

卢龙飞,李长青,常丽荣,等. 南北方越冬对皱纹盘鲍生长的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(6):137-143.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.06.023

南北方越冬对皱纹盘鲍生长的影响

卢龙飞^{1,2}, 李长青^{1,2}, 常丽荣¹, 李加琦³, 胡晓丽⁴, 刘力源¹, 倪甜¹, 王振华⁵

(1. 威海长青海洋科技股份有限公司, 山东荣成 264300; 2. 国家海产贝类工程技术研究中心, 山东荣成 264300;

3. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东青岛 266071; 4. 中国海洋大学海洋生命学院, 山东青岛 266003;

5. 寻山集团有限公司, 山东荣成 264300)

摘要:南北方接续养殖是国内一种广泛应用的鲍越冬养殖模式,对南冬-北夏、北冬-北夏条件下不同龄期(6、18 月龄)和品种(系)(选育、野生、杂交)的皱纹盘鲍(*Haliotis discus hannai*)的生长情况进行探究。结果表明,在经过 6 个月的越冬后,南方和北方越冬鲍均显著生长,其中南方越冬鲍(6、18 月龄鲍分别为 76.01、110.94 mg/d)的生长优势显著优于北方越冬鲍(12.50、42.84 mg/d),但越冬期存活率(6、18 月龄鲍分别为 90.31%、73.67%)显著低于北方鲍(94.92%、86.43%),龄期对鲍生长影响显著,6 月龄鲍在越冬期间的生长优势(壳长和体质量增长率分别为 54.65%、239.89%)高于 18 月龄鲍(9.38%、35.74%)。虽然在南方越冬显著提高了鲍的生长速率,但越冬期间及后续度夏期的存活率均极显著低于北方越冬鲍。说明在北方冬季海水温度相对较高的条件下,18 月龄鲍在北冬-北夏模式下可获得与南冬-北夏相当的体质量增长量。

关键词:皱纹盘鲍;越冬模式;品种(系);生长;龄期

中图分类号: S968.31+6.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2022)06-0137-06

鲍隶属于腹足纲前鳃亚纲原始腹足目鲍科,是我国重要的海洋经济贝类。鲍含有丰富的蛋白质、脂肪、氨基酸及多种人体必需的微量元素,味道鲜美,深受消费者喜爱,被称为“海味之冠”“软黄金”等。从 20 世纪 60 年代开始,我国开始人工养殖鲍,养殖总量呈现逐年递增的趋势,尤其在 2000 年后增速加快,至 2017 年我国鲍养殖产量达 14.85 万 t(《2018 中国渔业统计年鉴》),占全球总产量近 87%[联合国粮食及农业组织(FAO)],产业发展潜力巨大^[1]。

目前,我国鲍的养殖种类主要包括皱纹盘鲍(*Haliotis discus hannai*)、杂色鲍(*H. diversicolor Reeve*)、九孔鲍(*H. diversicolor aquatilis*),及以皱纹盘鲍为母本,采用种间杂交产生的西盘鲍、绿盘鲍等,其中皱纹盘鲍及其杂交品种产量占我国鲍总产量的绝大部分^[2]。适宜鲍养殖的水域相对局限,最初鲍的养殖区主要集中在辽东和山东半岛等局部

海域,经过近几十年的发展,人工增养殖技术发展迅速,逐渐形成以福建、山东为主养区,辐射广东、海南等沿海各省的新格局。

然而,北方近岸养殖的鲍在越冬期存在室外养殖生长缓慢(冬季长达 4~5 个月基本不生长)的难题,而南方养殖鲍在度夏期则存在高温死亡率高、生长停滞等问题^[3]。为解决上述难题,南北接力养殖方式被提出,即选择冬季在南方和夏季在北方的交替养殖。李钧等于 2004 年将福建莆田培育的幼鲍转移至山东荣成度夏,再运回莆田,显著提高了鲍产量及其经济效益^[4]。陈冲等于 2005 年将辽宁省大连繁育的皱纹盘鲍幼鲍移至莆田海域越冬,显著降低了养殖成本,证明南北接力的可靠性^[5]。南北接力已在全国范围内迅速推广,显著提高了我国鲍养殖业的效益和规模^[6-7]。但这种优势是否适合所有品种(系)的皱纹盘鲍并不清楚,开展越冬模式、龄期、品种(系)与鲍生长、生理、主要生化组分间交互作用的分析,可为进一步提高南北接力养殖模式的效率提供基础信息,但相关研究鲜见报道。

本研究以皱纹盘鲍为对象,采用经选育的荣成爱莲湾原种鲍、长岛海域野生鲍及常规养殖生产鲍,探究不同品种(系)、不同龄期的鲍在山东荣成、福建泉州海域越冬期间的生长和存活,以期评价南

收稿日期:2021-09-01

基金项目:山东省农业良种工程项目(编号:2017LGC009)。

作者简介:卢龙飞(1987—),男,山东荣成人,博士,主要从事水产养殖研究。E-mail:lulongfei567@163.com。

通信作者:常丽荣,主要从事水产养殖等研究。E-mail:xunshan_xm@163.com。

北接续养殖模式对鲍生长的影响,为鲍养殖产业的进一步发展提供参考。

1 材料与方法

1.1 鲍的来源

由表 1 可知,试验所用鲍均取自威海长青海洋科技股份有限公司,包括皱纹盘鲍寻山 1 号(BD)(源自 1994 年桑沟湾和爱莲湾海区采捕的野生鲍,经逐代选育而来)、长岛野生鲍(CD)(源自长岛海域的野生鲍群体)及常规养殖生产杂交鲍(SC)3 个品种(系),每个品种(系)的鲍均包括试验初始龄期为 6 月龄(2018 年育鲍)、18 月龄(2017 年育鲍)2 种龄期,共 6 组样品。2018 年 10 月挑选上述不同品种(系)、不同龄期的 6 组鲍各 6 000 个作为本研究的试验材料,同龄期的鲍尽量保持个体规格一致。

表 1 供试皱纹盘鲍的生物学参数

组别	繁育时间 (年-月)	壳长 (mm)	壳宽 (mm)	体质量 (g)
6 月龄 BD	2018-04	28.69±2.80	19.96±1.84	3.61±1.09
18 月龄 BD	2017-04	68.61±4.17	44.13±2.26	40.65±6.31
6 月龄 CD	2018-04	28.05±2.49	19.21±1.67	3.33±1.00
18 月龄 CD	2017-04	67.80±4.29	43.69±3.10	41.40±8.61
6 月龄 SC	2018-04	28.66±2.41	19.35±1.46	3.53±0.83
18 月龄 SC	2017-04	67.73±6.35	43.97±4.46	39.95±8.70

1.2 鲍的剥离、运输

6 月龄稚鲍采用 3% 乙醇麻醉方法进行剥离^[8],挑选规格相近、生长状态较好的成鲍置于养殖池中暂养 24 h,按照 60 个/层的密度装筐,使用规格为 40 cm×30 cm×12 cm、孔径为 0.5 cm 的无毒鲍塑料专用筐分装,6 筐串成 1 串(即为 1 笼)。分装好的稚鲍随机平均分为两部分,一部分采用低温活水运输至福建省泉州市泉港区南浦镇肖厝村海区,一部分置于山东省荣成市爱莲湾海区。

18 月龄成鲍采用物理剥离方法。挑选规格相近、生长状态较好的成鲍进行装笼,使用规格为 40 cm×30 cm×12 cm、孔径为 0.5 cm 无毒鲍鱼塑料专用筐进行分装,其中 1 筐放置 30 个成鲍,6 筐串成 1 串(即为 1 笼)。分装好的成鲍随机平均分为两部分,一部分保持在流水条件下经船运输至肖厝村海区,一部分置于爱莲湾海区。越冬期结束后,南方越冬试验组用船运输至山东省荣成市爱莲湾海区,与北方越冬试验组养殖在相同海区。

1.3 越冬期和度夏期管理

稚鲍和成鲍均吊养于筏架上。为消除长途运

输对幼鲍和成鲍生长发育的影响,在南冬-北夏的运送(运送时间为 4~5 d)结束后,各组鲍均在新海水环境中放置 1 周,再开始定期喂食新鲜海带。而北方越冬个体在低温下的代谢活性低,投喂频率显著低于南方越冬个体。在北方度夏期,定期投喂足量新鲜海带,投喂频率相当。

越冬期于 2018 年 10 月 20 日开始,2019 年 4 月 27 日结束,共 189 d。在越冬期结束后,将所有试验鲍均置于荣成爱莲湾海区继续养殖(度夏期)至 2019 年 11 月 16 日。

在越冬期和度夏期,每天分别测定试验海域的表层 1 m 水温。2018 年 10 月 20 日至次年 4 月 27 日山东荣成越冬海域的平均水温为 8.35℃(2.8~21.6℃),泉州越冬海域的平均水温为 17.98℃(14.6~25.6℃)。2019 年 4 月 28 日至 11 月 16 日,山东荣成度夏海域的平均水温为 18.96℃(9.0~24.2℃)。以 15℃为适宜鲍生长下限^[9],在北方越冬期适宜鲍生长的时间为 34 d,在南方越冬期为 174 d,在北方度夏期为 168 d。

1.4 鲍生长参数测定

在越冬前、越冬结束和度夏期结束,从每个试验组随机挑选 3 笼鲍,每笼抽取 20 个鲍(共 60 个),测定其壳长(L)、壳宽(W_i)及个体质量(m_i),并随机抽取 5 笼测定其存活率。壳长、壳宽及全湿质量的日生长量计算公式如下:

$$R_L = (L_1 - L_0) / 189 \times 1\,000;$$

$$R_{m_i} = (m_{i_1} - m_{i_0}) / 189 \times 1\,000;$$

$$R_{m_i} = (m_{i_1} - m_{i_0}) / 189 \times 1\,000。$$

式中: L_0 、 m_{i_0} 、 m_{i_0} 分别为越冬前鲍的平均壳长(mm)、壳宽(mm)、全湿质量(g), L_1 、 m_{i_1} 、 m_{i_1} 分别为越冬后鲍的平均壳长(mm)、壳宽(mm)、个体质量(g), $n=60$;189 为越冬期养殖时间,d; R_L 、 R_{m_i} 、 R_{m_i} 的单位分别为 $\mu\text{m}/\text{d}$ 、 $\mu\text{m}/\text{d}$ 、 $\mu\text{g}/\text{d}$ 。

1.5 越冬后鲍体成分测定

在越冬期结束,分别从每个试验组的不同鲍笼中随机抽取规格类似的鲍(冷冻处理,运送至实验室统一处理)测定其全鲍体成分,水分含量测定按 GB 5009.3—2010《食品安全国家标准 食品中水分的测定》第 1 法执行;蛋白质含量测定按 GB 5009.5—2010《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》第 1 法执行;粗脂肪含量测定按 SN/T 0800.2—1999《进出口粮食 饲料粗脂肪检验方法》执行;总糖含量测定按 GB/T 9695.31《肉制品

总糖含量测定》第 1 法执行。共设 3 组平行,每个平行的稚鲍为 9 个个体,每个平行的成鲍为 3 个个体。

1.6 数据分析

采用 SPSS 19.0 软件进行单因素方差分析(One way ANOVA)、多因素方差分析(Multi-way ANOVA)和相关性分析(Spearman),显著水平 $\alpha = 0.05$ 。采用 Sigma-Plot 12.0 软件作图。

2 结果

2.1 越冬期生长状况

无论是南方还是北方,鲍在越冬期间均显著生长,由图 1 和表 2 可知,在南方越冬后,鲍壳长、壳宽、个体质量的测量值、日均增长量均显著高于北方越冬鲍($P < 0.05$),其壳长和个体质量的日均增长量分别为北方越冬鲍的 3.20、3.38 倍;6 月龄鲍的壳长在南方和北方越冬期间的日增长量分别为 127.15、37.48 $\mu\text{m}/\text{d}$,显著高于 18 月龄鲍(分别为 49.82、17.75 $\mu\text{m}/\text{d}$)($P < 0.05$);6 月龄鲍的个体质量日增长量(南北方越冬分别为 76.01、12.50 mg/d)显著低于 18 月龄鲍(110.94、42.84 mg/d)($P < 0.05$)。在北方越冬期,6 月龄和 18 月龄 BD 的壳长、壳宽和个体质量均显著优于 CD 和 SC($P < 0.05$);CD 和 SC 间差异不显著。

由表 3 可知,北方越冬鲍的存活率(平均值为 90.67%)显著高于南方越冬鲍(平均值为 81.99%)($P < 0.05$)。6 月龄鲍的存活率(平均值为 92.62%)显著高于 18 月龄鲍(80.04%)($P < 0.05$)。除个别试验组合外,南方越冬的 18 月龄鲍总体表现为 BD(80.67%)>SC(74.07%)>CD(66.27%),北方越冬 18 月龄鲍总体表现为 BD(87.22%) \approx CD(87.62%)>SC(84.44%),总体来看,相同龄期和越冬模式下不同品种(系)间存活率的差异不显著($P > 0.05$),其中 BD 平均存活率相对较高(平均值为 88.38%,CD、SC 分别为 85.24%、85.37%)。

2.2 度夏期生长状况

在北方度夏期,试验鲍均显著生长。由图 2 可知,南方越冬鲍在度夏期间保持生长优势,度夏后的壳长、个体质量(平均值分别为 77.00 mm、65.02 g)均显著高于北方越冬鲍(平均值分别为 67.75 mm、42.54 g)($P < 0.05$);北方越冬鲍的壳长日增长量(平均为 70.30 $\mu\text{m}/\text{d}$)均显著高于南方越冬鲍(59.21 $\mu\text{m}/\text{d}$)($P < 0.05$),大部分北方越冬鲍

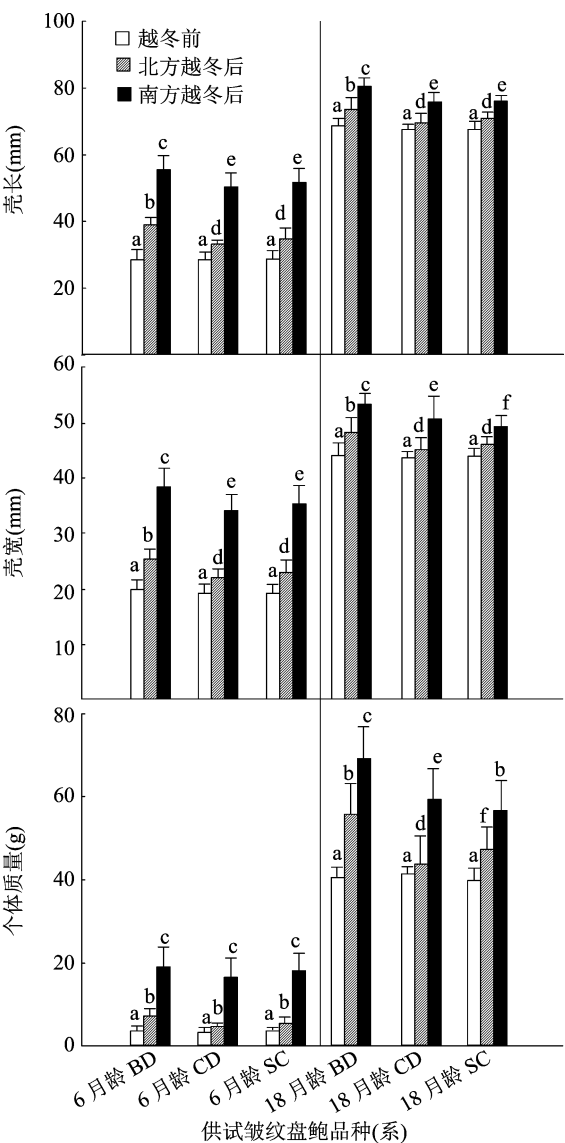


图1 越冬前后鲍壳长、壳宽、个体质量变化

表2 越冬期间鲍壳长、个体质量日增长量

组别	壳长日增长量($\mu\text{m}/\text{d}$)		个体质量日增长量(mg/d)	
	北方越冬	南方越冬	北方越冬	南方越冬
6 月龄 BD	53.61a	141.13a	19.86c	81.79bcd
6 月龄 CD	26.79b	118.38b	7.31c	70.03d
6 月龄 SC	32.05b	121.93b	10.34c	76.20cd
18 月龄 BD	27.18b	63.14c	78.55a	150.28a
18 月龄 CD	8.53d	42.84d	11.82c	95.43b
18 月龄 SC	17.53c	43.49d	38.15b	87.11bc

注:不同小写字母表示同一指标各处理组间差异显著($P < 0.05$)。表 3、表 4 同。

的个体质量日增长量(平均为 95.54 mg/d)均显著低于南方越冬鲍(124.51 $\mu\text{m}/\text{d}$)($P < 0.05$)。各个品种(系)间的生长参数差异不显著,其中,BD 壳长、壳宽和个体质量均相对较高。

表 3 越冬期间鲍存活率

组别	存活率(%)	
	北方越冬	南方越冬
6 月龄 BD	95.63 ± 5.45a	90.00 ± 2.92ab
6 月龄 CD	95.41 ± 2.49a	91.68 ± 4.40a
6 月龄 SC	93.73 ± 3.06a	89.25 ± 2.62ab
18 月龄 BD	87.22 ± 4.04ab	80.67 ± 6.72bc
18 月龄 CD	87.62 ± 5.66ab	66.27 ± 9.78d
18 月龄 SC	84.44 ± 3.30b	74.07 ± 7.72cd

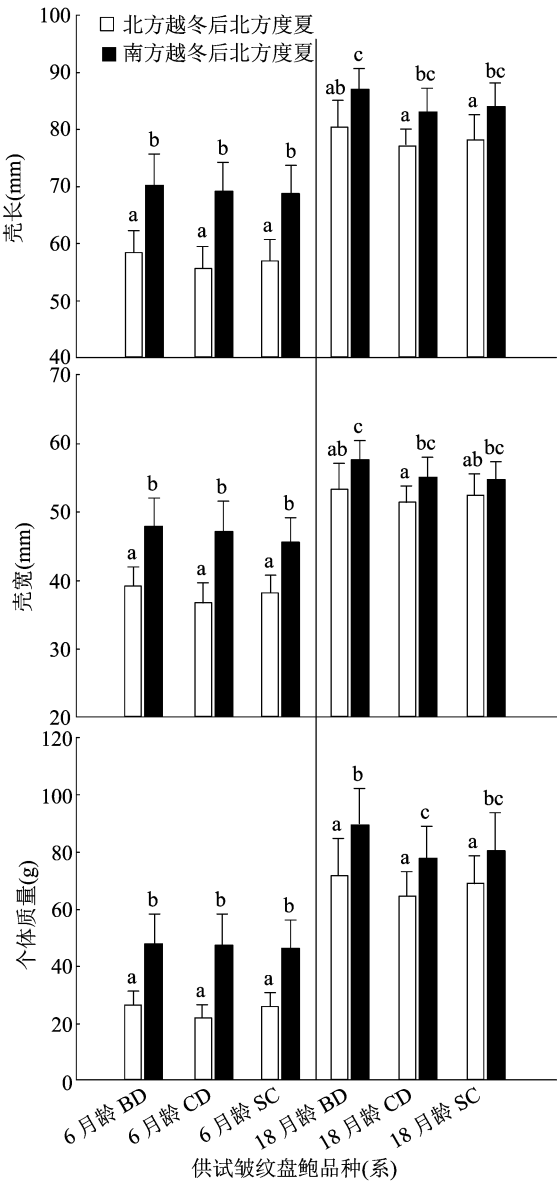


图2 度夏后鲍壳长、壳宽、个体质量变化

由表 4 可知,北方越冬鲍在度夏期间的存活率(平均值为 84.57%)显著高于南方越冬鲍(平均值为 76.33%)($P < 0.05$);6 月龄鲍的存活率(平均值为 85.56%)显著高于 18 月龄鲍(平均值为

75.34%)($P < 0.05$)。BD 的存活率显著高于 SC、CD,且 CD 的存活率最低,BD、SC、CD 存活率的平均值分别为 83.64%、81.13%、76.58%。

表 4 度夏期间鲍存活率

组别	存活率(%)	
	北方越冬鲍	南方越冬鲍
6 月龄 BD	90.78 ± 0.51a	87.46 ± 1.98a
6 月龄 CD	83.54 ± 4.42ab	77.78 ± 4.42b
6 月龄 SC	88.08 ± 2.35ab	85.71 ± 1.26a
18 月龄 BD	85.00 ± 5.89ab	71.33 ± 2.80c
18 月龄 CD	80.33 ± 2.08ab	64.67 ± 4.51d
18 月龄 SC	79.72 ± 10.49b	71.00 ± 3.61cd

综合越冬期和度夏期,对总产量进行计算(个体质量增量 × 越冬期存活率 × 度夏期存活率),可发现 6 月龄鲍在经过“南方越冬 + 北方度夏”后总产量(949.71%)显著高于“北方越冬 + 北方度夏”(510.59%)处理($P < 0.05$),而 2 龄鲍差异并不显著,前者平均值(53.53%)略高于后者(48.40%)。在各品种(系)中,BD 的总产量最优(6、18 月龄分别为 763.58%、63.02%),SC 次之(727.07%、51.36%),CD 最差(699.81%、38.52%)。

2.3 越冬结束主要体成分

由图 3 可知,北方越冬鲍的粗总糖(15.25%)和粗脂肪(3.12%)平均含量均低于南方越冬鲍(22.35%、3.80%),粗蛋白平均值(50.55%)则高于南方鲍(48.33%)。6 月龄鲍的粗总糖(16.33%)和粗脂肪(3.20%)平均含量均低于南方越冬鲍(21.26%、3.73%),粗蛋白平均含量(50.17%)则高于南方鲍(48.70%);BD 的粗总糖(19.39%)、粗脂肪(3.79%)和粗蛋白(49.56%)平均含量相对较高。越冬模式和龄期对鲍的 3 个主要体成分含量均具有显著影响($P < 0.05$);除个别组外,品种(系)对三者也均具有显著影响($P < 0.05$)。

去壳后水分含量的变化范围为 69.98% ~ 90.89%,平均值为 81.00%,不同越冬模式、龄期及品种(系)均对其影响均不显著。

2.4 越冬期相关性分析

将试验参数采用非参数检验(Spearman)进行相关性分析,结果见表 5。其中,越冬模式与粗总糖、粗脂肪含量(极)显著正相关($P < 0.05$),与粗蛋白含量、去壳水含量极显著负相关($P < 0.01$),说明南方越冬相对有利于积累粗总糖和粗脂肪,而不利于积累粗蛋白;龄期与生长参数(壳长、壳宽、个体

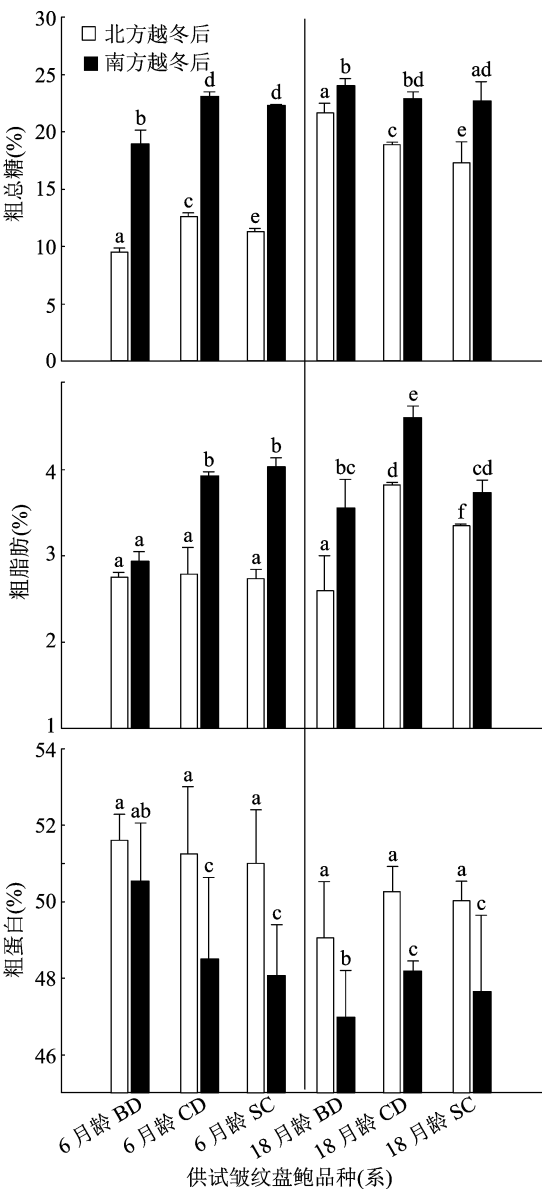


图3 越冬前后鲍粗总糖、粗脂肪、粗蛋白含量

质量)极显著正相关($P<0.01$),与存活率极显著负

相关($P<0.01$),结果与18月龄鲍的体型较大、存活率低相符;存活率与试验鲍的生长参数(壳长、壳宽、个体质量)极显著负相关($P<0.01$),与粗总糖、粗脂肪含量显著负相关($P<0.05$)。

3 讨论与结论

鲍南北接力的养殖方式,可以延长苗种的适温生长期,缩短养殖周期,提高越冬存活率,是一种经济、实用的养殖模式^[4-6]。本研究探究了不同品种(系)、不同龄期的鲍在越冬期间(山东荣成市、福建泉州市海区)的生长参数、存活率及主要生化组分的变化。结果表明,越冬模式、龄期和品种(系)均能导致上述参数的差异,相比18月龄鲍,6月龄鲍在南方和北方越冬期间基于生产参数的差异性生长更大。6月龄鲍在南方越冬期间的壳长、个体质量日增长量平均值分别为同龄期北方越冬的3.39、6.07倍,而18月龄鲍仅为2.81、2.59倍;6月龄鲍在南方越冬的产出量(个体质量日增长量×存活率)平均值为同龄期北方越冬产出量的6.84倍,18月龄鲍为2.18倍。说明南方越冬对2018年育鲍更为有利,能够显著延长稚鲍的生长期,提升其生长和经济产出,这也与前人的研究^[4-7]相符。

北方越冬鲍在低投喂频率的情况下仍然保持了一定的生长率(7.31~78.55 mg/d,平均为27.67 mg/d),其中2017年育鲍的日增量(平均42.84 mg/d)也显著高于6月龄鲍(12.50 mg/d),说明鲍(尤其18月龄鲍)在北方越冬过程中仍保持一定的生长。同期调查发现,在北方越冬18月龄鲍的存活率(平均86.43%)显著高于南方越冬鲍(73.67%)($P<0.05$),但与李均等的调查结果^[4-5]相悖,这可能是由于本试验在北方越冬过程中,海

表5 越冬后鲍参数相关性分析结果

指标	相关系数							
	壳长	壳宽	个体质量	存活率	粗总糖含量	粗脂肪含量	粗蛋白含量	去壳水含量
存活率	-0.93 **	-0.92 **	-0.95 **					
粗总糖含量	0.68 *	0.69 *	0.64 *	-0.66 *				
粗脂肪含量	0.51	0.53	0.55	-0.62 *	0.76 **			
粗蛋白含量	-0.77 **	-0.76 **	-0.74 **	0.79 **	-0.90 **	-0.74 **		
去壳水含量	-0.80 **	-0.80 **	-0.78 **	0.80 **	-0.95 **	-0.78 **	0.97 **	
越冬模式	0.44	0.44	0.44	-0.44	0.82 **	0.63 *	-0.72 **	-0.72 **
龄期	0.87 **	0.87 **	0.87 **	-0.87 **	0.39	0.39	-0.53	-0.58 *
品系	-0.15	-0.18	-0.06	-0.15	-0.09	0.24	-0.18	-0.06

注: *、** 分别代表显著相关($P<0.05$)、极显著相关($P<0.01$)。

水最低温度(2.8 ℃)并未达到鲍的致死温度;反而在南方越冬期间共计 69 d 超过 20 ℃,且温度波动相对多于北方的缘故(数据未显示),可能是鲍死亡率较在北方高的原因^[10]。高温也是导致海水贝类大规模死亡的最主要因素之一^[11-12],一方面高温诱导弧菌(*Vibrio* sp.)快速生长而引起鲍大量死亡^[12-14],另一方面高水温胁迫可影响贝类养殖群体的基础代谢、生长和免疫,从而导致其抗逆能力减弱^[15]。而且北方越冬鲍在后续度夏期也呈现相对较高的存活率,综合计算经过北方越冬的 2017 年育鲍(48.40%)总产量略低于南方越冬鲍(51.36%)。研究发现,在南方越冬后的鲍部分出现性成熟的现象,在经过干燥、搬运等刺激后个别鲍出现排精排卵乃至死亡现象(粗略统计约占 5%)。在北方越冬期间低频投饵等于减少了饵料、燃油和劳务支出,综合考虑鲍在南方越冬过程中相对有限的增产效果、相对较低的成活率以及运输和新环境适应过程中的死亡、约占苗种价 4% 的往返运输费^[5]等因素,在北方冬季水温未达到其致死温度的前提下,将鲍留置北方越冬(山东荣成市海区)也可取得经济效益。

已有研究表明,饵料差异、添加剂等均可导致鲍主要体成分发生变化^[16-18],如陈胜军等研究发现,不同产地的鲍肌肉样品中的元素含量存在差异^[19]。在本研究中,越冬模式、龄期、品种(系)均可以影响到鲍主要体成分的组成(粗总糖、粗脂肪及粗蛋白含量)。通过分析可发现,南方越冬鲍优先积累糖和脂肪,而北方鲍则处于相对饥饿的状态,优先积累蛋白,其含水量也相对较高。刘艳青研究也发现,可以通过体成分的差异将福建、山东青岛 2 地的鲍进行区分^[23]。鲍的内脏磷脂具有显著的减肥效果,能够降低血清和肝脏中甘油三酯和胆固醇含量,降低动脉粥样硬化指数,改善葡萄糖耐受性^[20]。由此可见,刚刚结束北方越冬的鲍个体营养价值相对较低。

本研究首次引入了不同品种(系)(无新品种)的皱纹盘鲍进行分析,包括原种选育鲍、野生鲍及生产鲍。虽然单因素方差分析的结果表明品种(系)不是主要的差异因素,但仍可发现不同品种(系)间存在差异(部分参数差异显著)。其中,BD 的性状均显著优于其他 2 个品系,说明 BD 在北方低温越冬和南方较高温越冬均具备生长优势;不同龄期皱纹盘鲍南北越冬差异比较结果表明南北接

力模式能够显著提升鲍的生长,但对 2018 年育鲍(6 月龄鲍)的优势较大,对 2017 年育鲍(18 月龄鲍)的优势相对较小。以上研究结果为鲍养殖产业提供了有力的技术支撑。

参考文献:

- [1] 林志强. 南日岛鲍鱼养殖产业的发展与展望[J]. 生物资源, 2018, 40(2): 186-191.
- [2] 王进可, 严正凛. 鲍养殖现状及发展趋势[J]. 水产科学, 2012, 31(12): 749-753.
- [3] Nie Z Q, Ji M F, Yan J P. Preliminary studies on increased survival and accelerated growth of overwintering juvenile abalone, *Haliotis discus Hannai* Ino[J]. Aquaculture, 1996, 140(1/2): 177-186.
- [4] 李 钧, 林祥志, 谢双如, 等. 贝类养殖技术之一 皱纹盘鲍南北接力养殖技术研究[J]. 中国水产, 2007(11): 46-47.
- [5] 陈 冲, 孙丕海, 王全军. 皱纹盘鲍苗种南方越冬的试验[J]. 水产科学, 2011, 30(10): 641-643.
- [6] Wu F C, Liu X A, Zhang G F, et al. Effects of the initial size, stocking density and sorting on the growth of juvenile Pacific abalone, *Haliotis discus Hannai* Ino [J]. Aquaculture Research, 2009, 40(10): 1103-1110.
- [7] Li J Q, Wang M L, Fang J G, et al. A comparison of offspring growth and survival among a wild and a selected strain of the Pacific abalone (*Haliotis discus Hannai*) and their hybrids[J]. Aquaculture, 2018, 495: 721-725.
- [8] 郭战胜, 侯旭光, 张海涛, 等. 皱纹盘鲍(*Haliotis discus Hannai*)与黑足鲍(*Haliotis iris*)杂交育苗的初步研究[J]. 山东大学学报(理学版), 2013, 48(5): 20-22, 28.
- [9] 高绪生, 刘永峰, 刘永襄, 等. 温度对皱纹盘鲍稚鲍摄食与生长的影响[J]. 海洋与湖沼, 1990, 21(1): 20-26.
- [10] 刘贤德, 闫玉华, 王志勇, 等. 杂色鲍对高温和低盐耐受力的初步研究[J]. 集美大学学报(自然科学版), 2008, 13(4): 301-303.
- [11] Burge C A, Griffin F J, Friedman C S. Mortality and herpesvirus infections of the pacific oyster *Crassostrea gigas* in tomales bay, California, USA[J]. Diseases of Aquatic Organisms, 2006, 72(1): 31-43.
- [12] Travers M A, Basuyaux O, le Goïc N, et al. Influence of temperature and spawning effort on *Haliotis tuberculata* mortalities caused by *Vibrio harveyi*: An example of emerging vibriosis linked to global warming [J]. Global Change Biology, 2009, 15(6): 1365-1376.
- [13] Cheng W, Hsiao I S, Hsu C H, et al. Change in water temperature on the immune response of Taiwan abalone *Haliotis diversicolor* supertexta and its susceptibility to *Vibrio parahaemolyticus*[J]. Fish & Shellfish Immunology, 2004, 17(3): 235-243.
- [14] Wang X Q, Wang L L, Zhang H A, et al. Immune response and energy metabolism of *Chlamys farreri* under *Vibrio anguillarum* challenge and high temperature exposure [J]. Fish & Shellfish Immunology, 2012, 33(4): 1016-1026.

许 荟,许志强,唐建清,等. 干旱胁迫对克氏原螯虾亲虾生长、抗氧化能力及生殖相关指标的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(6):143-148.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.06.024

干旱胁迫对克氏原螯虾亲虾生长、抗氧化能力及生殖相关指标的影响

许 荟¹,许志强²,唐建清²,黄亚红¹

(1. 南京大学生命科学院,江苏南京 210023; 2. 江苏省淡水水产研究所,江苏南京 210017)

摘要:为研究干旱胁迫同步化育苗对生殖期克氏原螯虾的生长、抗氧化能力和生殖相关指标的影响,本研究检测了性成熟克氏原螯虾在干旱胁迫下,5、10 d 时亲虾及最后获得的抱卵虾生长相关指标(丰满度、营养度)、生殖相关指标(性腺指数、相对繁殖力)、肝胰腺、性腺和肌肉蛋白含量,免疫相关酶(超氧化物歧化酶、过氧化氢酶、溶菌酶、酸性磷酸酶、碱性磷酸酶)活性,抱卵虾的抱卵指数、卵的质量、数量和营养物含量(葡萄糖、甘油三酯、总胆固醇)。结果表明,干旱对克氏原螯虾生长的影响不显著($P>0.05$);试验组的克氏原螯虾肝胰腺中酸性磷酸酶活力及性腺中超氧化物歧化酶的活力均显著低于对照组($P<0.05$),肌肉中超氧化物歧化酶和碱性磷酸酶活力均显著高于对照组($P<0.05$);试验组抱卵虾的肝胰腺总蛋白含量及肌肉中过氧化氢酶活力均显著低于对照组($P<0.05$),溶菌酶活性显著高于对照组($P<0.05$);受干旱胁迫后,克氏原螯虾卵的甘油三酯含量显著降低($P<0.05$)。由此可知,短期干旱胁迫对克氏原螯虾的生长并没有明显影响,但显著影响了其体内免疫相关酶活力及卵的营养水平。

关键词:克氏原螯虾;干旱胁迫;生长;繁殖;酶活性

中图分类号:S966.12 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)06-0143-06

克氏原螯虾(*Procambarus clarkii*)隶属于节肢动物门软甲纲十足目螯虾科原螯虾属,原产于美洲,20 世纪时经日本传入我国,现已成为国内重要的淡水经济虾类。据测算,2019 年克氏原螯虾全国总产值高达约 4 110 亿元^[1],整体呈快速增长趋势。随着国内克氏原螯虾养殖面积的迅猛发展,对优质虾苗的需求量也迅速增加,优质苗种供不应求。目前,克氏原螯虾的繁育主要以土池繁育为主,由亲虾在

虾塘内自行交配繁殖。该方式对土池生态环境依赖较大,实际繁育时,亲虾交配、产卵的时间较迟,且由于水温偏低,克氏原螯虾的胚胎发育速度比较慢^[2],通常要到第二年开春后才能批量出苗,因而到 5—6 月才能成熟上市^[3]。因此,年后 3、4 月无足够成虾供应,而 6 月成品虾集中上市又供大于求,直接影响克氏原螯虾养殖业的经济效益。

人工手段可以调控克氏原螯虾的生长和繁育。研究者提出了多种方法,以改进克氏原螯虾的繁育技术。徐加元等研究了光周期对克氏原螯虾性腺发育的影响,发现改变光周期可影响克氏原螯虾的生活和生殖行为^[4];Jin 等研究了温度对克氏原螯虾抱卵和孵化的影响,发现克氏原螯虾孵化的最适温度为 25 ℃^[5];王庆研究了加温对克氏原螯虾抱卵行为的影响,发现冬季适度加温可刺激克氏原螯虾

收稿日期:2021-07-30

基金项目:江苏省农业重大新品种创制项目(编号:PZCZ201746);江苏省克氏原螯虾产业技术体系建设专项(编号:JFRS-03)。

作者简介:许 荟(1995—),女,江苏南京人,硕士研究生,主要从事动物学的研究。E-mail:505576242yi@sina.com。

通信作者:黄亚红,博士,副教授,主要从事动物学的研究。E-mail:hyh518@nju.edu.cn。

[15] Dégremont L, Bédier E, Soletchnik P, et al. Relative importance of family, site, and field placement timing on survival, growth, and yield of hatchery-produced Pacific oyster spat (*Crassostrea gigas*) [J]. Aquaculture, 2005, 249 (1/2/3/4): 213-229.

[16] Bautista-Teruel M N, Fermin A C, Koshio S S. Diet development and evaluation for juvenile abalone, *Haliotis asinina*: Animal and plant protein sources [J]. Aquaculture, 2003, 219 (1/2/3/4): 645-653.

[17] 周歧存, 麦康森, 谭北平. 维生素 A 对皱纹盘鲍幼鲍生长、存活及体成分的影响 [J]. 中国水产科学, 2000, 7(1): 118-120.

[18] 周歧存, 麦康森, 谭北平. 维生素 A 对皱纹盘鲍幼鲍生长、存活及体成分的影响 [J]. 中国水产科学, 2000, 7(1): 118-120.

[19] 陈胜军, 刘先进, 杨贤庆, 等. 不同产地鲍鱼特征元素分析与主成分评价模型的建立 [J]. 渔业科学进展, 2019, 40(2): 83-90.

[20] 刘艳青. 皱纹盘鲍地域及季节性差异分析及内脏磷脂脂肥活性研究 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2013.