

DOI:10.3969/j.issn.2096-8248.2024.02.001

脊尾白虾体长与抱卵量的关系*

刘明彦^{1a,b}, 张 扬^{1a,b}, 赵 宇^{1a,b}, 祁俊杰^{1a,b}, 张思晨^{1a,b}, 孙进阳^{1a,b},
阎斌伦^{1a,b,2,3}, 张庆起³, 高 煥^{1a,b,2,3}

(1. 江苏海洋大学 a. 江苏省海洋生物技术重点实验室; b. 海洋科学与水产学院, 江苏 连云港 222005;
2. 江苏省农业种质资源保护与利用平台, 江苏 南京 210014; 3. 连云港赣榆佳信水产开发有限公司, 江苏 连云港 222100)

摘要:为研究脊尾白虾体长与抱卵量间相关关系,通过测量脊尾白虾体长、体质量、抱卵量及生殖力等指标,采用相关性分析、统计回归分析和聚类分析方法,对脊尾白虾的体长和抱卵量关系进行研究。结果表明:脊尾白虾体长与抱卵量的相关系数为0.790,为显著正相关。建立了脊尾白虾抱卵量计算模型,并利用gCLUTO软件将其聚为I, II, III, IV共4个类别。研究结果可为脊尾白虾抱卵量估计及繁殖力测算等提供参考依据。

关键词:脊尾白虾;抱卵量;繁殖力;gCLUTO

中图分类号:S968

文献标志码:A

文章编号:2096-8248(2024)02-0001-04

引用格式:刘明彦,张扬,赵宇,等.脊尾白虾体长与抱卵量的关系[J].江苏海洋大学学报(自然科学版),2024,33(2):1-4.

Relationship between Body Length and Egg Carrying Capacity of *Exopalaemon carinicauda*

LIU Mingyan^{1a,b}, ZHANG Yang^{1a,b}, ZHAO Yu^{1a,b}, QI Junjie^{1a,b}, ZHANG Sichen^{1a,b},
SUN Jinyang^{1a,b}, YAN Binlun^{1a,b,2,3}, ZHANG Qingqi³, GAO Huan^{1a,b,2,3}

(1. a. Jiangsu Key Laboratory of Marine Biotechnology; b. School of Marine Science and Fisheries,
Jiangsu Ocean University, Lianyungang 222005, China;
2. Jiangsu Provincial Platform for Conservation and Utilization of Agricultural Germplasm, Nanjing 210014, China;
3. Lianyungang Ganyu Jiaxin Aquatic Products Development Co., Ltd., Lianyungang 222100, China)

Abstract: In order to study the correlation between the body length and egg carrying capacity of *Exopalaemon carinicauda*, the body length and egg carrying capacity of *E. carinicauda* were studied by measuring the body length, body weight, egg carrying capacity and fertility of *E. carinicauda*, and the body length and egg carrying capacity of *E. carinicauda* were studied by correlation analysis, statistical regression analysis and cluster analysis. The results showed that the correlation coefficient between the body length and the number of eggs was 0.790, which was a significant positive correlation. The calculation model of the number of eggs was established, and the gCLUTO software was used to cluster it into four categories of I, II, III, and IV. The results of this study can provide a reference for the estimation of the number of eggs and the estimation of fecundity of *E. carinicauda*.

Key words: *Exopalaemon carinicauda*; egg carrying capacity; fertility; gCLUTO

* 收稿日期:2024-01-17;修订日期:2024-03-11

基金项目:江苏省农业农村厅种业振兴“揭榜挂帅”项目(JBGS[2021]124);连云港市“521工程”科研项目(LYG06521202128);连云港市科技局政策引导类计划项目(国际科技合作/港澳台科技合作)(GH2203)

作者简介:刘明彦(2000—),男,江苏南京人,硕士研究生,研究方向为水产养殖,(E-mail)281224869@qq.com。

通信作者:高煥(1976—),男,江苏连云港人,教授,博士后,研究方向为甲壳类遗传育种,(E-mail)huanmr@163.com。

0 引言

脊尾白虾(*Exopalaemon carinicauda*)属节肢动物门、甲壳动物亚门、甲壳纲、十足目、长臂虾科、白虾属,俗称小白虾,在我国黄海、渤海区域广泛分布,是我国特有的虾类养殖品种^[1]。该虾温度适应区间大、盐度范围广及耐低氧,同时具有生长速度快、繁殖能力强、味道鲜美等优点,因此成为江苏、浙江沿海区域广泛养殖的品种^[1]。

脊尾白虾成虾体长一般 50~90 mm。现有研究多集中于生长性能及抗病性能等方面^[2-3],对其形态相关参数的研究较少。同时,虾蟹类的繁殖力通常以抱卵量与体质量、头胸甲宽等形态参数的关系来体现,其值与种类、个体大小、产卵频率、栖息环境等相关^[4]。对脊尾白虾进行相关繁殖性状的选择育种是有效解决脊尾白虾繁育效率较低等问题的方法之一。在实际选育过程中,生物个体繁殖能力的强弱一般无法进行直观判断,但可通过对具有可度量性、直观性的性状与繁殖性状的相关性研究,筛选出与繁殖性状关联度强的可度量性状,从而间接对繁殖能力进行判断,辅助选育工作的进行^[5]。目前,脊尾白虾体长、体质量与繁殖力的关系的研究尚不深入。本研究旨在探寻脊尾白虾体长与抱卵量之间的关系,构建抱卵量估计模型,以期对脊尾白虾高繁殖力品种的选育提供参考依据。

1 实验材料与方法

1.1 实验材料

实验用脊尾白虾来源于连云港赣榆佳信水产开发有限公司。选取不同体长的抱卵虾 50 尾,通过观察抱卵雌性第 1~5 腹节两侧是否具有蓝色大圆斑判断其是否为二次抱卵。为确保实验准确性,本研究选取的抱卵虾均为首次抱卵。

1.2 实验方法

1.2.1 抱卵虾暂养 选择附肢齐全、卵块完整、体表无外伤、活力良好的抱卵虾 50 尾,于养殖水箱中暂养 1 d,水温 26 °C,盐度 27, pH 8.1,连续充气。暂养期间不喂食,于 2 d 内完成体长、体质量及抱卵量等数据的测定。

1.2.2 体参数与抱卵量测定 实验前,利用纸巾吸去抱卵虾体表多余水分,参照文献^[6]中的方法,用电子天平(精确至 0.01 g)称量抱卵虾总质量和抱卵

虾质量(去除卵块的质量)。用游标卡尺测量体长。之后利用刀片剥离下全部卵粒,在培养皿中加入少量水,将虾卵平铺于培养皿中,利用放大镜进行观察并计数。

1.3 数据处理

利用 SPSS 26.0 软件进行体长与抱卵量的相关性分析,并进行 T-test 检验;同时进行体长与抱卵量的回归计算,建立相关方程。

根据文献^[7]中方法计算,即

$$\text{繁殖力(粒/g)} = F/m,$$

$$\text{体长相对繁殖力(粒/mm)} = F/L.$$

式中, F 为抱卵量, m 为去卵后体质量, L 为体长。

用 gCLUTO 1.0 软件对体长、体质量、抱卵量、繁殖力及体长相对繁殖力等进行聚类分析。该软件提供的重复二分聚类方法(repeated bisection clustering method)相较于传统聚类方法可以更有效地解决系统的多样性及多元因素非线性。聚类过程中,选用 gCLUTO 1.0 内 Cosin 函数作为相似性函数,利用 I_2 函数作为聚类判别函数。

2 结果与分析

2.1 不同体长脊尾白虾抱卵量

本研究中实际测定的脊尾白虾体长为 38.2~65.1 mm,抱卵量约为 500~2 000 粒/尾,同时计算其繁殖力以及体长相对繁殖力。相关计算结果如表 1 所示。

从表 1 中可以看出,本次统计中,脊尾白虾的最大体长为 65.1 mm,最小体长为 38.2 mm,平均体长为 50.03 mm。雌虾抱卵量最多为 2 332 粒/尾,最少为 499 粒/尾,平均为 1 037.92 粒/尾。繁殖力位于 284.62~896.35 粒/g 间,平均为 579.44 粒/g。体长相对繁殖力最大为 36.1 粒/mm,最小为 10.89 粒/mm,平均为 19.58 粒/mm。

表 1 脊尾白虾平均体长与抱卵量

Table 1 Average body length and egg carrying capacity of *E. carinicauda*

参数	体长/ mm	抱卵量/ (粒·尾 ⁻¹)	繁殖力/ (粒·g ⁻¹)	体长相对繁殖 力/(粒·mm ⁻¹)
最大值	65.10	2 332.00	896.35	36.10
最小值	38.20	499.00	284.62	10.89
平均值	50.03	1 037.92	579.44	19.58

本研究中 52% 的脊尾白虾抱卵量为 500~

1 000 粒/尾,抱卵量在 1 000~2 000 粒/尾之间的占 42%,其中抱卵量低于 500 粒/尾及高于 2 000 粒/尾的仅分别占 2%和 4%(见图 1)。

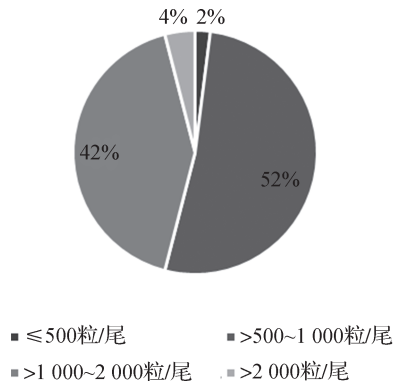


图 1 脊尾白虾抱卵量分布情况

Fig. 1 Distribution of the egg carrying capacity of *E. carinicauda*

2.2 体长与抱卵量相关性分析

对脊尾白虾的体长与抱卵量进行相关性分析,并建立回归方程。结果表明,脊尾白虾体长与抱卵量的决定系数 $R^2 = 0.6239$,推断相关系数 R 为 0.790(见图 2),相关性显著($P < 0.05$)。由此可知,脊尾白虾体长与抱卵量呈正相关。

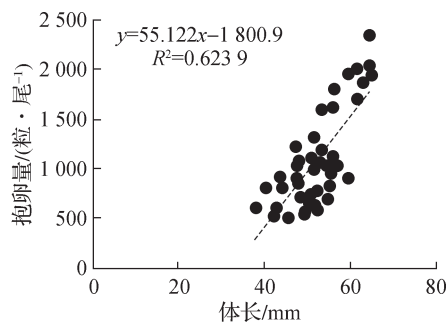


图 2 脊尾白虾体长与抱卵量的关系

Fig. 2 Relationship between body length and egg carrying capacity of *E. carinicauda*

2.3 脊尾白虾抱卵量预测

通过相关性分析发现脊尾白虾体长与抱卵量呈正相关,进一步利用回归分析得出体长与抱卵量的回归方程,即

$$y = 55.122x - 1800.9.$$

式中, y 为抱卵量, x 为体长。

之后利用残差分析发现,残差分布均匀,均处于 $(-3,3)$ 之间,没有异常值点(见图 3),故认为其样本数据基本正常,理论模型的基本假定合理。

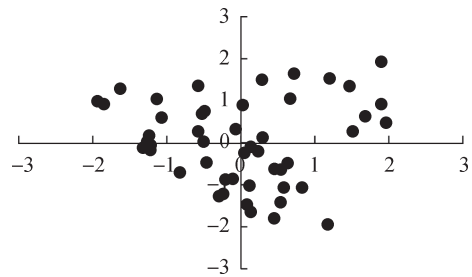


图 3 残差分析状况

Fig. 3 Residual analysis

利用 gCLUTO 1.0 软件,根据体长、去卵体质量、抱卵量、繁殖力及体长相对繁殖力进行聚类分析,将其分为 I, II, III, IV 共 4 类。使其可以通过测量个体的体长、体质量判断个体所在类别,估计其抱卵量所处区间,结合抱卵量预测模型,计算抱卵量。

其中 I 类,去卵体质量 0.99~1.21 g,体长 38.2~49.5 mm,抱卵量 400~800 粒/尾;II 类去卵体质量 2~3 g,体长 50~65 mm,抱卵量 1 000~2 400 粒/尾;III 类去卵体质量 1.26~1.48 g,体长 42.8~55.2 mm,抱卵量 500~1 100 粒/尾;IV 类去卵体质量 1.5~2.0 g,体长 47.5~54.8 mm,抱卵量 500~1 300 粒/尾。基于 gCLUTO 软件通过二分聚类法得到可视化山峰图(见图 4)。该山峰图中山丘形状为高斯曲线,表示每个类内数据分布的粗略估计。山丘的高度与类内相似性成正比,体积与类群包含的对象数量成正比,山丘的颜色与类内标准差成比例。红色代表低标准差,蓝色代表高标准差,山峰顶部颜色越趋于单一,则表明集群内部对象之间相似性越大(只有山丘顶端颜色有意义)。通过对聚类结果相似性特征进行分析,可以看出本文聚类结果较合理。

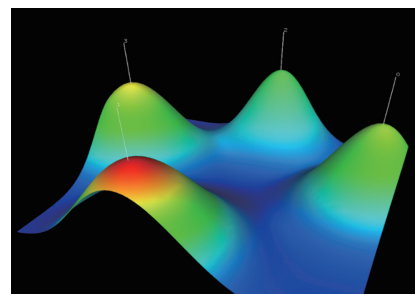


图 4 聚类数为 4 的可视化山峰图

Fig. 4 Visualization of peaks with a cluster number of 4

3 讨论

抱卵量是研究水产动物繁殖能力的重要性状之

一,研究抱卵量是探究水产动物繁殖力和遗传力等参数的基础。体长、体质量是甲壳动物形态性状的重要指标,也是甲壳动物遗传育种与种苗繁殖生产的重要依据^[8]。本文脊尾白虾体长范围为38.2~65.1 mm,相较于文献^[9]报道中脊尾白虾体长50~90 mm,属于中等偏下规格,故抱卵量普遍超过2 000粒/尾的较少。刘小林等^[10]和李刚等^[11]对凡纳滨对虾(*Litopenarus vannamei*)形态性状对体质量或者净肉质量的影响进行途径分析,发现体长是影响凡纳滨对虾繁殖力的最主要影响因素,虾蟹类抱卵量通常与体型大小呈正相关^[12]。本研究也表明,脊尾白虾体长与抱卵量间呈显著正相关($P < 0.05$),这表明在实际生产过程中,可根据体长来大致估算脊尾白虾的个体抱卵量,从而为其良种繁育和苗种投放提供参考。

繁殖力能体现出单次抱卵量与亲本个体质量的关系,但并不是唯一的因素。在甲壳动物中,大量研究也表明,蟹类的繁殖力与卵大小受到食物、温度等因素的影响,同一种类大小相近的个体间往往存在差异^[13-15]。本文脊尾白虾繁殖力平均579.44粒/g,体长相对繁殖力平均19.58粒/mm,相较于体型较大的水产动物,其单只繁殖力较低。但是在实际养殖过程中,单位水体的养殖密度远远大于中国对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)、凡纳滨对虾等大型虾类,因此群体的综合繁殖力远超过这些大型虾类。

本文利用回归分析得到的回归方程及gCLUTO二分聚类分析共同构建了脊尾白虾抱卵量预测模型。其中,抱卵量与体长的最佳拟合方程为二次函数,这与同为甲壳类口虾蛄(*Oratosquilla oratoria* De Haan)^[16]的研究结果相似。本研究中,首次将gCLUTO 1.0软件用于研究水产动物抱卵量上,该软件可通过bootstrap抽样消除参与聚类数据本身的不确定性,提高聚类结果的稳定性和可靠性^[17]。本研究创新性地利用脊尾白虾的体质量、体长、抱卵量、繁殖力及体长相对繁殖力的高维数据进行综合分析,避免了数据降维处理中产生的误差,将脊尾白虾分为I,II,III,IV共4个类别,分别对应不同的体长、体质量及抱卵量,有助于将脊尾白虾的规格细化,同时根据体长与体质量共同估算个体的抱卵量。

参考文献:

- [1] 张春霞,李健,李吉涛,等.脊尾白虾EcERR基因的克隆与表达分析[J].渔业科学进展,2022,43(2):185-193.
- [2] 王有昆.脊尾白虾免疫相关基因的克隆和表达分析

[D].上海:上海海洋大学,2015.

- [3] 张年国,周裕华,于飞,等.低盐和高盐条件下不同脊尾白虾群体生长特性研究[J].广东农业科学,2022,49(10):135-145.
- [4] 姜玉声,刘庆坤,李岑,等.日本螯抱卵量与形态参数的相关性分析[J].大连海洋大学学报,2011,26(6):488-492.
- [5] 李东宇,潘志,顾志峰,等.红螯螯虾形态性状、体质量与其抱卵性状的途径分析[J].海南热带海洋学院学报,2022,29(2):1-7.
- [6] 傅荣兵,吴旭干,成永旭,等.舟山海域池塘养殖和野生三疣梭子蟹抱卵量的比较研究[J].浙江海洋学院学报(自然科学版),2006,25(2):138-142.
- [7] CAVALLI R O, LAVENS P, SORGELOOS P. Performance of *Macrobrachium rosenbergii* broodstock fed diets with different fatty acid composition[J]. Aquaculture, 1999, 179: 387-402.
- [8] 黄永春,郑伟刚,何晓雄,等.2个凡纳滨对虾选育群体亲虾形态特征及其产卵量、孵化率的比较[J].渔业研究,2016,38(2):96-101.
- [9] 于天基,李健,李吉,等.池养脊尾白虾的生长与繁殖特性[J].中国渔业质量与标准,2014,4(2):16-25.
- [10] 刘小林,吴长功,张志怀,等.凡纳对虾形态性状对体质量的影响效果分析[J].生态学报,2004,24(4):857-862.
- [11] 李刚,刘小林,黄皓,等.凡纳滨对虾净肉质量的影响因素分析[J].海洋科学,2007,31(6):70-74.
- [12] 吴常文,虞顺成,吕永林.梭子蟹渔业技术[M].上海:上海科学技术出版社,1996.
- [13] 江新琴,俞存根,陈全振.蟹类繁殖力和卵巢发育研究进展[J].上海水产大学学报,2007,16(3):281-286.
- [14] KOBAYASHI S, MASTSUURA S. Maturation and oviposition in the Japanese mitten crab *Eriocheir japonica* (De Haan) in relation to their downstream migration[J]. Fisheries Science, 1995, 61: 766-775.
- [15] BRANTE A, FERNANDEZ M, ECKERLE L, et al. Reproductive investment in the crab *Cancer setosus* along a latitudinal cline: egg production, embryo losses and embryo ventilation[J]. Marine Ecology Progress Series, 2003, 251: 221-232.
- [16] 翟兴文,蒋霞敏.虾蛄的繁殖生物学及人工繁殖概述[J].海洋科学,2002(9):13-15.
- [17] RASMUSSEN M, KARYPIS G. gCLUTO: an interactive clustering, visualization and analysis system [R]. Minnesota: University of Minnesota, 2004.
- [18] 李婉莹,于淼淼,彭豫鹏,等.维生素E对脊尾白虾生长及抗氧化酶活性的影响[J].江苏海洋大学学报(自然科学版),2023,32(4):1-5.

(责任编辑:褚金红 实习编辑:易圣杰)