

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2020.20040

杭州湾北部安氏白虾体长与体重关系的季节变化特征

王淼¹, 周轩¹, 洪波¹, 徐开达², 张亚洲²

1. 上海市水产研究所, 上海 200433;

2. 浙江省海洋水产研究所, 浙江省海洋渔业资源可持续利用技术研究重点实验室, 浙江 舟山 316021

摘要: 为掌握安氏白虾(*Palaemon annandalei*)的生长特性, 根据 2018 年 2 月、5 月、8 月和 11 月于杭州湾北部(30°37'N~30°47'N, 121°26'E~121°59'E)进行的张网调查数据, 利用幂函数、相对体重和单因素方差分析等方法对其体长与体重关系、肥满度等进行研究。结果显示, 安氏白虾的体长、体重组成均具有显著的季节变化特征, 从春季至冬季, 平均体长和平均体重均呈现逐渐下降的趋势, 平均体长和平均体重的季节差异显著($P<0.05$)。体长与体重关系参数 a 为条件因子, 反映出安氏白虾种群所处环境的优劣, a 值夏季最高, 冬季最低, 从春季到冬季呈现先升高后又逐渐降低的变化趋势, 参数 b 为异速生长因子, 可用来判断安氏白虾种群是否处于匀速生长, b 值表现出与 a 值相反的变化趋势。协方差分析表明, 安氏白虾体长与体重关系参数仅春季和夏季间无显著性差异($P>0.05$), 其余季节之间均存在显著性差异($P<0.05$)。安氏白虾的肥满度从春季到秋季逐渐上升, 秋季达到最高值, 冬季又降至最低值。方差分析显示, 春季和夏季间的肥满度无显著性差异($P>0.05$), 其余季节间肥满度均具有显著性差异($P<0.05$)。研究表明, 杭州湾北部安氏白虾体长与体重关系参数 a 和 b 具有显著的季节变化特征, 并且这个变化受捕食关系、捕捞压力和环境因子等方面影响。

关键词: 安氏白虾; 体长-体重关系; 季节变化; 杭州湾

中图分类号: S931

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2020)11-1325-08

安氏白虾(*Palaemon annandalei*)隶属于十足目(Decapoda)、长臂虾科(Palaemonidae)、长臂虾属(*Palaemon*), 是杭州湾海域重要的经济虾类之一。作为渔业资源的重要优势种^[1-3], 安氏白虾在张网中个体数占比高达 35.9%~75.3%, 同时, 其作为棘头梅童鱼(*Collichthys lucidus*)、龙头鱼(*Harpodon nehereus*)等重要经济鱼类的饵料生物^[4], 对维持杭州湾海域生态系统的稳定性发挥了重要的作用。每年 5 月至 10 月, 杭州湾北部张网均可捕获到安氏白虾抱卵亲虾^[5], 其生长和繁殖具有典型的季节变化特征。

体长与体重是渔业生物学最基本的研究内容之一, 在渔业资源评估、渔业生态学等领域应用

广泛, 如利用体长频率分析法可以推测虾类的生长寿命^[6], 体长和体重关系参数则可以反映生物体所处环境的优劣^[7]等。目前, 国内外关于鱼类体长与体重关系的研究报道较多, 王雪辉等^[8]研究了南海北部主要经济鱼类体长与体重关系, 朱立新等^[9]研究了基于贝叶斯方法黄海北部鳀(*Engraulis japonicus*)的体长与体重关系, 李忠炉等^[10]研究了黄渤海小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)的体长与体重关系, 并论述了造成体长与体重关系参数变化的主要原因。Stergiou 等^[11]对希腊海域 83 种鱼类的体长和体重关系进行综述, Haimovici 等^[12]对巴西南部 80 种海洋鱼类的体长与体重关系进行研究, Torres 等^[13]对西班牙加的斯湾的 76

收稿日期: 2020-02-26; 修订日期: 2020-05-13.

基金项目: 国家重点研发计划项目(2019YFD0901204); 上海市科技兴农重点攻关项目(2017-02-08-00-07-F00075); 浙江省重点研发计划项目(2019C02056).

作者简介: 王淼(1983-), 男, 硕士, 工程师, 研究方向为渔业资源生态学. E-mail: wang.m_520@163.com

通信作者: 徐开达, 高级工程师, 研究方向为渔业资源生态学. E-mail: xkd1981@163.com

种鱼类体长与体重关系进行综述等。但已有的研究对象仅仅针对鱼类,而关于虾类体长和体重关系的研究则很少见,仅在某些种类的渔业生物学研究中有所提及^[14-15]。随着近海鱼类资源衰退,虾类因其生长和繁殖迅速而成为海域的优势种类。因此,应开展针对虾类体长与体重关系的相关研究。

本研究以杭州湾北部安氏白虾的体长和体重为基础研究数据,通过比较不同季节安氏白虾体长与体重关系参数,揭示安氏白虾的种群结构特征及变化规律,并结合环境因子等探讨了造成这种变化的主要原因,以期为安氏白虾的资源保护及其可持续利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料来源

在杭州湾北部(30°37'N~30°47'N, 121°26'E~121°59'E)设置 3 个站位(图 1),利用张网定点采集安氏白虾。为使样品具有代表性,在不同水深处设置张网,其中 1 号站位设置水深 6~10 m,2 号和 3 号站位设置水深 1~3 m。

2018 年 2 月、5 月、8 月和 11 月大潮汛时用 Water Quality Meter 86031 测量各站位温度和盐

度(表 1),并随机采集 1~3 kg 安氏白虾样品带回实验室进行分析。各站位分别随机选取 100 尾安氏白虾进行体长和体重测定、雌雄鉴别,测定方法参照《海洋渔业资源调查规范》(SC/T 9403-2012)^[16]。除损耗和无法鉴定性别虾,各季节安氏白虾实测尾数为:春季 299 尾,夏季 300 尾,秋季 297 尾,冬季 274 尾。

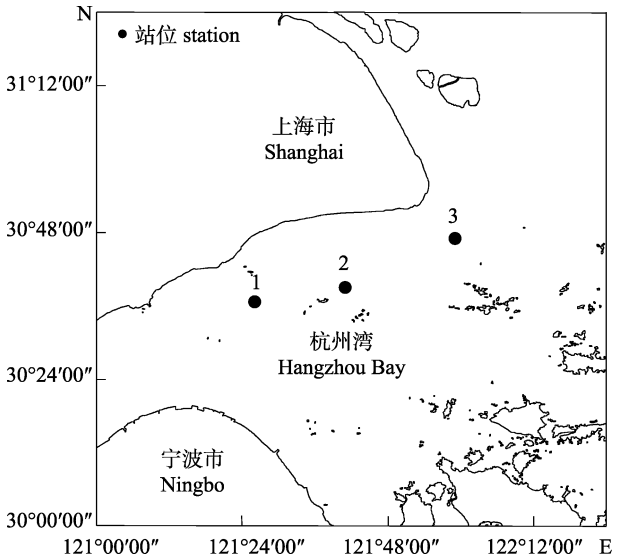


图 1 杭州湾北部张网调查采样站位示意图
Fig. 1 Map of sampling stations of stow net in northern Hangzhou Bay

表 1 杭州湾北部各站位水温和盐度
Tab. 1 Water temperature and salinity for each station in northern Hangzhou Bay

站位 station	水温/℃ temperature				盐度 salinity			
	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter
S1	19.9	30.3	17.8	8.7	13.5	13.5	12.7	14.1
S2	19.7	29.5	17.9	9.5	16.3	14.2	14.9	16.0
S3	19.2	29.7	17.3	10.1	15.8	15.4	17.0	16.3

1.2 数据处理

1.2.1 体长和体重 体长(L)为眼柄至尾节末端的直线距离,体重(W)为用吸水纸吸干水分后的湿重。体长精确至 1 mm,体重精确至 0.001 g,分别以 3 mm 和 0.2 g 为组距对体长和体重进行分组,将组内个体数占总个体数比例最高的组定义为优势体长组和优势体重组。体长和体重的变异系数(CV)是反映群体内个体生长整齐度的指标,当饵料充足、生长环境适宜时,群体内个体生长互不

影响,生长速度差异小,变异系数较小^[17]。
1.2.2 体长-体重关系 安氏白虾的体长-体重关系用幂函数公式拟合^[18]:

$$W=aL^b$$

式中,W 为体重(g);L 为体长(mm);a 为条件因子,反映安氏白虾种群所处环境的优劣,在饵料基础、水文等环境条件较好时,条件因子 a 值较大;b 为异速生长因子,可判断种群是否处于匀速生长。当 b<3 时,种群为负异速生长,即体长的增速

大于体重的增速,当 $b=3$ 时,种群为等速生长,即体长与体重以相同速度增长,当 $b>3$ 时,种群为正异速生长,体重的增速大于体长的增速^[19]。为了避免拟合时中等个体数据量大,大、小个体数据量小造成的拟合参数失真,取体长对应的平均体重用于拟合^[20]。

用自然对数转换的体长和平均体重线性回归拟合 $\ln a$ 和 b , 公式如下:

$$\ln W = \ln a + b \ln L$$

再利用自然对数的反函数求 a :

$$a = \exp(\ln a)$$

1.2.3 肥满度 用 Froese 提出的相对体重(W_{m})的平均值来表示^[21], 公式如下:

$$W_{\text{m}} = 100 \frac{W}{a_{\text{m}} L^{b_{\text{m}}}}$$

式中, W_{m} 为相对体重, W 为实际体重, L 为体长。 a_{m} 为各群体非异常 a 值的几何平均值, b_{m} 为各群体非异常 b 值的算术平均值。利用 $\lg a$ 与 b 的线性回归检验 a 、 b 的异常值, 当点偏离回归直线超过 2 倍标准差时, 即认为该点为异常值^[21]。为了排除雌虾抱卵对肥满度造成的影响, 选取小于最小抱卵体长的相同体长组(26~30 mm)计算相对体重。

1.3 统计分析

体长和体重频率分布的偏斜度使用 Shapiro-

Wilk 检验, 平均体长、平均体重和肥满度的季节差异使用单因素方差分析(one-way ANOVA)检验。体长-体重关系参数 a 和 b 的季节差异使用协方差分析(ANCOVA)检验, 与环境因子的相关关系使用 Pearson 相关性分析检验。参数 b 与 3 的差异分析使用 t 检验。显著水平设置为 0.05。

2 结果与分析

2.1 体长分布

春季, 杭州湾北部安氏白虾平均体长为 (34.6±3.8) mm, 优势体长组为 33~36 mm (27.6%), 变异系数为 10.9%, 体长呈右偏分布; 冬季, 安氏白虾平均体长下降为(26.1±5.3) mm, 优势体长组为 24~27 mm (30.3%), 变异系数为 20.1%, 体长呈右偏分布(表 2)。从春季到冬季, 安氏白虾平均体长呈现逐渐下降的趋势, 而变异系数呈现逐渐上升的趋势。体长频率的偏斜度表现为春季呈右偏分布, 夏季和秋季呈左偏分布, 冬季呈右偏分布。方差分析显示, 安氏白虾平均体长的季节变化具有显著性差异($P<0.05$)。雌虾的平均体长仅秋季和冬季之间无显著性差异($P>0.05$), 其余季节之间均有显著性差异($P<0.05$), 而雄虾的平均体长各季节之间均有显著性差异($P<0.05$)。春季和夏季, 雌虾的平均体长显著大于雄虾($P<0.05$), 秋季和冬季, 雌、雄虾平均体长差异不显著($P>0.05$)。

表 2 杭州湾北部安氏白虾体长分布的季节变化
Tab. 2 Seasonal variations of body length of *Palaemon annandalei* in northern Hangzhou Bay

季节 season	性别 sex	<i>n</i>	范围/mm range	($\bar{x} \pm \text{SD}$)/mm	优势组/mm dominant	变异系数/% CV	偏斜度 skewness
春季 spring	雌 female	132	25-44	36.5±4.1	36~39(33.3%)	11.2	-0.680 ^{ls}
	雄 male	165	24-42	33.1±2.8	30~33(36.4%)	8.5	-0.190 ^{ls}
	总体 all	297	24-44	34.6±3.8	33~36(27.6%)	10.9	0.002 ^{rs}
夏季 summer	雌 female	116	18-44	33.8±4.8	33~36(34.5%)	14.2	-1.059 ^{ls}
	雄 male	184	21-42	31.6±4.1	30~33(29.3%)	13.0	0.367 ^{rs}
	总体 all	300	18-44	32.5±4.6	30~33(27.0%)	14.0	-0.171 ^{ls}
秋季 autumn	雌 female	128	14-38	26.8±5.7	24~27(29.7%)	21.1	0.101 ^{rs}
	雄 male	171	16-38	27.8±4.5	24~27(30.4%)	16.4	-0.141 ^{ls}
	总体 all	299	14-38	27.4±5.1	24~27(30.1%)	18.5	-0.058 ^{ls}
冬季 winter	雌 female	120	15-40	26.2±5.8	24~27(26.0%)	22.2	0.417 ^{rs}
	雄 male	154	17-39	26.0±4.4	24~27(35.8%)	16.9	0.342 nd
	总体 all	274	15-40	26.1±5.3	24~27(30.3%)	20.1	0.438 ^{rs}

注: ls 表示左偏分布, rs 表示右偏分布, nd 表示正态分布, 优势组括号内数据表示个数占比。
Note: ls represents left skewed distribution of body length frequency; rs represents right skewed distribution of body length frequency; nd represents normal distribution of body length frequency; and data in brackets of dominant represents proportion of individuals.

2.2 体重分布

春季, 杭州湾北部安氏白虾的平均体重达到 (0.623±0.206) g, 优势组为 0.4~0.6 g (35.0%), 变异系数 33.1%; 冬季, 安氏白虾的平均体重仅为 (0.272±0.177) g, 优势组为 0.2~0.4 g (41.6%), 变异系数 65.0% (表 3)。从春季到冬季, 安氏白虾的

平均体重逐渐下降, 变异系数逐渐上升。方差分析显示, 安氏白虾平均体重的季节变化具有显著性差异($P<0.05$), 雌虾和雄虾体重的季节变化均分别具有显著性差异($P<0.05$)。春季和夏季, 雌、雄虾之间的体重差异显著($P<0.05$), 秋季和冬季, 雌、雄虾之间的体重无显著性差异($P>0.05$)。

表 3 杭州湾北部安氏白虾体重分布的季节变化
Tab. 3 Seasonal variations of body weight of *Palaemon annandalei* in northern Hangzhou Bay

季节 season	性别 sex	范围/g range	($\bar{x} \pm SD$)/g	优势组/g dominant	变异系数/% CV	偏斜度 skewness
春季 spring	雌 female	0.168-1.195	0.727±0.228	0.8-1.0(32.6%)	31.4	-0.328 ^{ls}
	雄 male	0.186-1.080	0.541±0.140	0.4-0.6(52.7%)	26.0	0.461 nd
	总体 all	0.168-1.195	0.623±0.206	0.4-0.6(35.0%)	33.1	0.415 ^{rs}
夏季 summer	雌 female	0.090-1.284	0.631±0.233	0.6-0.8(44.0%)	36.9	-0.042 ^{ls}
	雄 male	0.119-0.975	0.469±0.165	0.4-0.6(41.9%)	35.2	0.847 ^{rs}
	总体 all	0.090-1.284	0.532±0.209	0.4-0.6(33.7%)	39.4	0.595 ^{rs}
秋季 autumn	雌 female	0.038-0.997	0.370±0.232	0.2-0.4(33.3%)	62.7	0.709 ^{rs}
	雄 male	0.069-0.946	0.393±0.177	0.2-0.4(35.7%)	45.2	0.423 ^{rs}
	总体 all	0.038-0.997	0.383±0.203	0.2-0.4(33.8%)	52.9	0.568 ^{rs}
冬季 winter	雌 female	0.016-0.897	0.287±0.202	0.0-0.2(40.9%)	70.3	1.105 ^{rs}
	雄 male	0.054-0.770	0.252±0.136	0.2-0.4(49.2%)	54.0	1.160 ^{rs}
	总体 all	0.016-0.897	0.272±0.177	0.2-0.4(41.6%)	65.0	1.249 ^{rs}

注: ls 表示左偏分布, rs 表示右偏分布, nd 表示正态分布, 优势组括号内数据表示个数占比。
Note: ls represents left skewed distribution of body length frequency; rs represents right skewed distribution of body length frequency; nd represents normal distribution of body length frequency; and data in brackets of dominant represent proportion of individuals.

2.3 体长-体重关系参数 a 值的季节变化

体长-体重关系参数 a 值的变化范围为 $0.63 \times 10^{-5} \sim 8.68 \times 10^{-5}$, 参数 b 值的变化范围为 2.48~3.23 (表 4)。参数 a 值(不分雌雄)夏季最高, 冬季最低, 从春季到冬季呈现先升高后降低的变化趋势, 参数 b 值(不分雌雄)表现出相反的变化趋势。雌虾参数 a 值春季最高, 冬季最低, 从春季到冬季呈现逐渐下降的变化趋势, 参数 b 值呈相反的变化趋势。雄虾参数 a 值夏季最高, 冬季最低, 从春季到冬季呈现先升高后降低的变化趋势, 参数 b 值则表现出相反的变化趋势。协方差分析表明, 杭州湾北部安氏白虾体长与体重关系参数的季节变化仅春季和夏季之间无显著性差异($P>0.05$), 其余季节之间均具有显著性差异($P<0.05$)。

2.4 体长-体重关系参数 b 值的季节变化

春季和夏季, 参数 b 值分别为 2.96 和 2.86, t 检验表明, b 值与 3 差异极显著($P<0.01$), 安氏白

虾呈负异速生长模式。秋季和冬季, 参数 b 值分别为 3.01 和 3.16, t 检验表明, 秋季 b 值与 3 无显著性差异($P>0.05$), 冬季 b 值与 3 差异极显著($P<0.01$), 秋季安氏白虾呈等速生长模式, 冬季呈正异速生长模式。利用 t 检验分别对雌虾和雄虾的参数 b 值与 3 的显著性差异进行分析, 发现雌虾春季处于负异速生长模式, 其余季节处正异速生长模式, 而雄虾所有季节均处于负异速生长模式。

2.5 体长与体重关系参数异常值检验

$\lg a$ 与 b 线性回归如图 2 所示, 所有点偏离回归直线距离均不超过 2 倍标准差。因此, 体长和体重关系参数 a 与 b 无异常值, 则 $a_m=1.474 \times 10^{-5}$, $b_m=2.998$ 。

2.6 肥满度

从春季到秋季, 安氏白虾肥满度逐渐上升, 秋季达到最高值, 冬季又降至最低值(图 3)。方差

表 4 杭州湾北部安氏白虾体长和体重关系参数
Tab. 4 Parameters of body length-weight relationship of *Palaemon annandalei*

季节 season	总体 all				雌 female				雄 male			
	N	a ($\times 10^{-5}$)	b	R ²	N	a ($\times 10^{-5}$)	b	R ²	N	a ($\times 10^{-5}$)	b	R ²
春季 spring	297	1.64	2.96**	0.97	132	1.51	2.98*	0.97	165	2.26	2.88**	0.98
夏季 summer	300	2.30	2.86**	0.96	116	1.13	3.08**	0.96	184	8.68	2.48**	0.98
秋季 autumn	299	1.57	3.01 ^{ns}	0.99	128	1.03	3.14**	0.98	171	4.03	2.74**	0.99
冬季 winter	274	0.80	3.16**	0.99	120	0.63	3.23**	0.99	154	1.67	2.93**	0.98

注: N 为样本量; a、b 为体长和体重的关系参数; R² 为相关系数; ns 代表 b 与 3 比较差异不显著(P>0.05); *代表 b 与 3 比较差异显著(P<0.05); **代表 b 与 3 比较差异极显著(P<0.01)。
Note: N means sample size; a and b are parameters of length-weight relationship; R² means correlation coefficient; ns denotes nonsignificant difference between b and 3 (P>0.05); * denotes significant difference between b and 3 (P<0.05); ** denotes extremely significant difference between b and 3 (P<0.01).

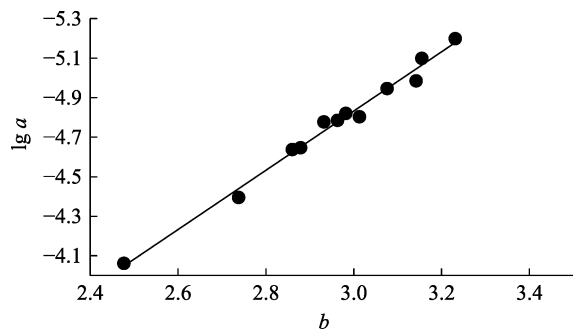


图 2 杭州湾北部安氏白虾 $\lg a$ 与 b 的线性回归
Fig. 2 Linear regression of $\lg a$ and b for *Palaemon annandalei*

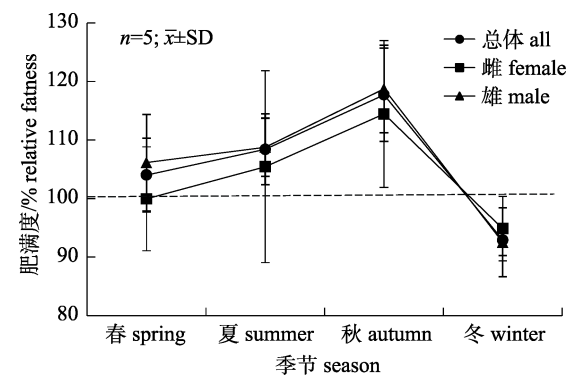


图 3 杭州湾北部安氏白虾肥满度的季节变化
Fig. 3 Seasonal variation of relative fatness for *Palaemon annandalei*

分析显示, 安氏白虾的肥满度仅春季和夏季之间无显著性差异($P>0.05$), 其余季节之间均具有显著性差异($P<0.05$)。安氏白虾雌虾的肥满度仅秋季和冬季之间有显著性差异($P<0.05$), 其余季节之间均无显著性差异($P>0.05$)。安氏白虾雄虾的肥满度仅春季和夏季之间无显著性差异($P>0.05$), 其余季节之间均有显著性差异($P<0.05$)。安氏白虾

雌、雄虾之间的肥满度各季节均无显著性差异($P>0.05$)。

3 讨论

3.1 体长与世代组成

杭州湾北部安氏白虾的生命周期一般不超过 15 个月, 繁殖期从 4 月下旬一直持续至 10 月下旬, 具再次抱卵的习性^[5]。春、夏季正值安氏白虾的繁殖期^[22], 春季安氏白虾全部由越年虾组成, 而夏季所捕获的安氏白虾最小体长和平均体长均有所下降, 说明有部分补充群体加入到夏季群体, 这部分补充群体即为春季孵化的幼体。秋季(11 月), 安氏白虾繁殖期已结束, 所捕获的最小体长和平均体长又有所降低, 说明另一批补充群体加入到秋季群体, 这批补充群体应为夏季孵化的幼体。春季安氏白虾抱卵群体的平均体长为(37.1 ± 2.9) mm ($n=29$), 夏季安氏白虾抱卵群体的平均体长为(35.6 ± 2.7) mm ($n=60$), 单因素方差分析表明, 春季安氏白虾抱卵群体的平均体长要显著大于夏季($P<0.05$), 说明春季和夏季的产卵群体并不源自一个世代。由此推断, 杭州湾北部安氏白虾种群由 2 个世代组成, 一个世代为春季群体(5—7 月孵化), 另一个世代为夏季群体(8—10 月孵化), 两个世代的群体经过生长分别于夏季和秋季被捕获, 造成了夏、秋季安氏白虾平均体长的下降。

3.2 生长模式

体长-体重关系参数 b 值的变化受诸多因素影响, 如环境^[23]、生殖行为^[24]、性别^[25]和种类不同生长阶段^[26]等。本研究表明, 杭州湾北部安氏

白虾种群春季和夏季呈负异速生长模式, 秋季呈等速生长模式, 冬季呈正异速生长模式, 表现出了显著的季节生长差异, 反映出安氏白虾对环境变化的一种适应机制^[27-28]。杭州湾北部为传统定置张网作业区, 每年春季开始, 大批经济鱼类如棘头梅童鱼(*Collichthys lucidus*)、凤鲚(*Coilia mystus*)等进入杭州湾索饵, 安氏白虾作为棘头梅童鱼的主要饵料而被捕食, 因此, 不得不通过加快增长速度来应对种群衰退的风险。此外, 杭州湾北部定置张网禁渔期于每年 8 月 1 日结束, 突增的捕捞压力也会促使安氏白虾改变生长模式, 维持一定种群规模^[29]。从秋季至冬季, 大批海洋洄游性鱼类陆续返回深海越冬, 安氏白虾所受的捕食压力和捕捞压力同时降低, 种群表现出等速或正异速生长模式。

3.3 与环境因子的关系

Pearson 相关性分析表明, 杭州湾北部安氏白虾体长-体重关系参数 a 与 b 均表现出与水温的显著相关性, a 与水温呈显著正相关关系($P<0.05$), b 与水温呈显著负相关关系($P<0.05$)。可见, 水温是影响杭州湾北部安氏白虾体长-体重关系参数 a 和 b 季节变化的主要环境因子。春季至夏季, 水温不断升高, 安氏白虾体长-体重关系参数 a 值变大, b 值变小, 说明安氏白虾所处的生境条件变得更好, 体长的增速大于体重的增速, 更多的能量被用于体长的增加。从夏季至冬季, 水温不断下降, 体长-体重关系参数 a 值逐渐变小, b 值逐渐变大, 说明安氏白虾所处的生境条件变得恶劣, 体重的增速大于体长的增速, 更多的能量被用来增加体重, 以便于越冬。另外, 安氏白虾雄虾的体长-体重关系参数表现出与盐度的显著相关性, 参数 a 与盐度呈显著负相关关系($P<0.05$), 参数 b 与盐度呈显著的正相关关系($P<0.05$)。这说明安氏白虾雄虾的幼体可能偏好在盐度较低的水域生长, 因为幼体对生境要求较高, 且体长的增速较快。

参考文献:

[1] Xu K D, Lu K E, Lu Z H, et al. Ecological niche analysis of dominant shrimp species in the Jiushan Islands Marine Nature Reserve[J]. Biodiversity Science, 2018, 26(6): 601-610. [徐开达, 卢衍尔, 卢占晖, 等. 韭山列岛自然保护区虾类

优势种生态位[J]. 生物多样性, 2018, 26(6): 601-610.]

[2] Wang M, Zhou X, Hong B. Community structure of macro-invertebrates in northern Hangzhou Bay[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2018, 25(3): 663-673. [王森, 周轩, 洪波. 杭州湾北部大型无脊椎动物群落结构[J]. 中国水产科学, 2018, 25(3): 663-673.]

[3] Zhou X, Wang M, Hong B. Fishery resources community structure seasonal change in north-eastern Hangzhou Bay[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2019, 28(4): 597-606. [周轩, 王森, 洪波. 杭州湾东北部渔业资源群落结构的季度变化[J]. 上海海洋大学学报, 2019, 28(4): 597-606.]

[4] He Z T, Zhang Y Z, Xue L J, et al. Seasonal and ontogenetic diet composition variation of *Collichthys lucidus* in inshore waters in the north of East China Sea[J]. Marine Fisheries, 2012, 34(3): 270-276. [贺舟挺, 张亚洲, 薛利建, 等. 东海北部近海棘头梅童鱼食物组成的季节变化及随发育的变化[J]. 海洋渔业, 2012, 34(3): 270-276.]

[5] Wang M, Zhou X, Xu K D. Reproductive biology of *Palaeomon annandalei* in northern Hangzhou Bay[J]. Chinese Journal of Zoology, 2019, 54(4): 509-516. [王森, 周轩, 徐开达. 杭州湾北部安氏白虾的繁殖生物学特征[J]. 动物学杂志, 2019, 54(4): 509-516.]

[6] Chen S B, Liao C S, Zhao X J, et al. The growth and the reproductive biology of *Exopalaemon modestus* (Heller 1862) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) in the Three Gorges Reservoir of China[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2015, 39(5): 989-996. [陈思宝, 廖传松, 赵修江, 等. 三峡水库秀丽白虾生长与繁殖生物学特征研究[J]. 水生生物学报, 2015, 39(5): 989-996.]

[7] Dong J, Wang C, Tang M Z, et al. Relationship between body length and body weight of Pacific sand lance in the Yellow Sea[J]. Fisheries Science, 2004, 23(10): 9-11. [董婧, 王冲, 唐明芝, 等. 黄海区玉筋鱼体长和体重的关系[J]. 水产科学, 2004, 23(10): 9-11.]

[8] Wang X H, Du F Y, Qiu Y S. Length-weight relationships of important commercial fishes in Northern South China Sea[J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 2006, 25(2): 262-266. [王雪辉, 杜飞雁, 邱永松. 南海北部主要经济鱼类体长与体重关系[J]. 台湾海峡, 2006, 25(2): 262-266.]

[9] Zhu L X, Hou G, Liang Z L. Parameter estimation of the weight-length relationship of Japanese anchovy in the north Yellow Sea using Bayesian methods[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2015, 22(4): 757-769. [朱立新, 侯刚, 梁振林. 基于贝叶斯方法的黄海北部鳀鱼体长与体重关系式参数估计[J]. 中国水产科学, 2015, 22(4): 757-769.]

[10] Li Z L, Jin X S, Shan X J, et al. Inter-annual changes on body weight-length relationship and relative fatness of small

- yellow croaker (*Larimichthys polyactis*)[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2011, 18(3): 602-610. [李忠炉, 金显仕, 单秀娟, 等. 小黄鱼体长-体质量关系和肥满度的年际变化[J]. 中国水产科学, 2011, 18(3): 602-610.]
- [11] Stergiou K I, Moutopoulos D K. A review of length-weight relationships of fishes from Greek marine waters[J]. Fisheries Section of the Network of Tropical Aquaculture and Fisheries Professionals, 2001, 24(1-2): 23-39.
- [12] Haimovici M, Velasco G. Length-weight relationship of marine fishes from Southern Brazil[J]. Fisheries Section of the Network of Tropical Aquaculture and Fisheries Professionals, 2000, 23(1): 19-23.
- [13] Torres M A, Ramos F, Sobrino I. Length-weight relationships of 76 fish species from the Gulf of Cadiz (SW Spain) [J]. Fisheries Research, 2012, 127-128: 171-175.
- [14] Liang J P, Li J, Liu P, et al. Research progress of biological characteristics and artificial breeding of ridgetail white prawn, *Exopalaemon Carinicauda*[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2012, 28(17): 109-116. [梁俊平, 李健, 刘萍, 等. 脊尾白虾生物学特性与人工繁育的研究进展[J]. 中国农学通报, 2012, 28(17): 109-116.]
- [15] Yin T T, Guan W B. Reproductive biology of the mature *Macrobrachium Nipponensis* in Yangtze River Estuary[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2012(4): 79-83. [尹婷婷, 管卫兵. 长江口日本沼虾繁殖群体生物学研究[J]. 海洋湖沼通报, 2012(4): 79-83.]
- [16] Subcommittee on Fisheries Resource of National Technical Committee of Aquaculture of Standardization Administration of China. Technical specification for marine fishery resources survey (SC/T9403-2012)[S]. Beijing: China Agriculture Press, 2013. [全国水产标准化技术委员会渔业资源分技术委员会. 海洋渔业资源调查规范(SC/T9403-2012) [S]. 北京: 中国农业出版社, 2013.]
- [17] Luan J, Xu B D, Xue Y, et al. Size distribution and length-weight relationships in *Pholis fangi* in Haizhou Bay[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2017, 24(6): 1323-1331. [栾静, 徐宾铎, 薛莹, 等. 海州湾方氏云鳚体长与体重分布特征及其关系[J]. 中国水产科学, 2017, 24(6): 1323-1331.]
- [18] Zhan B Y. Fisheries Stock Assessment[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1995. [詹秉义. 渔业资源评估[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.]
- [19] Ricker W E. Linear regressions in fishery research[J]. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 1973, 30(3): 409-434.
- [20] Ricker W E. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations[R]. Ottawa: Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada, 1975: No. 191.
- [21] Froese R. Cube law, condition factor and weight-length relationships: History, meta-analysis and recommendations[J]. Journal of Applied Ichthyology, 2006, 22(4): 241-253.
- [22] Wu C W, Wang W H. On the biology and ecological distribution of shrimp, *Palaemon (Exopalaemon annandalei)*, at Hangzhou Bay[J]. Journal of Zhejiang College of Fisheries, 1993, 12(1): 21-31. [吴常文, 王伟洪. 杭州湾海域安氏白虾生物学与生态分布的研究[J]. 浙江水产学院学报, 1993, 12(1): 21-31.]
- [23] Zhang M M, Liu Y, Xie T, et al. Growth, mortality and reasonable utilization of *Sebastes schlegelii* in the artificial reef area of Weihai, Shandong Province[J]. Journal of Fisheries of China, 2019, 43(9): 1925-1936. [张萌萌, 刘岳, 解涛, 等. 威海西霞口海洋牧场鱼礁区中许氏平鲈的生长、死亡及合理利用[J]. 水产学报, 2019, 43(9): 1925-1936.]
- [24] Kong X L, Jiang Y E, Gong Y Y, et al. A preliminary study on fishery biology of *Ceratoscopelus warmingii* in the central and northern South China Sea[J]. South China Fisheries Science, 2016, 12(4): 117-124. [孔啸兰, 江艳娥, 龚玉艳, 等. 南海中北部尾明角灯鱼渔业生物学特性的初步研究[J]. 南方水产科学, 2016, 12(4): 117-124.]
- [25] Wang K, Zhang S Y, Wang Z H, et al. A preliminary study on fishery biology of *Johnius belangerii* off Ma'an Archipelago[J]. Journal of Fisheries of China, 2012, 36(2): 228-237. [王凯, 章守宇, 汪振华, 等. 马六甲列岛海域皮氏叫姑鱼渔业生物学初步研究[J]. 水产学报, 2012, 36(2): 228-237.]
- [26] Zhang G Z, Li X S, Zhu J C, et al. The growth characteristics of small yellow croaker *Larimichthys polyactis* (Bleeker, 1987) under yearling in the central and southern Yellow Sea [J]. Progress in Fishery Sciences, 2010, 31(3): 15-22. [张国政, 李显森, 朱建成, 等. 黄海中南部小黄鱼当年幼鱼生长特征的研究[J]. 渔业科学进展, 2010, 31(3): 15-22.]
- [27] Meng K K, Wang J, Zhang C L, et al. The fishery biological characteristics of *Chaeturichthys stigmatias* in the Yellow River estuary and its adjacent waters[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2017, 24(5): 939-945. [孟宽宽, 王晶, 张崇良, 等. 黄河口及其邻近水域矛尾虾虎鱼渔业生物学特征[J]. 中国水产科学, 2017, 24(5): 939-945.]
- [28] Gong Y Y, Yang Y T, Kong X L, et al. A preliminary study on the fishery-relevant biology of *Diaphus watasei* in the continental slope of the northern South China Sea[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2018, 25(5): 1091-1101. [龚玉艳, 杨玉滔, 孔啸兰, 等. 南海北部陆坡海域瓦氏眶灯鱼的渔业生物学特征[J]. 中国水产科学, 2018, 25(5): 1091-1101.]
- [29] Li J S, Yan L P, Hu F. Inter-decadal changes in biological characteristics of reproductive stocks of chub mackerel, *Sco-*

mber japonicus, in the East China Sea[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2015, 22(6): 1253-1259. [李建生, 严利

平, 胡芬. 东海日本鲭繁殖群体生物学特征的年代际变化[J]. 中国水产科学, 2015, 22(6): 1253-1259.]

Impact of seasonal changes on *Palaemon annandalei* length-weight relationships in northern Hangzhou Bay

WANG Miao¹, ZHOU Xuan¹, HONG Bo¹, XU Kaida², ZHANG Yazhou²

1. Shanghai Fisheries Research Institute, Shanghai 200433, China;

2. Key Laboratory of Sustainable Utilization of Technology Research for Fisheries Resources of Zhejiang Province, Marine Fishery Research Institute of Zhejiang Province, Zhoushan 316021, China

Abstract: *Palaemon annandalei* is a small commercial shrimp species in China. *Palaemon annandalei* is mainly distributed in the Yellow Sea, East China Sea, and western coast of the Korean Peninsula. Since *P. annandalei* is the dominant macroinvertebrate species in northern Hangzhou Bay, this species plays an important role in marine ecosystem balance in this area. Hangzhou Bay is a traditional feeding and spawning ground for many fishes, such as *Collichthys lucidus* and *Coilia mystus*. *Palaemon annandalei* is also one of the prey items of *C. lucidus* in northern Hangzhou Bay, and is important for *C. lucidus* growth and breeding. Based on data from 12 set-net surveys in northern Hangzhou Bay in February, May, August, and November 2018, power function, relative body weight, one-way ANOVA, and covariance analysis were applied in this study to analyze the body length-weight relationships (LWR) and relative fatness of *P. annandalei*. The results showed that the impact of seasonal changes on *P. annandalei* body length and weight compositions was statistically significant. Mean body length and body weight decreased from spring to winter, and seasonal changes on *P. annandalei* mean body length and weight was statistically significant ($P < 0.05$). The condition factor (a) of LWR was highest in summer and lowest in winter, and firstly increased, then decreased from spring to winter. The allometric factor (b) of LWR was highest in winter and lowest in summer, which presented opposite trends to a . Covariance analysis showed that a and b was not significantly different between spring and summer ($P > 0.05$), and all the other seasons had significant differences between each other ($P < 0.05$). The relative fatness of *P. annandalei* increased from spring to autumn, reaching a maximum in autumn, then decreased to the minimum in winter. A one-way ANOVA showed that relative fatness was not significantly different between spring and summer ($P > 0.05$), and all the other seasons had significant differences between each other ($P < 0.05$). The research indicated that seasonal changes on a and b of LWR of *P. annandalei* in northern Hangzhou Bay were statistically significant, and the changes on a and b of LWR was mainly affected by predation, fishing pressure, and environmental factors.

Key words: *Palaemon annandalei*; body length-weight relationship; seasonal change; Hangzhou Bay

Corresponding author: XU Kaida. E-mail: xkd1981@163.com