

# 红螯螯虾形态性状、体质量与其抱卵性状的通径分析

李东宇<sup>1</sup> 潘志<sup>1</sup> 顾志峰<sup>2</sup> 袁显春<sup>1</sup> 刘旭成<sup>1</sup> 张孟才<sup>1</sup> 魏森<sup>2</sup> 廖秀睿<sup>2</sup>

(1. 北京市水产技术推广站 北京 100176; 2. 海南大学 海洋学院 海口 570228)

**摘要:** 为了确定影响红螯螯虾(*Cherax quadricarinatus*)抱卵量、总卵湿质量等抱卵性状的主要可度量性状,实验测量100尾抱卵虾的性状参数,开展相关分析、通径分析和决定系数分析,并建立多元回归方程。相关分析显示,红螯螯虾各可度量性状之间以及可度量性状与其抱卵量和总卵湿质量的相关性均为正相关,且达到极显著水平( $P < 0.01$ )。通径分析和决定系数分析结果表明,红螯螯虾头胸甲宽和体质量是影响其抱卵量的主要性状;红螯螯虾的第一腹节宽对其总卵湿质量有决定性作用。以上研究结果可以为红螯螯虾亲本性状选择和形态辅助育种提供理论依据。

**关键词:** 红螯螯虾; 形态性状; 体质量; 抱卵性状; 通径分析

中图分类号: S917.4

文献标识码: A

文章编号: 2096-3122(2022)02-0001-07

DOI: 10.13307/j.issn.2096-3122.2022.02.01

## 0 引言

红螯螯虾(*Cherax quadricarinatus*),又称澳洲淡水龙虾,属于节肢动物门、甲壳纲、十足目、拟螯虾科、光壳虾属,原产于澳大利亚北部,是目前具有较好养殖潜力和市场前景的淡水经济虾类之一<sup>[1]</sup>。红螯螯虾的出肉率约为40%,可食用部分高达60%,其肉质鲜嫩、营养丰富,深受广大消费者的喜爱,市场需求量也随之增加<sup>[2]</sup>。然而,目前红螯螯虾在人工繁育时存在抱卵率低、孵化率低、培育率低的问题<sup>[3]</sup>,其主要原因是抱卵量较少且孵化时间较长,故人工繁育时往往达不到最佳的效果,这严重制约了红螯螯虾产业的规模化发展。

对红螯螯虾进行相关繁殖性状的选择育种是有效解决红螯螯虾繁育效率较低等问题的方法之一。在实际选育过程中,生物个体繁育能力的强弱一般无法进行直观判断,但可通过研究具有可度量性、直观性的性状与繁殖性状的相关性,并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。

抱卵性状是红螯螯虾最具有代表性的繁殖性状,而目前鲜见关于红螯螯虾可度量性状与抱卵性状相关性分析的研究报道。本文在红螯螯虾繁育时期随机抽取抱卵红螯螯虾亲本,对其形态性状、体质量和抱卵性状开展通径分析,解析其相关性并建立主要形态性状和体质量与抱卵性状的多元回归方程,以期为辅助红螯螯虾的选择育种工作的开展奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验地点和材料

本实验在北京市水产技术推广站南繁育中心工厂化控温车间内开展。本实验所用材料为南繁育中心同一批次培育的红螯螯虾,用于实验的红螯螯虾均活泼健康,发育成熟,形态完整。实验材料总体样本数量为雄虾300尾,25~200 g,平均体质量为(106.36±45.54) g;雌虾300尾,体质量30~150 g,平均

收稿日期: 2022-03-01

基金项目: 海南省重点研发计划项目(ZDYF20180446); 北京市优秀人才培养资助—青年骨干个人项目(2018000020060G190)

第一作者: 李东宇,男,辽宁鞍山人,中级工程师,硕士,研究方向为水产动物养殖繁育。

通信作者: 潘志,男,北京人,正高级工程师,硕士,研究方向为水产动物养殖繁育; 顾志峰,男,江苏常州人,教授,博士,研究方向为水产养殖技术。

体质量为 $(84.56 \pm 16.87)$  g。

## 1.2 抱卵虾的获取方法

本实验开始前,将所有雌雄红螯螯虾分开,并进行繁殖前的营养强化。强化培养时,15个 $12\text{ m}^2$ 的水泥池要放置足量的遮蔽物,每池放养40尾红螯螯虾,并保证充足的溶氧和适宜的温度。每天早中晚各投喂一次饵料,饵料种类为亲虾人工配合饲料和新鲜的鱿鱼肉条。每天吸取粪便、打捞残饵和死虾,每周换水两次,每次换水量为 $1/3$ 左右,强化培养时间为30 d。

强化培养结束后,将所有雌虾捞出,每个单独放入相同规格的水族箱内,随后按雌雄比例1:1放入体型相配的雄虾,进行红螯螯虾的人工繁殖。水族箱的长 $\times$ 宽 $\times$ 高为 $50\text{ cm} \times 50\text{ cm} \times 50\text{ cm}$ ,总数量为100个。配对繁殖期间,保持溶氧充足,温度维持在 $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右。每个水族箱每天投喂相同次数,每次不要过多投喂,以保证实验虾全部达到饱食投喂程度。配对繁殖期间,定期吸取粪便并补水,同时每天检查是否有抱卵虾,发现抱卵虾后,需轻轻捞出并吸干体表水分,随后采集实验数据。在实验期间要尽量减少环境、摄食等外因对红螯螯虾抱卵的影响,以保证实验结果的准确性。至本实验结束时,共计采集100尾抱卵红螯螯虾的性状参数数据。

## 1.3 数据测量和分析方法

### 1.3.1 各性状测量方法

用游标卡尺测量每尾抱卵红螯螯虾的体长( $X_2$ )、头胸甲长( $X_3$ )、头胸甲宽( $X_4$ )、腹节全长( $X_5$ )、第一腹节长( $X_6$ )、第一腹节宽( $X_7$ ),测量精度为 $0.01\text{ mm}$ ,具体测量操作参考陈红林等<sup>[4]</sup>和张龙等<sup>[5]</sup>的测量方法。用吸水纸擦干红螯螯虾表面后,以手工的方法轻轻将其卵粒剥离,随后用电子天平称量其体质量( $X_1$ )和总卵湿质量( $Y_3$ ),并统计和判断其抱卵量( $Y_1$ )、相对抱卵量( $Y_2$ )、单卵湿质量( $Y_4$ )和卵色,测量精度为 $0.01\text{ g}$ 。相对抱卵量和单卵湿质量的计算公式分别如下所示:

$$Y_2 = \frac{Y_1}{X_1}, \quad (1)$$

$$Y_4 = \frac{Y_3}{X_1}. \quad (2)$$

### 1.3.2 数据分析方法

用EXCEL软件对抱卵红螯螯虾各性状测量数据进行整理,得到平均值、标准差和变异系数,获得各性状参数统计量。用SPSS 22.0软件对因变量数据进行正态性检验和校正,对各性状进行相关性分析,采用多元回归方法构建方程,并剔除对抱卵性状不显著的可度量性状,而后对显著的可度量性状进行通径分析并计算决定系数。具体数据计算参考Stevens<sup>[6]</sup>、杜家菊和陈志伟<sup>[7]</sup>的计算方法。

## 2 结果与分析

### 2.1 红螯螯虾不同卵色之间抱卵性状的差异性分析

红螯螯虾卵在不同发育时期有着肉眼可见的不同颜色显现<sup>[8]</sup>。本实验过程中,共采集米黄、橘红和黑褐3种卵色。将3种卵色两两相配依次进行其抱卵性状间的独立样本 $t$ 检验,结果表明不同卵色之间抱卵性状的差异性不显著( $P > 0.05$ )。红螯螯虾不同卵色之间抱卵性状的差异性分析详见表1。

表1 红螯螯虾不同卵色之间抱卵性状的差异性分析

组别	性状	$t$	$P$
米黄-橘红	$Y_1$	-0.949	0.346
	$Y_2$	-1.225	0.224
	$Y_3$	0.106	0.916
	$Y_4$	2.103	0.039

表 1 (续)

组别	性状	$t$	$P$
米黄-黑褐	$Y_1$	-1.374	0.175
	$Y_2$	0.914	0.365
	$Y_3$	-0.277	0.783
	$Y_4$	1.837	0.072
橘红-黑褐	$Y_1$	-0.515	0.608
	$Y_2$	2.057	0.044
	$Y_3$	-0.380	0.705
	$Y_4$	0.071	0.943

## 2.2 抱卵红螯螯虾各性状参数统计

本实验所用抱卵红螯螯虾各性状的平均值、标准差和变异系数如表 2 所示。其中,平均抱卵量为 697.8 个,平均总卵湿质量为 5.10 g。抱卵红螯螯虾的抱卵量( $Y_1$ )、相对抱卵量( $Y_2$ )、总卵湿质量( $Y_3$ )和单卵湿质量( $Y_4$ )的变异系数分别为 34.3%、14.2%、36.88% 和 20.5%,其他性状的变异系数在 12.5%~33.2% 之间,其中总卵湿质量的变异系数最大,其次为抱卵量。

表 2 抱卵红螯螯虾各性状参数统计( $N=100$ )

参数	性状										
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$
	/g	/mm	/mm	/mm	/mm	/mm	/mm	/个	/个	/g	/mg
平均值	73.95	149.5	70.3	30.2	80.3	12.0	32.1	697.8	9.5	5.10	7.4
标准差	24.57	18.7	9.2	4.0	10.3	1.7	4.2	239.6	1.4	1.88	1.5
变异系数/%	33.2	12.5	13.2	13.1	12.8	14.4	12.9	34.3	14.2	36.88	20.5

## 2.3 抱卵红螯螯虾各性状间的相关性分析

本实验抱卵红螯螯虾各性状间的相关性分析如表 3 所示。对于红螯螯虾而言,各可度量性状之间以及可度量性状与其抱卵量和总卵湿质量的相关性均为正相关且达到极显著水平( $P<0.01$ )。其中:与抱卵量( $Y_1$ )的相关性最大的为头胸甲宽( $X_4$ ),其次为体质量( $X_1$ );与相对抱卵量( $Y_2$ )相关性最大的为抱卵量( $Y_1$ );与总卵湿质量( $Y_3$ )相关性最大的为抱卵量( $Y_1$ ),其次为第一腹节宽( $X_7$ )、体质量( $X_1$ );与单卵湿质量( $Y_4$ )相关性最大的为总卵湿质量( $Y_3$ )。

表 3 抱卵红螯螯虾各性状间的相关性分析

性状	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$
$X_1$	1										
$X_2$	0.968**	1									
$X_3$	0.938**	0.966**	1								
$X_4$	0.966**	0.966**	0.939**	1							
$X_5$	0.960**	0.979**	0.935**	0.960**	1						
$X_6$	0.881**	0.897**	0.878**	0.867**	0.892**	1					

表3 (续)

性状	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$
$X_7$	0.961**	0.974**	0.953**	0.967**	0.969**	0.881**	1				
$Y_1$	0.888**	0.879**	0.858**	0.890**	0.858**	0.812**	0.875**	1			
$Y_2$	-0.164	-0.124	-0.114	-0.105	-0.151	-0.082	-0.128	0.282**	1		
$Y_3$	0.810**	0.791**	0.754**	0.783**	0.790**	0.742**	0.818**	0.825**	0.085	1	
$Y_4$	-0.009	-0.035	-0.058	-0.061	-0.008	-0.016	0.019	-0.144	-0.293**	0.413**	1

注: \*\*表示极显著相关( $P < 0.01$ )。

## 2.4 红螯螯虾形态性状和体质量与其抱卵性状的回归分析

以抱卵量和总卵湿质量为因变量,形态性状和体质量为自变量,进行逐步回归分析,建立红螯螯虾形态性状和体质量与其抱卵性状的最优回归方程如下:

$$Y_1 = -493.854 + 29.551X_4 + 4.054X_1, R^2 = 0.800, \quad (3)$$

$$Y_3 = -6.778 + 0.370X_7, R^2 = 0.665. \quad (4)$$

本实验各方程回归系数检验如表4所示,其中各方程的截距和回归系数均达到显著或极显著水平( $P < 0.05$ ),说明各方程的自变量与因变量都是显著的线性关系。各方程回归方差分析如表5所示,其中各方程的 $F$ 检验显著性均达到极显著水平( $P < 0.01$ ),表明所建立的回归方程成立。

表4 红螯螯虾可度量性状与其抱卵性状回归方程的系数检验

因变量	自变量	回归系数	标准误差	标准回归系数	$t$	$P$
$Y_1$	截距(常量)	-493.854	200.033		-2.469	0.015
	$X_4$	29.551	10.561	0.488	2.798	0.006
	$X_1$	4.054	1.703	0.416	2.381	0.019
$Y_3$	截距(常量)	-6.778	0.851		-7.961	0.000
	$X_7$	0.370	0.026	0.818	14.063	0.000

表5 红螯螯虾可度量性状与其抱卵性状回归方程的方差分析

因变量	指标	平方和	自由度	均方	$F$	$P$
$Y_1$	回归	4 567 920.909	2	2 283 960.455	198.609	0.000
	残差	1 115 477.201	97	11 499.765		
	总计	5 683 398.110	99			
$Y_3$	回归	233.917	1	233.917	197.770	0.000
	残差	115.912	98	1.183		
	总计	349.829	99			

## 2.5 红螯螯虾主要形态性状和体质量对其抱卵性状的通径分析

简单的表型相关并不能很好地反映性状间的本质关系,而通径分析则是解决此类问题的更有效途径<sup>[9]</sup>。本实验红螯螯虾主要形态性状和体质量对其抱卵量和总卵湿质量的通径分析结果详见表6。

对抱卵量( $Y_1$ )性状而言,对其直接作用最大的可度量性状为头胸甲宽( $X_4$ ),其次为体质量( $X_1$ );体质量( $X_1$ )通过头胸甲宽( $X_4$ )最大程度地间接影响抱卵量,间接通径系数为0.471,其次为头胸甲宽( $X_4$ )通过体质量( $X_1$ )间接影响抱卵量,间接通径系数为0.402。对总卵湿质量( $Y_3$ )性状而言,对其直接作用最大

的形态性状为第一腹节宽 ( $X_7$ ) ,且没有对其产生间接影响的形态性状。

表 6 红螯螯虾主要可度量性状对其抱卵量和总卵湿质量的通径分析

因变量	性状	相关系数	直接作用 ( 通径系数)	间接作用( 间接通径系数)	
				$X_1$	$X_4$
$Y_1$	$X_4$	0.890**	0.488	0.402	
	$X_1$	0.888**	0.416		0.471
$Y_3$	$X_7$	0.818**	0.818		

注: \*\* 表示极显著相关 ( $P < 0.01$ ) 。

## 2.6 红螯螯虾主要形态性状和体质量对其抱卵性状的决定系数分析

决定系数是通径分析中的决策指标,其可将自变量对因变量的综合作用进行排序,确定主要决定变量和主要限制变量<sup>[10]</sup>。本实验红螯螯虾主要形态性状和体质量与其抱卵量和总卵湿质量的决定系数分析如表 7 所示。

对抱卵量( $Y_1$ ) 性状而言,单一可度量性状对其抱卵量决定程度最高的是头胸甲宽( $X_4$ ),决定系数为 0.238,其次是体质量( $X_1$ ),决定系数为 0.173,且体质量( $X_1$ ) 和头胸甲宽( $X_4$ ) 对其抱卵量的共同决定程度为最大,决定系数为 0.392。对总卵湿质量( $Y_3$ ) 性状而言,第一腹节宽( $X_7$ ) 对其总卵湿质量的单一决定程度最高,决定系数为 0.669,不存在对其产生共同决定作用的多个形态性状。

表 7 红螯螯虾主要可度量性状对其抱卵量和总卵湿质量的决定系数分析

因变量	性状	$X_4$	$X_1$	$X_7$
$Y_1$	$X_4$	0.238	0.392	
	$X_1$	0.392	0.173	
$Y_3$	$X_7$			0.669

## 3 讨论

### 3.1 红螯螯虾不同卵色差异对其抱卵性状的影响

甲壳纲十足目的大多数虾蟹类动物在繁殖时均采用抱卵的方式,其受精卵自产出后就附着于亲体腹部,并完成胚胎发育过程直至孵化<sup>[11]</sup>。在此过程中,受精卵会随着其发育进程有着颜色上的变化,此类现象在罗氏沼虾<sup>[12]</sup>、克氏原螯虾<sup>[13]</sup>、中华绒螯蟹<sup>[14]</sup> 等的胚胎发育研究中均有所体现。在本研究中,红螯螯虾所抱受精卵存在米黄、橘红和黑褐 3 种卵色,为了确定卵色对其抱卵性状有无影响,本研究开展了 3 种卵色两两相配依次进行其抱卵性状间的独立样本  $t$  检验,其结果表明不同卵色之间抱卵性状的差异性不显著 ( $P > 0.05$ )。依据罗文<sup>[15]</sup>对红螯螯虾胚胎发育的研究结果,红螯螯虾受精卵在胚胎发育早期呈黄色,随后逐渐演变为橘红色和黑褐色,且这种颜色的改变可能与其卵黄营养物质的代谢有关,与亲体的性状无关。此外, Hsin-Sheng 等<sup>[16]</sup>的研究表明,红螯螯虾卵孵化过程中会逐渐有一定数量的卵损失,造成这种现象的原因可能主要有两个方面:一是雌虾主动剔除未受精或停止发育的死卵;二是雌虾抱卵过程中受到外部因素惊吓而掉卵。在本研究中,红螯螯虾抱卵的外部条件和水质条件均保持在最佳状态,极大地减少了卵损失的情况出现。由此可以佐证本研究中卵色对其抱卵性状无影响,因此本实验后续的数据处理将不同卵色的性状数据放在一起进行统一分析。

### 3.2 影响红螯螯虾抱卵量和总卵湿质量的主要可度量性状的确定

根据通径分析原理和相关系数组成效应<sup>[17]</sup>,将可度量性状对抱卵性状的影响效应分为直接作用和间

接作用,则可以明确主要形态性状和体质量对其抱卵性状的影响程度。

在本研究中,相关分析表明,抱卵红螯螯虾各可度量性状与其抱卵量和总卵湿质量的相关性均为正相关,且达到极显著水平( $P < 0.01$ ),说明红螯螯虾雌虾个体规格越大其抱卵量和总卵湿质量趋向于增加的趋势。这与王仁杰等<sup>[18]</sup>和 Hamasaki 等<sup>[19]</sup>对三疣梭子蟹抱卵量相关性研究的结果类似。进一步的通径分析和决定系数分析显示,对抱卵量直接作用和决定程度最大的可度量性状为头胸甲宽,其次为体质量;对总卵湿质量直接作用和决定程度最大的形态性状为第一腹节宽。这表明头胸甲宽和体质量是影响红螯螯虾抱卵量的主要性状,而第一腹节宽对红螯螯虾总卵湿质量的影响有着决定性作用。王志铮等<sup>[20]</sup>在日本沼虾表型性状对其个体繁殖力影响效应的研究中指出,虾类头胸部为感觉、摄食、消化、血循、排泄和运动的中心,在其生命代谢活动中具有重要作用。因此,在虾类繁殖阶段,头胸部表型性状可以决定其营养利用与转化效率,进而对个体繁殖能力产生影响,这可能是造成红螯螯虾头胸甲宽性状对其抱卵量有着决定性作用的原因之一。王守红等<sup>[21]</sup>在克氏原螯虾卵粒大小与孵化率相关性的研究中发现,卵粒质量与卵径呈正相关,即卵粒质量会随着卵径的增大而增加,而更大的抱卵空间则会为更饱满的卵粒提供条件。因此,在本研究中,红螯螯虾第一腹节宽性状可以通过决定其抱卵空间的大小而成为影响总卵湿质量的主要性状。

相关指数( $R^2$ )表示利用回归方程进行预测的可靠程度,当其达到0.85及以上时说明影响因变量的主要自变量已经找到<sup>[22]</sup>。在本研究中,所建立的红螯螯虾可度量性状与其抱卵量和总卵湿质量的回归方程的相关指数仅分别为0.800和0.665,这可能是由于个体繁殖性状属低遗传力,受种质遗传特性和外界环境条件双重影响而导致相关指数较低<sup>[20-23]</sup>。另外,本研究中各方程的回归系数检验和回归方差分析均达到显著水平,也进一步验证了各方程的可靠性,说明方程中红螯螯虾的可度量性状可以作为影响其抱卵量和总卵湿质量的主要因素。

### 3.3 对红螯螯虾人工繁育和选择育种的指导作用

红螯螯虾的抱卵量、总卵湿质量等抱卵性状可以决定其孵化量、出苗量和苗质量,影响人工繁育的产出和效率<sup>[24]</sup>。在本研究中,通径分析和决定系数分析的结果相一致,得出的共同结论为:对红螯螯虾抱卵量性状选育时,应针对其头胸甲宽和体质量进行选择;对红螯螯虾总卵湿质量性状选育时,主要针对其第一腹节宽进行选择。另外,在红螯螯虾人工繁育过程中,可以通过比较体质量、头胸甲宽和第一腹节宽性状来决定雌虾的选择,也可以通过本研究所建立的回归方程来预测抱卵虾的产能。以上研究结果可作为红螯螯虾亲本性状选择和形态辅助育种的理论依据。

#### 参考文献:

- [1] 黄智伟,潘志,顾志峰,等.热带地区红螯螯虾池塘生态养殖技术研究[J].中国水产,2018(10):93.
- [2] 李进.水环境理化因子对红螯螯虾繁殖性能和幼体发育的影响研究[D].青岛:中国海洋大学,2009.
- [3] 赵怡,杨慧赞,施君,等.红螯螯虾繁殖生物学研究进展[J].广西畜牧兽医,2020(1):39.
- [4] 陈红林,秦高婵,楼宝,等.不同生长时期红螯螯虾表型性状差异分析[J].浙江农业学报,2020(12):2154.
- [5] 张龙,石林林,李艳和.克氏原螯虾形态与体重的通径分析[J].中国农学通报,2019(18):154.
- [6] STEVENS J P. Applied multivariate statistics for the social sciences [M]. 4th ed. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 2001: 315.
- [7] 杜家菊,陈志伟.使用SPSS线性回归实现通径分析的方法[J].生物学通报,2010(2):4.
- [8] JONES C M. The biology and aquaculture potential of the tropical freshwater crayfish *Cherax quaidricarinatus* [R]. Fisheries Branch: Queensland Department of Primary Industries Information Series QI90028, 1990.
- [9] YÜCEL C. Correlation and path coefficient analyses of seed yield components in the narbon bean (*Vicianar bonensis* L.) [J]. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 2004(5):371.
- [10] 孙海峰,刘国兴,蒋连玉.罗氏沼虾的形态性状对体重的相关性分析[J].水产养殖,2018(7):48.
- [11] 姚俊杰,赵云龙,段晓伟,等.罗氏沼虾胚胎附着机制的初步研究[J].中国水产科学,2007(1):67.
- [12] 徐慈浩,肖锐媛,木亮亮,等.罗氏沼虾胚胎发育观察及温度对胚胎发育的影响[J].广东农业科学,2015(20):112.
- [13] 雷晓青,肖鸣鹤,胡火庚,等.克氏原螯虾胚胎发育的观察分析及影响因素的研究[J].江西水产科技,2009(1):25.

- [14] 李清清, 吴旭干, 姜晓东, 等. 长江水系野生和养殖中华绒螯蟹生殖性能、胚胎色泽和生化组成的比较[J]. 水产学报, 2019(4): 858.
- [15] 罗文. 红螯螯虾(*Cherax quadricarinatus*) 胚胎营养代谢的研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2004.
- [16] HSIN-SHENG Y, DAVID B R. The indoor spawning and egg development of the red crayfish *Cherax quadricarinatus* [J]. Journal of the World Aquaculture Society, 1994(2): 297.
- [17] JOSEPH F, HAIR J R, ROLPH E A, et al. Multivariate data analysis [M]. 5th ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998: 389.
- [18] 王仁杰, 姜令绪, 李玉全. 三疣梭子蟹形态指标、体重与抱卵量的关系[J]. 江苏农业科学, 2011(3): 300.
- [19] HAMASAKI K, FUKUNAGA K, KITADA S. Batch fecundity of the swimming crab *Portunus trituberculatus* (Brachyura: Portunidae) [J]. Aquaculture, 2006(1/2/3/4): 359.
- [20] 王志铮, 杨磊, 施建军, 等. 日本沼虾(*Macrobrachium nipponensis*) 池养越冬抱卵亲虾表型性状对个体繁殖力的影响效应[J]. 海洋与湖沼, 2012(1): 166.
- [21] 王守红, 张家宏, 寇祥明, 等. 克氏原螯虾卵粒大小与孵化率相关性研究[J]. 江西农业学报, 2011(8): 156.
- [22] MA H Y, MA C Y, MA L B, et al. Correlation of growth-related traits and their effects on body weight of the mud crab (*Scylla paramamosain*) [J]. Genetics and Molecular Research, 2013(4): 4127.
- [23] 张沅. 家畜育种学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
- [24] 石顺芳, 郑梦婷, 谭进, 等. 红螯螯虾的特征特性及池塘生态养殖技术[J]. 现代农业科技, 2020(1): 203.

(责任编辑: 王 倩)

## Path Analysis of Morphological Traits, Body Weight and Pleopodal Egg Traits of Redclaw Crayfish (*Cherax quadricarinatus*)

LI Dongyu<sup>1</sup>, PAN Zhi<sup>1</sup>, GU Zhifeng<sup>2</sup>, YUAN Xianchun<sup>1</sup>,

LIU Xucheng<sup>1</sup>, ZHANG Mengcai<sup>1</sup>, WEI Miao<sup>2</sup>, LIAO Xiurui<sup>2</sup>

(1. Aquatic Technology Promotion Station of Beijing, Beijing 100176, China;

2. School of Ocean, Hainan University, Haikou 507228, China)

**Abstract:** In order to determine the main measurable characters affecting pleopodal egg traits of redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*), such as the amount of eggs laid and the wet weight of eggs, the parameters of 100 pleopodal egg crayfish were measured. Then correlation analysis, path analysis and analysis of coefficient of determination were carried out to establish the multiple regression equations. Correlation analysis showed that the correlations between the measurable traits, correlations between the measurable traits and the amount of eggs laid and correlations between the measurable traits and the wet weight of eggs were positive and extremely significant ( $P < 0.01$ ). Path analysis and analysis of coefficient of determination showed that width of carapace and body weight of redclaw crayfish were the main traits affecting the amount of eggs laid, and the width of promerous of redclaw crayfish was decisive for the total wet weight of eggs. The results of the aforementioned study can provide theoretical basis and guidance for parent selection and morphological assisted breeding of redclaw crayfish.

**Keywords:** redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*); morphological traits; body weight; pleopodal egg traits; path analysis