g) relative fecundity		样本数 number of specimens
	范围 range	平均值 mean	范围 range	平均值 mean	范围 range	平均值 mean	
1	91.6–129.4	110.5±3.9	185.9–264.2	225.1±79.7	101.9–145.3	123.6±48.7	2
2	77.4–259.1	149.3±6.1	149.4–541.0	283.9±125.3	70.8–247.3	127.2±64.7	9
3	197.9–430.5	278.5±10.9	317.2–772.9	489.2±208.9	90.0–321.5	186.7±111.4	4
4	265.1–818.4	541.7±27.7	377.1–1179.3	778.2±401.3	112.2–296.2	204.2±115.9	2
5	466.4–824.7	625.2±15.7	635.4–1051.9	833.6±94.8	159.3–244.3	200.2±42.1	4
6	564.4–1275.2	743.2±24.1	780.6–1547.7	1091.3±274.0	186.3–284.7	231.3±42.8	6
7	327.9–892.4	616.7±17.9	390.4–1104.5	766.2±229.5	67.5–217.7	157.2±56.6	18
8	346.2–1069.6	544.3±40.7	424.8–1188.5	632.6±486.8	72.5–199.4	114.7±119.4	7

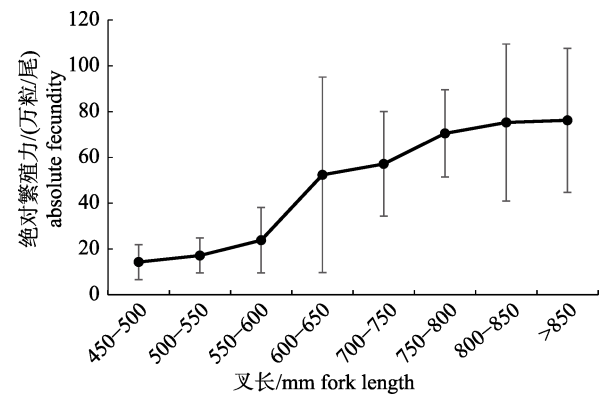


图 7 蓝点马鲛个体绝对繁殖力随叉长的变化
Fig. 7 Variation of absolute fecundity with increasing of fork length for *Scomberomorus niphonius*

2.3 摄食

蓝点马鲛摄食的饵料生物包括 6 个类群(表 3), 根据百分比相对重要性指数(IRI%), 鱼类是其最

主要的饵料生物类群(63.76%), 其次是虾类(33.17%)、端足类(1.23%)、桡足类(1.11%), 其他类别 IRI%均不足 1%。从蓝点马鲛摄食饵料生物种类分析, 其饵料生物包括 26 种, 其中玉筋鱼的 IRI%最高(39.74%), 其次是细螯虾、鳀(*Engraulis japonicus*)、中国毛虾(*Acetes chinensis*)等。

3 讨论

3.1 年龄与生长特性

1960—1993 年蓝点马鲛群体优势年龄组为 2 龄、3 龄, 分别占总数的 38.09%与 27.50%^[7]。2006—2008 年蓝点马鲛产卵群体优势年龄组为 1 龄、2 龄, 分别占总数的 32%与 20.62%^[2]。本研究蓝点马鲛的优势年龄组也为 1 龄、2 龄, 但所占比例明显提高, 分别占总数的 39.2%与 36.7%。

表 3 黄渤海蓝点马鲛食物组成
Tab. 3 Diet composition of *Scomberomorus niphonius* in the Bohai Sea and Yellow Sea

饵料种类 prey item	质量百分比/% W	个数百分比/% N	出现频率百分比% F	相对重要性指数 IRI	相对重要性指数 百分比/% IRI
鱼类 Pisces	87.71	18.23	86.54	3398.50	63.76
玉筋鱼 <i>Ammodytes personatus</i>	61.69	11.81	39.74	2921.51	54.81
鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	20.33	2.29	19.23	435.16	8.16
方氏云鳐 <i>Pholis fangi</i>	0.72	1.91	7.69	20.26	0.38
小沙丁鱼属 <i>Sardinella</i>	3.56	0.08	1.92	7.01	0.13
鲛 <i>Liza haematocheila</i>	0.17	1.10	3.85	4.89	0.09
不可辨认鱼 unidentified pisces	0.18	0.55	6.41	4.66	0.09
虾虎鱼科 Gobiidae	0.58	0.34	4.49	4.12	0.08
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	0.41	0.04	1.28	0.58	0.01
李氏鲻 <i>Repomucenus richardsonii</i>	0.08	0.08	1.92	0.31	0.01
虾类 Decapoda	10.82	62.47	52.56	1767.84	33.17
细螯虾 <i>Leptochela gracilis</i>	8.71	47.51	28.21	1585.75	29.75
中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	2.05	13.39	11.54	178.15	3.34
不可辨认虾 unidentified decapoda	0.02	0.68	2.56	1.79	0.03
疣背宽额虾 <i>Latreutes planirostris</i>	0.01	0.04	1.28	0.07	0.00
口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>	0.00	0.04	1.28	0.05	0.00
糠虾类 Mysidacea	0.01	0.17	3.21	0.56	0.01
头足类 Cephalopoda	1.13	0.42	7.05	2.78	0.05
枪乌贼 <i>Loligo</i> sp.	0.63	0.08	1.92	1.38	0.03
双喙耳乌贼 <i>Sepiola birostrat</i>	0.45	0.08	1.28	0.69	0.01
乌贼科 Sepiidaes	0.04	0.21	2.56	0.65	0.01
耳乌贼属 <i>Sepiola</i>	0.01	0.04	1.28	0.06	0.00
端足类 Amphipoda	0.28	7.05	8.97	65.80	1.23
钩虾属 <i>Gammaridea</i>	0.00	0.38	1.92	0.74	0.01
细拟长脚蛾 <i>Parathemisto gaudichaudi</i>	0.28	7.05	8.97	65.80	1.23
桡足类 Copepods	0.01	6.16	9.62	59.33	1.11
哲水蚤 <i>Calanidae</i>	0.01	6.16	9.62	59.33	1.11
其他 others	0.05	5.65	7.69	35.98	0.68

20 世纪 60 年代初期, 蓝点马鲛繁殖群体平均叉长为 560~590 mm^[11]; 80 年代末期, 平均叉长为 466~598 mm^[12]; 20 世纪 90 年代, 平均叉长为 574 mm^[2]; 21 世纪初期(2006—2008 年)平均叉长为 582 mm^[2]; 而本次研究的繁殖群体(2016—2017 年)平均叉长为 554 mm。总体趋势显示近年来蓝点马鲛低龄化、小型化现象有所加剧。近年来网具的更新、捕捞技术的改进^[13]及捕捞努力量的增加, 使蓝点马鲛的捕捞压力增大, 导致其资源量下降, 从而使蓝点马鲛群体的低龄化、小型化现象突出。捕捞压力改变鱼类生存环境, 鱼群

为保持种群的延续, 适应环境的改变发生自适应进化响应^[14], 表现为幼鱼的生长速度相对加快^[2]、1 龄个体性成熟比例增加(其中 1 龄个体中雌鱼 68.2%、雄鱼 92.9%已达到性成熟)等, 这可能就是生物适应环境的本能。但在巨大的捕捞压力下, 这种本能对资源的恢复无济于事。因此, 只有减少捕捞努力量, 构建与资源的再生能力相适用捕捞努力量, 才能使资源逐步恢复, 获得可持续的产量。

3.2 摄食组成

本研究表明, 黄渤海蓝点马鲛主要以鱼类为

食, 其次是虾类, 主要饵料生物为玉筋鱼、细螯虾、鲢、中国毛虾。同历史研究相比, 蓝点马鲛的优势饵料组成发生了变化。20 世纪 80 年代, 黄渤海海域的蓝点马鲛主要以鲢鱼为食, 鲢作为蓝点马鲛的饵料生物占有绝对优势地位^[5, 15-16]。而本研究表明, 鲢虽仍为蓝点马鲛的主要饵料生物, 但其优势地位已被玉筋鱼和细螯虾所替代。自 20 世纪 80 年代以来, 鲢作为重要的捕捞与被捕食对象^[17], 其资源量已严重衰退^[18-19]。鲢资源量的衰退, 使蓝点马鲛的摄食结构发生变化, 玉筋鱼成为优势饵料生物, 同时, 虾类也成为饵料的主要成分。优势饵料生物的变化反映了黄渤海海域中饵料生物的生物量与可获得性发生了改变, 从而影响了蓝点马鲛的摄食结构, 使其营养级下降。

3.3 繁殖特征

本研究结果表明, 黄渤海蓝点马鲛产卵期在 4—6 月, 产卵盛期为 4—5 月。20 世纪 60—90 年代, 黄海中南部群体、黄海北部和渤海群体分别在 5 月上旬、中旬和下旬进入繁殖期^[7]。本研究中黄海南部、黄海中部和莱州湾群体分别于 4 月上旬、4 月中旬和 5 月中旬进入繁殖期。这一结论表明了黄渤海蓝点马鲛繁殖期的提前。水温条件在鱼类的生殖周期中至关重要^[20-21], 是鱼类产卵的信号^[22], 水温的变化能够提前或延缓鱼类性腺的成熟和产卵时间^[23]。因此, 海域的环境条件, 尤其是水温, 决定了蓝点马鲛的产卵期。据文献记载^[24], 1962—2011 年, 渤海、黄海春季平均水温整体上升的趋势非常明显, 其中渤海为 $0.129^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$, 黄海增暖趋势更加显著, 为 $0.198^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$, 因此温度的上升可能是蓝点马鲛繁殖期的提前的主要原因。

1992—1993 年黄渤海蓝点马鲛样本的平均绝对繁殖力为 97.8 万粒/尾^[6], 2006—2008 年其平均绝对繁殖力为 68.0 万粒/尾^[2], 而本研究(2016—2017 年)其平均绝对繁殖力为 50.5 万粒/尾。从不同年份间绝对繁殖力的对比可以看出, 蓝点马鲛绝对繁殖力随时间变化有减小趋势。此外, 各年龄组(1 龄除外)的绝对繁殖力、相对繁殖力也远低于历史水平, 且随着年龄的增长其下降幅度增大。而繁殖力的变化与营养条件的改变有一定关

系, 营养条件恶化时, 鱼类的绝对繁殖力就会减少^[25]。正如上文所述, 蓝点马鲛的传统饵料生物严重衰退, 其摄食条件恶化, 营养级下降, 可能对其性腺发育造成影响, 从而使其繁殖力减小。此外, 鱼类的繁殖力与个体大小有关, 绝对繁殖力与相对繁殖力均随着个体的增长而增大, 因此, 繁殖力的下降也与群体的小型化有一定关系。本研究结果表明, 蓝点马鲛的绝对繁殖力与相对繁殖力随年龄的增长而不断增大, 7 龄后出现下降趋势。高龄鱼类繁殖力下降的这一趋势在大黄鱼^[26]、带鱼^[27]、黄海鲱^[28]等鱼类繁殖力的研究中也叙述。

综上所述, 黄渤海蓝点马鲛繁殖群体的生物学特征表现为小型化、低龄化现象加剧, 产卵期提前, 繁殖力下降, 摄食结构改变、营养级下降, 以上说明蓝点马鲛仍然处于过度捕捞状态, 气候环境的变化对蓝点马鲛的洄游分布及繁殖习性产生了较大影响。因此, 应进一步研究蓝点马鲛的种群关系、洄游分布机制及资源补充及动态变化机制, 进行蓝点马鲛渔业资源评估、资源开发风险评估以及可捕量预测, 为渔业资源的保护与可持续利用提供科学依据。

参考文献:

- [1] Qiu S Y, Ye M Z. The characteristics of growth for Spanish mackerel underyearing in the Yellow Sea and Bohai Sea[J]. Journal of Fisheries of China, 1993, 17(1): 14-23. [邱盛尧, 叶懋中. 黄渤海蓝点马鲛当年幼鱼的生长特性[J]. 水产学报, 1993, 17(1): 14-23.]
- [2] Sun B X. The Current situation and conservation of *Scomberomorus niphonius* in Yellow Sea and Bohai Bay[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2009. [孙本晓. 黄渤海蓝点马鲛资源现状及其保护[D]. 北京: 中国农业科学院, 2009.]
- [3] Liu C X, Zhang X, Yang K W. Studies on the growth on the Spanish mackerel, *Scomberomorus niphonius* in the Huang-hai Sea and Bohai Sea[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1982, 13(2): 170-178. [刘蝉馨, 张旭, 杨开文. 黄海和渤海蓝点马鲛生长的研究[J]. 海洋与湖沼, 1982, 13(2): 170-178.]
- [4] Zhu D S, Wei S. The fisheries biology and management of *Scomberomorus niphonius* in Bohai, Yellow and East China Seas[J]. Marine Fisheries Research, 1983(5): 41-62. [朱德山, 韦晟. 渤、黄、东海蓝点马鲛 *Scomberomorus niphonius*

- (Cuvier et Valenciennes)渔业生物学及其渔业管理[J]. 海洋水产研究, 1983(5): 41-62.]
- [5] Wu W K. The mouthpart and feeding habits of *Scomberomorus niphonius*[J]. Acta Oceanologica Sinica, 1987, 9(4): 125-130. [武文魁. 蓝点马鲛的口器构造和摄食习性[J]. 海洋学报, 1987, 9(4): 125-130.]
- [6] Li J. Studies on food chain structure of *Scomberomorus Niphonius* in Bohai Sea[J]. Studia Marina Sinica, 1990, 31: 93-107. [李军. 渤海蓝点马鲛食物链结构的研究[J]. 海洋科学集刊, 1990, 31: 93-107.]
- [7] Qiu S Y, Ye M Z. Study on the individual fecundity of Mackrel in the Yellow Sea and Bohai Sea[J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 1994, 3(1-2): 21-26. [邱盛尧, 叶懋中. 黄渤海蓝点马鲛个体生殖力的研究[J]. 上海水产大学学报, 1994, 3(1-2): 21-26.]
- [8] Qiu S Y, Ye M Z. Studies on the reproductive biology of *Scomberomorus niphonius* in the Yellow Sea and Bohai Sea[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1996, 27(5): 463-470. [邱盛尧, 叶懋中. 黄渤海蓝点马鲛繁殖生物学的研究[J]. 海洋与湖沼, 1996, 27(5): 463-470.]
- [9] Deng J Y, Zhao C Y. Marine Fisheries Biology[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1996. [邓景耀, 赵传纲. 海洋渔业生物学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996.]
- [10] Ogle D H. Introductory Fisheries Analyses with R[M]. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 2016.
- [11] Wang Q Z. Preliminary exploration of rational utilization of *Scomberomorus niphonius* resource[J]. Marine Fisheries, 1982(2): 51-55. [王歧佐. 鲛鱼资源合理利用的初步探讨[J]. 海洋渔业, 1982(2): 51-55.]
- [12] Qiu S Y, Zhang Y K, Song A Q, et al. The fishery status of *Scomberomorus niphonius* in spring fishing seasons and rational utilization in the Yellow Sea and Bohai Sea[J]. Marine Fisheries, 1992(2): 61-63. [邱盛尧, 张元奎, 宋爱琴, 等. 黄渤海春汛鲛鱼渔业现状及其资源的合理利用[J]. 海洋渔业, 1992(2): 61-63.]
- [13] Nakajima K, Ouchi M. Ionization state of inter-stellar medium in galaxies: evolution, SFR-M*-Z dependence, and ionizing photon escape[J]. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 2014, 442(1): 900-916.
- [14] Zhu W J, Liang Z L, Xu B D. Preliminary study on the trawl fishing induced phenotypic traits selection differential on fish[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2007(1): 93-100. [朱伟俊, 梁振林, 徐宾铎. 拖网选择性引起的鱼类表型性状选择差的初步研究[J]. 海洋湖沼通报, 2007(1): 93-100.]
- [15] Deng J Y, Meng T X, Ren S M. Food web of fishes in Bohai Sea[J]. Marine Fisheries Research, 1986, 6(4): 356-364. [邓景耀, 孟田湘, 任胜民. 渤海鱼类食物关系的初步研究[J]. 海洋水产研究, 1986, 6(4): 356-364.]
- [16] Tang Q S, Ye M Z, Tang Y D, et al. The protection and exploration of Shandong offshore fish resources[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1990. [唐启升, 叶懋中, 唐元德, 等. 山东近海渔业资源开发与保护[M]. 北京: 农业出版社, 1990.]
- [17] Xue Y, Jin X S, Zhang B, et al. Diet composition and seasonal variation in feeding habits of small yellow croaker *Pseudosciaena polyactis* Bleeker in the central Yellow Sea[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2004, 11(3): 237-243. [薛莹, 金显仕, 张波, 等. 黄海中南部小黄鱼的食物组成和摄食习性的季节变化[J]. 中国水产科学, 2004, 11(3): 237-243.]
- [18] Jin X S, Johannes H, Zhao X Y, et al. Study on the quota management of anchovy (*Engraulis japonicus*) in the Yellow Sea[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2001, 8(3): 27-30. [金显仕, Johannes Hamre, 赵宪勇, 等. 黄海鳀鱼限额捕捞的研究[J]. 中国水产科学, 2001, 8(3): 27-30.]
- [19] Tang M Z, Lian D J. Fisheries administration and changes of anchovy resources in the East and Yellow Sea[J]. Marine Fisheries, 2001, 23(3): 110-112. [唐明芝, 连大军. 东黄海区鳀鱼资源变动及渔业管理[J]. 海洋渔业, 2001, 23(3): 110-112.]
- [20] Munro A D, Scott A P, Lam T J. Reproductive seasonality in teleosts: environmental influences[J]. Copeia, 1990, 1990(4): 1192.
- [21] Lam T J. Environmental influences on gonadal activity in fish[J]. Fish Physiology, 1983, 9: 65-116.
- [22] Yuan Y Y, Ye Z J, Liu Q, et al. Fishery oceanography and spatial-temporal distribution of *scomberomorus niphonius* in spring in southern yellow sea[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2009, 40(4): 506-510. [袁杨洋, 叶振江, 刘群, 等. 黄海南部春季蓝点马鲛(*Scomberomorus niphonius*)渔场海洋学特征与渔期渔场分布[J]. 海洋与湖沼, 2009, 40(4): 506-510.]
- [23] Hoar W S, Randall D J, Donaldson E M. Fish Physiology: Volume IX reproduction (Part B: Behavior and Fertility Control)[M]. London: Academic Press, 1983.
- [24] Baoleerqimuge. The long term change characteristics of China offshore sea surface temperature and its effect on coastal climate[D]. Beijing: Chinese Academy of Meteorological Sciences, 2014. [宝乐尔其木格. 中国近海海温长期变化特征及其对沿岸气候的影响[D]. 北京: 中国气象科学研究院, 2014.]
- [25] Su J X. Ichthyology and Marine Fish Culture[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1980. [苏锦祥. 鱼类学与海水鱼

- 类养殖[M]. 北京: 中国农业出版社, 1980.]
- [26] Zheng W L, Xu G Z. Studies on the reproductive biology of *Pseudosciaena crocea* in the Guanjingyang[J]. Journal of Fisheries of China, 1964, 1(1): 1-17. [郑文莲, 徐恭昭. 福建官井洋大黄鱼个体生殖力的研究[J]. 水产学报, 1964, 1(1): 1-17.]
- [27] Qiu W C, Jiang D H. Studies on the reproductive biology of *Trichiurus haumela* in the East China Sea[J]. Journal of Fisheries of China, 1965, 2(2): 13-25. [邱望春, 蒋定和. 东海带鱼 *Trichiurus haumela* (Forsk.) 个体生殖力的研究[J]. 水产学报, 1965, 2(2): 13-25.]
- [28] Tang Q S. Studies on the sexual maturity, reproductive biology and growth of *Clupea pallasii* in Yellow Sea[J]. Marine Fisheries Research, 1980(1): 59-76. [唐启升. 黄海鲱鱼的性成熟, 生殖力和生长特性的研究[J]. 海洋水产研究, 1980(1): 59-76.]

The fisheries biology of the spawning stock of *Scomberomorus niphonius* in the Bohai and Yellow Seas

MU Xiuxia¹, ZHANG Chi¹, ZHANG Chongliang¹, XU Binduo¹, XUE Ying¹, TIAN Yongjun¹, REN Yiping^{1,2}

1. College of Fisheries, Ocean University of China, Qingdao 266003, China;

2. Laboratory for Marine Science and Food Production Processes, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266237, China

Abstract: *Scomberomorus niphonius* is widely distributed in the Bohai Sea, Yellow Sea, and East China Sea. The species is of commercial importance, with an annual catch of over 100000 t in the Bohai and Yellow Seas. As the recent recession in traditional fishery resources becomes more serious, *S. niphonius* plays an increasingly important role in Chinese fisheries. Studies on the biological characteristics of *S. niphonius* were reported in the 1980s and 1990s in China, but have been rare in recent years. Information on biological characteristics such as growth and maturity may change with the recession of fishery resources. Therefore, better knowledge of *S. niphonius* biology is needed to inform the scientific management of this species in the China Sea. The biological characteristics of *S. niphonius* were studied on the basis of 350 samples of spawning stocks collected from April to May 2016 and April 2017 in the Bohai and Yellow Seas. The fork length of this spawning stock ranged from 406 to 1010 mm, and the body weight ranged from 533 g to 7245 g. The ages of *S. niphonius* ranged from 1+ to 10+ years, in which individuals of 1 and 2 years old accounted for 39.2% and 33.7% of the population, respectively. The parameters of the von Bertalanffy growth equation, L_{∞} and K , were 1246.9 mm and 0.11 yr^{-1} , respectively. The sex ratio was 1 : 1.49 (female: male) in the survey area. There are more males than females under the age of 3 years, and more females than males after age 3. The reproduction of *S. niphonius* occurs from April to June and is concentrated in April and May. Individual absolute fecundity ranged from 91.6 to 1275.2 thousand eggs/individual, and the mean value was 504.5 thousand eggs/individual. The absolute fecundity increased with age and fork length and then began to decline after 7 years old. The dominant prey organisms were *Ammodytes personatus* and *Leptochela gracilis*. *S. niphonius* tended to have a lower age structure, miniaturized body size, and decreased fecundity compared to previous studies, and there were substantial changes in their dietary composition and breeding season.

Key words: *Scomberomorus niphonius*; spawning stock; age; growth; fecundity; feeding habit

Corresponding author: REN Yiping. E-mail: renyip@ouc.edu.cn