

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2018.17233

凡纳滨对虾在氯化物型盐碱水养殖环境下不同家系间生长、存活性能分析

曾凡勇^{1, 2, 3}, 罗坤^{2, 3}, 栾生^{2, 3}, 曹宝祥^{2, 3}, 卢霞^{2, 3}, 谭建^{2, 3}, 陈宝龙^{2, 3},
孟宪红^{2, 3}, 孔杰^{2, 3}

1. 南京农业大学 无锡渔业学院, 江苏 无锡 214081;
2. 中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 农业部海洋渔业资源可持续利用重点实验室, 山东 青岛 266071;
3. 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 266071

摘要: 本研究以凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*) 61 个家系为材料, 开展了为期 50 d 的氯化物型盐碱水混合养殖测试, 分析了各个家系的生长和存活性能。研究结果显示, 凡纳滨对虾家系在氯化物型盐碱水养殖环境下的体重和存活率均存在显著差异, 且家系间体重和存活率差异较大, 变异系数分别高达 36.26% 和 46.82%; 凡纳滨对虾家系的绝对增重率均值和特定增重率均值分别为 0.09g/d 和 1.82%/d, 绝对增重最快的家系比绝对增重率均值高 7.54 个百分点, 比增重最慢家系高 12.95 个百分点; 凡纳滨对虾家系存活率范围为 1.00%~63.33%, 家系平均存活率为 26.61%, 家系最高存活率比家系最低存活率高了 62.33 个百分点, 比家系存活率均值高了 36.72 个百分点。本研究结果表明: 凡纳滨对虾家系在氯化物型盐碱水养殖条件下生长、存活存在较大差异, 具有较大的遗传改良空间和选育潜力, 本研究结果可为下一步的凡纳滨对虾盐碱水选育工作提供数据支持。

关键词: 凡纳滨对虾; 盐碱水; 体重; 存活率

中图分类号: S965

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2018)02-0308-08

凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*) 俗称南美白对虾, 主要分布在秘鲁北部至墨西哥湾沿海地区, 具有生长快、饲料需求低、适合高密度养殖等特点, 是世界上公认的三大优良养殖对虾种类之一^[1]。凡纳滨对虾具有较强的抗逆性, 对高碱度的盐碱水的耐受性较广^[2]。在中国, 盐碱地总面积超过 3300 万 hm^2 , 遍及我国 17 个省份, 由于盐碱水的化学离子组成复杂^[3-4], 这些地区大部分的盐碱地都处于待开发状态^[5]。为更好地实现盐碱地的有效开发与合理利用, 科学家及养殖工作者开展了一系列的盐碱水养殖实验, 并取得了显著成绩。

有关在盐碱水域开展水产养殖的报道已有很多, 但大多数专家学者主要以研究鱼类为主, 例如: 斑点叉尾鲴(*Ictalurus punctatus*)^[6]、湘云鲫(*Carassius auratus*)^[7]、瓦氏雅罗鱼(*Leuciscus waleckii*)^[8]等, 主要研究了鱼类在不同地区盐碱水域的生长状况、存活性能以及耐盐碱性能等。在中国一些部分盐碱水域也已开展凡纳滨对虾的盐碱水养殖研究, 例如: 杨富亿等^[9]开展了东北地区内陆碳酸盐型盐碱水域对凡纳滨对虾幼虾生长发育影响因子的研究; 王大鹏等^[10]研究了在高密度养殖模式下, 不同碱度对凡纳滨对虾水体水质和生长性状的影响。盐碱水条件下的凡纳滨对虾养殖虽然取

收稿日期: 2017-06-20; 修订日期: 2017-11-13.

基金项目: 山东省重点研发计划项目(2016GSF115030); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(20603022016006); 山东省农业良种工程项目“多性状新品种的选育与产业化”; 现代农业产业技术体系专项资金资助(CARS-48).

作者简介: 曾凡勇(1990-), 男, 硕士研究生, 主要从事水产动物遗传育种研究. E-mail: 515144442@qq.com

通信作者: 孔杰, 研究员, 从事水产动物遗传育种研究. E-mail: kongjie@sina.com

得成功,但针对盐碱水条件下的凡纳滨对虾选育研究则甚少。为进一步提高盐碱水条件下凡纳滨对虾养殖效果,迫切需要开展凡纳滨对虾耐盐碱选育工作,以促进凡纳滨对虾盐碱水养殖业的健康发展。

本研究以凡纳滨对虾‘壬海 1 号’为材料,通过构建凡纳滨对虾家系,开展了氯化物型盐碱水养殖条件下的大规模家系养殖测试,评估了盐碱水养殖环境下的家系生长和存活差异,可为开展凡纳滨对虾盐碱水遗传育种提供基础数据支持。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验地点是在河北鑫海水产生物技术有限公司进行,实验所用对虾为凡纳滨对虾‘壬海 1 号’育种核心群体,体重为(2.5±0.8) g,共计 61 个家系,每个家系 30 尾对虾。

1.2 实验用水和处理

实验所用的盐碱水取自河北鑫海水产生物技术有限公司地下盐碱水,经检测,其符合盐碱水渔业养殖用水水质指标(DB 13/T1132—2009),部分指标如表 1 所示。

表 1 盐碱水主要成分
Tab. 1 The main component of alkaline water

类型 type	数值 alkaline water
盐度 salinity	15
Na ⁺ /(mg/L)	5818.00
K ⁺ /(mg/L)	77.37
Ca ²⁺ /(mg/L)	281.00
Mg ²⁺ /(mg/L)	787.80
Mn ²⁺ /(mg/L)	0.81
Fe ²⁺ /(mg/L)	0.10
Cl ⁻ /(mg/L)	8160.38
SO ₄ ²⁻ /(mg/L)	1090.76
HCO ₃ ⁻ /(mg/L)	420.82
CO ₃ ²⁻ /(mg/L)	99.18
pH	8.5±0.2

由表 1 可知,此地区的盐碱水以 Cl⁻、Na⁺为主要成分,K⁺、Fe²⁺、Mn²⁺成分含量较低,属于氯化物型盐碱水^[27-28];盐碱水离子含量总体为 Cl⁻>Na⁺>SO₄²⁻>Mg²⁺>HCO₃⁻>Ca²⁺>CO₃²⁻>K⁺>

Mn²⁺>Fe²⁺。实验用水处理:地下盐碱水经锰砂罐过滤后进入蓄水池,在蓄水池加入适量的 EDTA 并曝气 24 h 以上后开始使用。

1.3 实验方法

1.3.1 家系构建 对凡纳滨对虾‘壬海 1 号’父母本亲虾进行强化培育,强化结束后挑选性腺发育成熟的亲虾,采用人工授精技术进行家系构建;每个家系的受精卵孵化在 170 L 白桶内进行,温度控制在 28~32℃;孵化出幼体后,每个家系随机留取 10000 尾在 170 L 白桶内培育至仔虾,仔虾第 5 天随机留取 1500 尾至 3 m³水泥池内继续养殖,直至对虾生长至可标记规格。

1.3.2 共同环境下养殖测试 为尽量减少日龄对测试的影响,选取出生日期相差在 3 天以内的 61 个家系,共计 1830 尾,开展实验。在对虾个体达 3~4 cm 时,对每个家系个体进行荧光颜料的注射,以区分不同的家系。每个家系标记 30 尾个体,分别放入体积为 5.7 m×3.7 m×1.4 m 的水泥池内开始共同环境条件下的生长、存活测试。养殖密度约为 87 尾/m²。开始实验时,先在水泥池中注入 1 m 左右深度的自然海水,放入经过荧光标记的测试对虾,经过 7 d 的盐碱水换水后过渡为盐碱水。

日常管理:每天投喂 4 次,日投喂量一般为对虾体重的 5%,并根据有无剩料情况进行适当调整;每天进行吸污、换水,养殖前期的换水量为 10%~20%,后期逐渐增加换水量变为 20%~30%;养殖期间的水体温度控制在 27~29℃。在经过为期 50 d 的混合养殖之后,开始对每尾对虾进行体重的测量,并且同时辨认每个家系个体的标记情况,统计各家系的养殖存活率。

1.3.3 统计分析 利用 SPSS19.0 统计软件,统计凡纳滨对虾家系体重和存活率性状的均值、最大值、最小值、标准差、变异系数;对凡纳滨对虾各家系间存活率进行单因素方差分析;利用 LSD 对各家系间体重进行多重比较,显著性检验水平设置为 P<0.05 为显著,P<0.01 为极显著。

绝对增重率计算公式:AGR(g/d)=(W₂-W₁)/t

特定增重率计算公式:SGR(%/d)=100×[(ln W₂-ln W₁)/t]

其中, absolute growth rate (AGR)是绝对增重率; specific growth rate (SGR)是特定增重率; t 为测试天数(d); W_1 为初始体重(g), W_2 为收获体重(g)。

2 结果与分析

2.1 凡纳滨对虾在盐碱水养殖水环境下生长、存活性状的表型参数

凡纳滨对虾在盐碱水养殖水环境下体重和存活率性状的表型参数分析见表 2。分析结果显示: 凡纳滨对虾个体在盐碱水养殖环境下的体重存在较大差异, 收获体重最大值为 20.10 g, 平均值为 7.25 g; 家系存活率也存在很大差异, 家系最高存活率为 63.33%, 平均存活率为 26.61%; 体重和存活率均具有较高的变异系数, 分别为 36.26%和 46.82%, 说明盐碱水养殖环境下凡纳滨对虾体重和存活率性状具有较大的选育潜力。

表 2 凡纳滨对虾盐碱水养殖水环境下生长、存活性状的表型参数

Tab. 2 Phenotypic parameters of *Litopenaeus vannamei* for growth and survival traits in alkaline water culture conditions

性状 treat	均值 mean	最小值 min	最大值 max	标准差 SD	变异系数 /% cv
体重/g body weight	7.25	1.50	20.10	2.63	36.26
家系存活率/% survival rate	26.61	1.00	63.33	12.64	46.82

2.2 凡纳滨对虾家系生长情况分析

实验结束时, 测量的凡纳滨对虾数量为 487

尾, 凡纳滨对虾在盐碱水养殖水环境下各家系体重性状、绝对增重率和特定增重率的单因素方差分析(ANOVA)结果见表 3, 各家系间体重性状存在较大差异, P 检验达到极显著水平($P<0.01$)。由图 1、图 2 和图 3 分析可知: 凡纳滨对虾在盐碱水养殖环境下不同家系生长速度具有较大差异, 绝对增重率超过 0.1 g/d 的家系有 17 个, 前 5 位家系为 5121、5073、5014、5060 和 5093; 盐碱水养殖环境下所有家系的绝对增重率均值和特定增重率均值分别是 0.09 g/d 和 1.82%/d, 绝对增重最快的家系是 5121, 绝对增重率和特定增重率分别是 0.16 g/d 和 2.34%/d, 绝对增重最慢的家系是 5165, 绝对增重率和特定增重率分别是 0.03 g/d 和 0.92%/d, 绝对增重最快的家系比家系绝对增重均值高 7.54 个百分点, 比最慢家系高 12.95 个百分点。

2.3 凡纳滨对虾在盐碱水养殖水环境下各家系存活率比较

凡纳滨对虾在盐碱水养殖水环境下个各家系的存活率情况见表 4, 结果显示: 凡纳滨对虾各家系的存活差异较大, 存活率范围为 1.00%~63.33%, 家系平均存活率为 26.61%, 其中存活率高于 50%的家系仅有 5 个: 5032、5024、5009、5115 和 5180; 其中家系 5032 是存活率最高的家系, 存活率为 63.33%, 比存活率最低家系高了 62.33 个百分点, 比家系存活率均值高了 36.72 个百分点。

表 3 凡纳滨对虾在盐碱水养殖水环境下各家系体重的方差分析

Tab. 3 ANOVA analysis for body weight among each family of *Litopenaeus vannamei* in alkaline water culture conditions

性状 trait	变异来源 variation sources	平方和 sum of squares	自由度 degree of freedom	均方 mean square	F	P
体重/g body weight	家系间 between families	1239.373	60	20.656	4.130	0.000
	家系内 within families	2130.636	426	5.001		
	总和 total	3370.009	486			
绝对增重率(g/d) absolute growth rate	家系间 between families	0.294	60	0.005	2.449	0.000
	家系内 within families	0.852	426	0.002		
	总和 total	1.146	486			
特定增重率(%/d) specific growth rate	家系间 between families	90.515	60	1.509	4.216	0.000
	家系内 within families	152.446	426	0.358		
	总和 total	242.961	486			

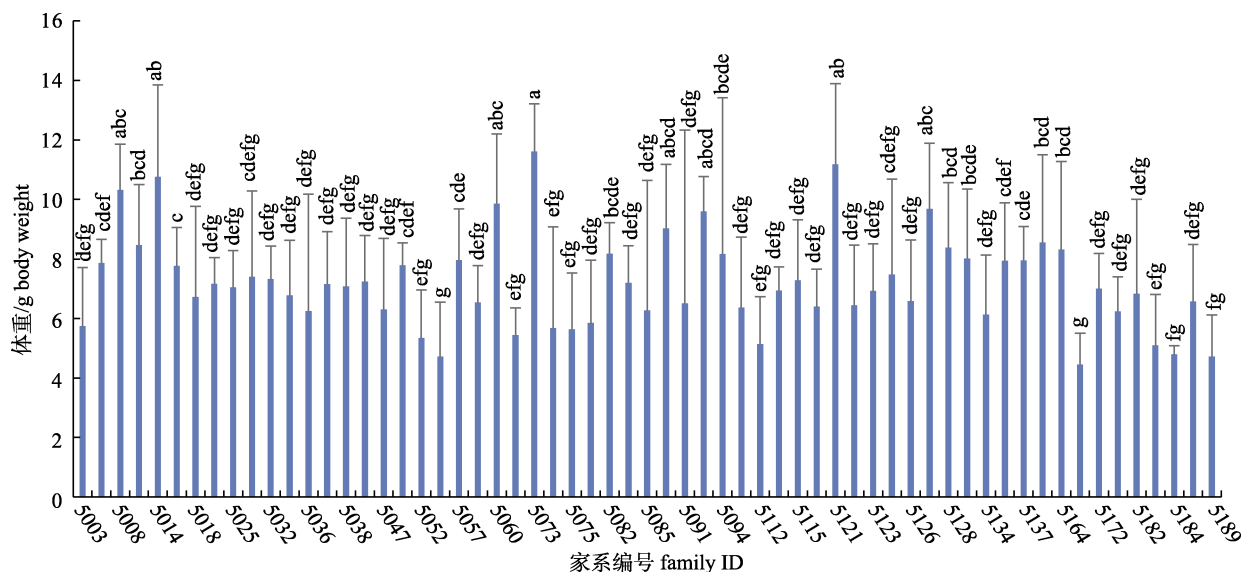


图1 凡纳滨对虾在盐碱水养殖水环境下各家系平均体重的LSD多重比较

不同字母表示不同家系之间差异显著($P<0.05$).

Fig. 1 LSD multiple range test for comparisons of multi-average of body weight among each family of *Litopenaeus vannamei* in alkaline water culture conditions
Different letters mean significant differences ($P<0.05$).

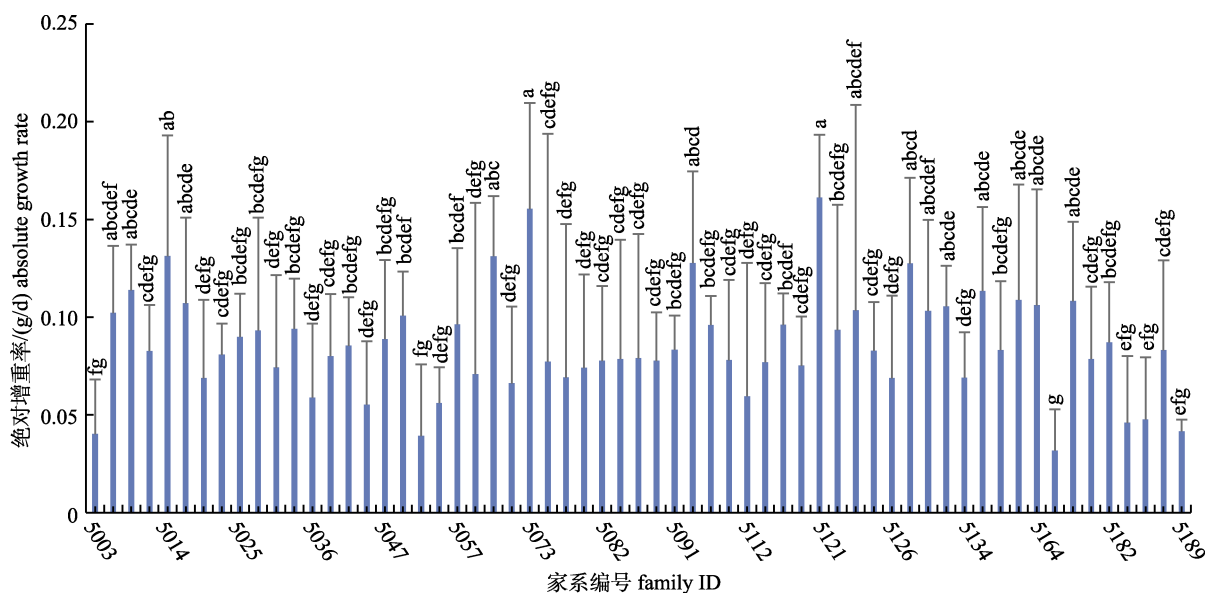


图2 凡纳滨对虾在盐碱水养殖水环境下各家系平均绝对增重率的LSD多重比较

不同字母表示不同家系之间差异显著($P<0.05$).

Fig. 2 LSD multiple range test for comparisons of multi-average of AGR among each family of *Litopenaeus vannamei* in alkaline water culture conditions

3 讨论

3.1 凡纳滨对虾家系在盐碱水养殖环境下生长性能的比较

选择育种方法的种类很多, 主要包括个体选育、家系选育和混合选育等^[11], 其中混合选育和家系选育是目前凡纳滨对虾选择育种的主要方

式。近年来, 国内外许多专家学者利用构建家系开展了虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)^[12]、大西洋鲑(*Salmo salar*)^[13]、尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)^[14]、大菱鲆(*Scophthalmus maximus*)^[15]、大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)^[16]、中国对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)^[17]、牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)^[18]、海湾扇贝(*Argopecten irradians*)^[19]等水

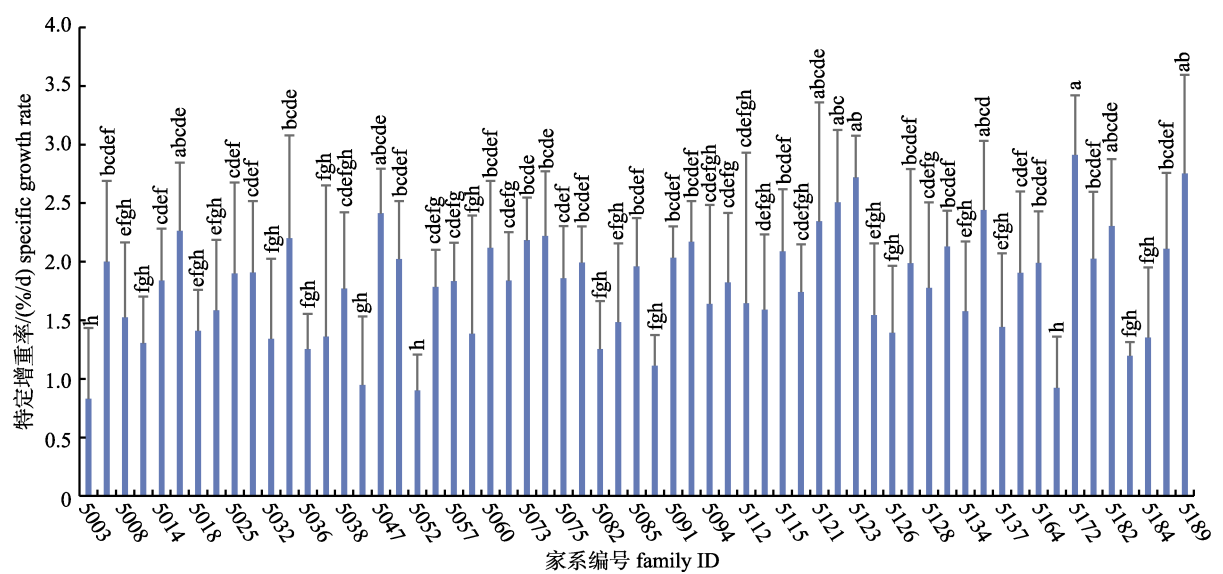


图 3 凡纳滨对虾在盐碱水养殖水环境下各家系平均特定增重率的 LSD 多重比较
不同字母表示不同家系之间差异显著($P<0.05$).
Fig. 3 LSD multiple range test for comparisons of multi-average of SGR among each family of *Litopenaeus vannamei* in alkaline water culture conditions
Data with different letters mean significant differences ($P<0.05$).

表 4 凡纳滨对虾盐碱水养殖水环境下各家系的存活率
Tab. 4 Survival rate of each family of *Litopenaeus vannamei* in alkaline water culture conditions

家系号 family number	存活率 survival rate	家系号 family number	存活率 survival rate	家系号 family number	存活率 survival rate	家系号 family number	存活率 survival rate	家系号 family number	存活率 survival rate
5032	0.63	5128	0.33	5060	0.23	5036	0.20	5112	0.17
5024	0.60	5164	0.33	5184	0.23	5058	0.20	5122	0.17
5009	0.57	5014	0.33	5083	0.23	5106	0.20	5038	0.13
5115	0.53	5172	0.30	5039	0.23	5003	0.17	5086	0.13
5180	0.50	5016	0.30	5114	0.23	5085	0.17	5125	0.13
5050	0.47	5127	0.30	5004	0.23	5008	0.17	5093	0.10
5188	0.47	5158	0.30	5018	0.23	5069	0.17	5052	0.10
5073	0.43	5133	0.30	5053	0.23	5094	0.17	5047	0.10
5074	0.40	5075	0.30	5165	0.23	5118	0.17	5183	0.10
5030	0.37	5134	0.30	5025	0.23	5121	0.17		
5182	0.37	5137	0.27	5135	0.20	5082	0.17		
5126	0.33	5033	0.27	5037	0.20	5189	0.17		
5057	0.33	5123	0.27	5091	0.20	5080	0.17		

产物种的选育,并取得了良好效果。于飞等^[15]通过对大菱鲆各家系之间生长性能聚类分析表明,组合间和组合内的家系均存在较大差异。陈松林等^[18]利用牙鲆 63 个家系进行生长比较实验,筛选出 4 个生长快速的家系和 9 个生长较快的家系。李刚^[20]开展了凡纳滨对虾的遗传选育,经过四代选育后,每代平均体重的遗传改进量范围为 17.569%~32.183%,取得了良好效果。在本研究中,结果显示凡纳滨对虾在氯化物型盐碱水养殖环境下各家系之间体重存在极显著性差异($P<0.01$),绝对增重最快的家系比绝对增重均值高 7.54%,比最慢家系高 12.95%,有 17 个家系的绝对增重率超过 0.1 g/d,且体重性状变异系数高达 36.26%,说明针对该氯化物型盐碱水养殖环境而言,开展

体重性状的家系选育具有较大潜力; 盐碱水养殖环境下所有家系的绝对增重率均值和特定增重均值率分别是 0.09 g/d 和 1.82%/d, 体重增重率相对较为缓慢, 这与 Saoud 等^[21]、Cheng 等^[22]和 Laramore 等^[23]已经证实的凡纳滨对虾在低盐养殖环境下比海水养殖环境生长速度快的结果相左, 笔者认为可能是由于盐碱水中复杂的化学离子组成及含量不同会影响对虾的生长发育。

3.2 凡纳滨对虾不同家系耐盐碱存活性能比较

抗逆育种是指利用水产动物本身的一些遗传特性, 经过培育获得逆境条件下能保持相对稳定产量和品质的育种方法。目前, 已开展的凡纳滨对虾抗逆性状主要有以下几种: 抗白斑病、耐低盐、耐氨氮、耐高温和耐高 pH 等。而在本研究主要针对凡纳滨对虾对氯化物型盐碱水的耐受性, 结果可以看出: 凡纳滨对虾在盐碱水养殖环境下各家系的存活率范围为 1.00%~63.33%, 各家系之间存活率差异较大, 变异系数高达 46.82%, 说明凡纳滨对虾各家系在盐碱水养殖环境下存活性状存在较大的选育空间。家系之间的差异性较大, 说明各个家系对盐碱水环境的耐受性是不同的, 存在选育抗性较强家系的可能性, 这和林红军等^[24]研究的凡纳滨对虾在同一时期对淡水的耐受性存在显著差异相一致。与此同时, 本研究可以为下一阶段凡纳滨对虾家系选育基础群体的构建提供生长性能资料, 加快凡纳滨对虾的遗传选育进程。

3.3 凡纳滨对虾耐盐碱选育前景

目前, 我国盐碱水域面积大、分布广, 其化学离子成分复杂, 且由于储量丰富加上大部分盐碱水域未被人类生活和生产所利用, 已然导致了严重的环境水文地质问题^[4]。利用凡纳滨对虾广盐性、耐盐碱和耐 pH 的特性以及利用改良调控技术可以在盐碱水域开展对虾的养殖工作, 借此可以充分缓解一些地区的盐碱水域无法利用的难题^[25]。目前, 在中国的一些盐碱水域地区已经开展了一些相关工作, 例如: 在东北、内蒙古、山东、天津以及河北等地区已经开展了凡纳滨对虾养殖工作的相关研究, 并取得了较好效果^[26-27]。针对某一特定的盐碱水特性, 通过开展凡纳滨对虾耐盐碱良种选育, 可以进一步提高水产养殖产量, 能

有效促进盐碱水域资源的开发和利用, 对盐碱地区渔业经济的发展具有重要意义, 耐盐碱凡纳滨对虾良种选育应用前景广阔。

参考文献:

- [1] Wang X Q, Ma S, Dong S L. Studies on the biology and cultural ecology of *litopenaeus vannamei*: a review[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2004(4): 94-100. [王兴强, 马甦, 董双林. 凡纳滨对虾生物学及养殖生态学研究进展[J]. 海洋湖沼通报, 2004(4): 94-100.]
- [2] Yang F Y, Li X J, Yang X Q, et al. Adaptability of white-leg shrimp (*Penaeus vannamei*) to alkaline waters in Northeast China[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2005, 21(8): 413-416, 466. [杨富亿, 李秀军, 杨欣乔, 等. 南美白对虾对东北碱性水域的适应性研究[J]. 中国农学通报, 2005, 21(8): 413-416, 466.]
- [3] Zheng W G, Zhang Z Q, Zhang M Z. Study on tolerance of *Carassius auratus* Pengze fingerlings to salinity and alkalinity[J]. Journal of Jimei University: Natural Science, 2004, 9(2): 127-130. [郑伟刚, 张兆琪, 张美昭. 彭泽鲫幼鱼对盐度和碱度耐受性的研究[J]. 集美大学学报: 自然科学版, 2004, 9(2): 127-130.]
- [4] Wang H, Lai Q F, Fang W H, et al. Study on aquaculture in different type of saline-alkali water[C]//2003 Fisheries Science and Technology Forum, 2003. [王慧, 来琦芳, 房文红, 等. 不同类型咸水的水产养殖研究[C]//2003 水产科技论坛, 2003.]
- [5] Zhang Y Z, Shen J M, Wang Y, et al. The underground saline-alkali (micro) water distribution characteristics and the exploitation and utilization in the Hebei plain[J]. Agro-Environment & Development, 2009(6): 29-33. [张亚哲, 申建梅, 王莹, 等. 河北平原地下(微)咸水的分布特征及开发利用[J]. 农业环境与发展, 2009(6): 29-33.]
- [6] Jin H L. Culture test summary of *Ictalurus punetaus*[J]. Agricultural Science-Technology and Information, 2011(19): 55-56. [金海林. 斑点叉尾鲷养殖试验总结[J]. 农业科技与信息, 2011(19): 55-56.]
- [7] Zhao R L. Talking about the introduction of Xiangyun Crucian and its intensive culture test in ponds[J]. Sci-Tech Information Development & Economy, 2009, 19(35): 222-223. [赵瑞亮. 湘云鲫引种及池塘集约化养殖试验[J]. 科技情报开发与经济, 2009, 19(35): 222-223.]
- [8] Wang N. Study on alkali resistant candidate genes polymorphism and differential expression of *Leuciscus waleckii* (Dybowski)[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2015. [王楠. 瓦氏雅罗鱼耐碱候选基因的多态性及表达差异研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2015.]

- [9] Yang F Y, Li X J, Zhao C S, et al. The factors affecting the growth of the *Litopenaeus vannamei* in carbonate alkaline water of Northeast China[J]. Reservoir Fisheries, 2007, 27(1): 42-46. [杨富亿, 李秀军, 赵春生, 等. 东北碳酸盐类盐碱水域凡纳滨对虾生长的影响因子[J]. 水利渔业, 2007, 27(1): 42-46.]
- [10] Wang D P, Xie D X, Zhang B, et al. Effect of alkalinity regulation on water quality and growth performance of *Litopenaeus vannamei* reared indoor with high density[J]. Journal of Southern Agriculture, 2013, 44(3): 511-515. [王大鹏, 谢达祥, 张彬, 等. 碱度调节对南美白对虾室内高密度养殖水质及生长性状的影响[J]. 南方农业学报, 2013, 44(3): 511-515.]
- [11] Ji L, Ou Y J. Methods and progress of artificial selective breeding on marine-fish[J]. Marine Sciences, 2010, 34(10): 101-107. [吉磊, 区又君. 海水鱼类人工选育的方法和概况[J]. 海洋科学, 2010, 34(10): 101-107.]
- [12] Henryon M, Jokumsen A, Berg P, et al. Genetic variation for growth rate, feed conversion efficiency, and disease resistance exists within a farmed population of rainbow trout[J]. Aquaculture, 2002, 209(1-4): 59-76.
- [13] Friars G W, McMillan I, Quinton V M, et al. Family differences in relative growth of diploid and triploid Atlantic salmon (*Salmo salar* L.)[J]. Aquaculture, 2001, 192(1): 23-29.
- [14] Ponzoni R W, Hamzah A, Tan S, et al. Genetic parameters and response to selection for live weight in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)[J]. Aquaculture, 2005, 247(1-4): 203-210.
- [15] Yu F, Zhang Q W, Kong J, et al. Growth of the juvenile hybrids from different crossing combinations of the imported *Scophthalmus maximus* L.[J]. Journal of Fisheries of China, 2008, 32(1): 58-64. [于飞, 张庆文, 孔杰, 等. 大菱鲆不同进口群体杂交后代的早期生长差异[J]. 水产学报, 2008, 32(1): 58-64.]
- [16] Wei X J, Liu X D, Wang Z Y. The Comparison of growth-related traits in the early stage and its genetic parameter estimation of 32 large yellow croaker families *Larimichthys crocea*[J]. Journal of Jimei University (Natural Science), 2013, 18(5): 321-328. [韦信键, 刘贤德, 王志勇. 32 个大黄鱼家系早期阶段生长性状比较及遗传参数估计[J]. 集美大学学报: 自然科学版, 2013, 18(5): 321-328.]
- [17] Li J, Liu P, He Y Y, et al. Artificial selection in the new breed of *Fenneropenaeus chinensis* named "Yellow Sea 1" based on fast growth trait[J]. Journal of Fisheries of China, 2005, 29(1): 1-5. [李健, 刘萍, 何玉英, 等. 中国对虾快速生长新品种“黄海 1 号”的人工选育[J]. 水产学报, 2005, 29(1): 1-5.]
- [18] Chen S L, Tian Y S, Xu T J, et al. Development and characterization for growth rate and disease resistance of disease-resistance population and family in Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*)[J]. Journal of Fisheries of China, 2008, 32(5): 665-673. [陈松林, 田永胜, 徐田军, 等. 牙鲆抗病群体和家系的建立及其生长和抗病性能初步测定[J]. 水产学报, 2008, 32(5): 665-673.]
- [19] Qin Y J, Liu X, Zhang H B, et al. Analysis on morphological characters in reciprocal-cross populations in bay scallop, *Argopecten irradians*[J]. Marine Sciences, 2007, 31(3): 22-27. [秦艳杰, 刘晓, 张海滨, 等. 海湾扇贝正反交两个家系形态学指标比较分析[J]. 海洋科学, 2007, 31(3): 22-27.]
- [20] Li G. Response to selective breeding and growth rate in *Litopenaeus vannamei*[D]. Yangling: Northwest A&F University, 2007. [李刚. 凡纳滨对虾选择育种效应与生长规律的研究[D]. 杨陵: 西北农林科技大学, 2007.]
- [21] Saoud I P, Davis D A, Rouse D B. Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus vannamei* culture[J]. Aquaculture, 2003, 217(1-4): 373-383.
- [22] Cheng K M, Hu C Q, Liu Y N, et al. Effects of dietary calcium, phosphorus and calcium: phosphorus ratio on the growth and tissue mineralization of *Litopenaeus vannamei* reared in low-salinity water[J]. Aquaculture, 2006, 251(2-4): 472-483.
- [23] Laramore S, Laramore C R, Scarpa J. Effect of low salinity on growth and survival of postlarvae and juvenile *Litopenaeus vannamei*[J]. Journal of the World Aquaculture Society, 1994, 32(4): 385-392.
- [24] Lin H J, Zhang L P, Shen Q, et al. The comparison of tolerance to fresh water in 10 full-sib families of white leg shrimp, *Litopenaeus vannamei*[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2010(4): 143-148. [林红军, 张吕平, 沈琪, 等. 10 个凡纳滨对虾全同胞家系淡水耐受性比较[J]. 海洋湖沼通报, 2010(4): 143-148.]
- [25] Wang Z H, Song X Z, Li C L, et al. Cangzhou area saline water quality characteristics and cultured shrimp water quality control technology[J]. Hebei Fisheries, 2015(11): 39-41. [王振怀, 宋学章, 李春岭, 等. 沧州地区盐碱水水质特点及养虾水质调控技术[J]. 河北渔业, 2015(11): 39-41.]
- [26] Zhang M Z, Zhang Z Q, Zhao W, et al. Studies on characteristics of water chemistry of ponds with chloride type saline and alkaline soil[J]. Journal of Ocean University of Qingdao, 2000, 30(1): 68-74. [张美昭, 张兆琪, 赵文, 等. 氯化物型盐碱地池塘水化学特征的研究[J]. 青岛海洋大学学报, 2000, 30(1): 68-74.]
- [27] Shi Y L. Studies on water quality characteristics and change regulations of culture ponds with heavy saline-alkaline soil[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2009. [石玉龙. 重盐碱地养殖池塘水质特征及变化规律的研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2009.]

Analysis of growth and survival among different families of *Litopenaeus vannamei* in the chloride typed alkaline water

ZENG Fanyong^{1,2,3}, LUO Kun^{2,3}, LUAN Sheng^{2,3}, CAO Baoxiang^{2,3}, LU Xia^{2,3}, TAN Jian^{2,3}, CHEN Baolong^{2,3}, MENG Xianhong^{2,3}, KONG Jie^{2,3}

1. Wuxi Fisheries College, Nanjing Agricultural University, Wuxi 214081, China;

2. The Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resources, Ministry of Agriculture; Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China;

3. Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266071, China

Abstract: The pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, is becoming one of the most popular cultured species in the world due to the advantages of rapid growth, low demand for animal feed and a high survival rate at high density. The *Litopenaeus vannamei* has wide adaptability to salinity and better resistance to stresses, and successfully cultured in the alkaline water in China. In order to further improve the effect of aquaculture in alkaline water for better effective utilization of alkaline water, we carried out genetic breeding experiment of *Litopenaeus vannamei* in alkaline water environment. The comparative experiments among 61 families of *Litopenaeus vannamei* on the body weight and the survival rates were carried out in alkaline water (AW) environment. After 50 days of culture test, the results showed that body weight and survival rates of different *L. vannamei* families were significant ($P < 0.01$) in AW, and the mean and CV were 7.25 g and 26.61%, 36.26% and 46.82%, respectively. In the meantime, different growth performance was observed among different families AW. The absolute growth rate (AGR) and specific growth rate (SGR) were 0.09 g/d and 1.82%/d. And the body weight of family 5121 was biggest in AW environment, AGR and SGR is 0.16 g/d and 2.34%/d, 7.54% higher than the mean of the families, and 12.95% higher than that of the lowest. The survival rates results indicated that the difference of survival rates of families in AW was significant, which was 26.61%, and the survival rates of each families were ranged from 1.00% to 63.33% in AW. The survival rates of family 5032 was the highest in AW environment, which was 63.33%, 36.72% higher than the mean of the families, and 62.33% higher than that of the lowest. The results suggested that the family selection of *L. vannamei* in AW environment has great genetic improvement potentials, and may provide a good reference for the next phase of the tolerance to AW environment of *L. vannamei* family selection. Through continuous family selection, it is possible to develop more suitable breed of *Litopenaeus vannamei* for alkaline water. This will be of great significance for effectively promoting the health culture of *Litopenaeus vannamei* in the alkaline water.

Key words: *Litopenaeus vannamei*; alkaline water; body weight; survival rate

Corresponding author: KONG Jie. E-mail: kongjie@sina.com