

DOI: 10.11758/yykxjz.20161220001

http://www.yykxjz.cn/

刘雨, 王卫军, 杨建敏, 孙国华, 马敬骏, 李焕军. 长牡蛎高糖原含量新品系正反交家系的生理代谢. 渔业科学进展, 2018, 39(1): 114-119

Liu Y, Wang WJ, Yang JM, Sun GH, Ma JJ, Li HJ. Analysis on physiological metabolism in reciprocal cross families of high glycogen content line of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*). Progress in Fishery Sciences, 2018, 39(1): 114-119

长牡蛎高糖原含量新品系正反交家系的生理代谢*

刘雨^{1,2} 王卫军² 杨建敏^{2①} 孙国华² 马敬骏³ 李焕军²

(1. 上海海洋大学水产与生命学院 上海 201306; 2. 山东省海洋资源与环境研究院 烟台 264006;
3. 烟台市莱山区渔业海洋站 烟台 264003)

摘要 为了探究糖原含量差异显著的长牡蛎(*Crassostrea gigas*)自交家系和正反交家系在生理代谢水平上的差异,本研究开展了在一定温度(20℃)和盐度(32)下自交组和正反交组的滤水率、耗氧率和排氨率实验。结果显示,滤水率方面,自交组AA最大,BB最小,二者差异显著($P<0.05$);正反交组AB和反交组BA二者差异不显著且大小介于2个自交组之间,正反交组的杂种优势值为8.44%。耗氧率方面,自交组BB最大,正反交组AB最小;自交组AA与BB差异显著($P<0.05$),正反交组杂种优势值为-43.87%;耗氧率与糖原含量呈负相关,相关系数为-0.884,达到极显著性水平($P<0.01$)。排氨率方面,各组之间的排氨率无显著差异,大小为0.04 mg NH₃-N/(g·h)。研究表明,糖原含量品系正反交家系的差异在生理代谢上主要表现为滤水率和耗氧率的差异。

关键词 长牡蛎;高糖原含量新品系;正反交;生理代谢

中图分类号 S961 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2018)01-0114-06

长牡蛎(*Crassostrea gigas*)又称太平洋牡蛎,是一种广温、广盐性贝类,具有生长速度快、抗逆性强等优点,是世界范围内养殖规模最大、产量最高的海产经济贝类,也是我国近几十年来重要的海水养殖种类,2015年产量高达457.3万t(农业部渔业渔政管理局,2016),为我国渔业的经济增长和人民生活水平的提高做出了重要贡献。但近年来,随着人民生活水平的提高,市场对长牡蛎品质的需求也更高,因此,开展长牡蛎营养品质性状遗传改良和新品种培育具有重要意义。

糖原作为长牡蛎体内最直接有效的储能物质,在生理代谢方面发挥着重要作用,同时,它又是重要的

呈味物质(陈德慰等,2012),属长牡蛎重要的营养品质性状之一,其丰度与品质相关。学者们对于长牡蛎糖原含量性状从生化分析(Li *et al.*, 2000)、组织学(Berthelin *et al.*, 2000)及糖原代谢相关基因(Bacca *et al.*, 2005; 刘思玮等,2013)等方面进行了研究,但长牡蛎高糖原含量品系选育仍缺乏丰富的理论基础。遗传、环境以及长牡蛎在繁殖期大量糖原转化为配子生成所需要的能量,不同程度决定和影响了长牡蛎品质与风味,如果高糖原含量品系成功选育,这一现状有望得以改善。

滤水率、耗氧率和排氨率是滤食性贝类生理代谢的重要指标。本研究以2个高糖原含量长牡蛎家系为

* 山东省农业良种工程、国家自然科学基金项目(31402298)和黄河三角洲学者项目共同资助[This work was supported by Seed Improvement Project of Shandong Province, National Natural Science Foundation of China (31402298), and Scholar of Yellow River delta]. 刘雨, E-mail: 1519975651@qq.com

① 通讯作者: 杨建敏, 研究员, E-mail: ladderup@126.com

收稿日期: 2016-12-20, 收修改稿日期: 2017-01-15

亲本, 通过家系内自交和家系间杂交的方式, 获得糖原含量存在差异的自交组和正反交组, 从滤水率、耗氧率、排氨率 3 个指标探讨长牡蛎自交家系和正反交家系在生理代谢水平上的差异, 以期为长牡蛎高糖原含量为目标的营养品质性状新品系的选育和评价提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

2014 年 6 月在山东莱州海益育苗场以 2 个不同遗传背景的高糖原含量家系(家系 A 和家系 B)为亲本, 通过完全双列杂交获得 4 个实验组: 自交组 AA(A♀×A♂)、自交组 BB(B♀×B♂)、正交组 AB(A♀×B♂)和反交组 BA(B♀×A♂)。在山东烟台崆峒岛海域经过 21 个月的养成管理后, 从各实验组(每组约 300 个个体)随机抽取 30 个样品用于数据分析, 其中各组的壳高(Shell height, SH)、湿重(Wet weight, WW)和软体部干重(Edible part dry weight, W)无显著差异(表 1); 但正交组 AB 的糖原含量(Glycogen content, GC)最高, 其次为反交组 BA、自交组 AA, 自交组 BB 的糖原含量最低, 具体情况见图 1 和表 2。

表 1 不同实验组的长牡蛎相关性状统计
Tab.1 Statistics characters of *C. gigas* in different experiment groups

实验组 Groups	壳高 Shell height (mm)	湿重 Wet weight (g)	软体部干重 Edible part dry weight (g)
AA	99.47±10.16	96.04±20.26	2.00±0.51
BB	107.18±14.03	106.45±22.88	2.01±1.10
AB	95.90±21.61	97.19±39.08	1.91±0.76
BA	100.32±9.78	88.68±21.31	1.86±0.63

注: 相同性状各组之间均无显著差异($P>0.05$)

Note: There were no significant differences in the same column ($P>0.05$)

1.2 实验方法

1.2.1 暂养与驯化 实验前将贝壳表面的附着物彻底清除后, 暂养 7 d, 期间保持不间断充气, 每天 100%换水 1 次, 并投喂足量的小新月菱形藻(*Nitzschia closterium f. minutissima*)。各实验组入池时的温度和盐度, 分别以每天 1℃和 1 的幅度, 逐渐调节至温度为 20℃、盐度为 32。通过自动温度控制仪控制电加热棒来保持温度的恒定, 采用过滤后的淡水和海水来调节盐度。

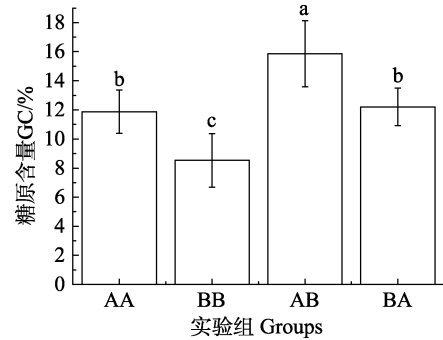


图 1 不同实验组的糖原含量差异比较

Fig.1 The comparison of glycogen content between different experiment groups

不同字母表示差异显著($P<0.05$)。下同
Different letters denoted significant differences ($P<0.05$). The same as below

1.2.2 糖原含量的测定 糖原含量测定参照 Wang 等(2015), 将冷冻干燥后的样品充分研磨成粉末状, 运用 NIRS 技术和已有的长牡蛎软体部干样糖原含量模型对样品的糖原含量进行预测。

1.2.3 滤水率的测定 滤水率(Filtering rate, R_F)的测定参照邓传敏等(2016), 实验在容积为 3 L 的容器中进行, 每个容器中放入 1 个实验个体, 每组设置同规格的 5 个重复和 1 个空白对照。温度控制采用恒温水浴方法, 下同。实验用单胞藻为小新月菱形藻, 初始浓度为 3×10^5 cells/ml, 实验持续时间为 1 h。实验结束后, 取新鲜的样品软体部, 冷冻干燥后称干重, 根据下列公式得出滤水率。

$$R_F = [V(\ln C_{t_0} - \ln C_{t_1})] / (w \cdot t)$$

式中, R_F 为滤水率[L/(g·h)]; V 为实验溶液体积(L); w 为实验贝软体部干重(g); t 为实验时间(h); C_{t_0} 为实验开始时的藻类浓度(cells/ml); C_{t_1} 为 t 时间时的藻类浓度(cells/ml)。

1.2.4 耗氧率的测定 取停食 1 d 的实验贝放入 3 L 容器中测定耗氧率(Oxygen consumption rate, R_O), 设置同规格的 5 个重复和 1 个空白对照。向容器内注满待用海水并用不透水不透气的塑料薄膜完全密封, 避免容器内残留气泡。耗氧率的测定时间为 2~4 h, 以实验结束时水中溶解氧浓度(Dissolved oxygen, DO)不低于实验初始值的 60%为限(毛玉泽等, 2005)。实验结束时, 轻轻搅动待测海水, 直接用溶氧仪(HACH, LDOTM, 美国)进行现场测量, 用下列公式计算耗氧率。

$$R_O = [V \cdot (DO_0 - DO_t)] / (w \cdot t)$$

式中, R_O 为耗氧率[mg O₂/(g·h)]; DO_0 和 DO_t 为实验开始和结束时水中溶解氧浓度(mg O₂/L); V 为容

器的容积(L); w 为实验贝的软组织干重(g); t 为实验持续时间(h)。

1.2.5 排氨率的测定 排氨率(Ammonia excretion rate, R_N)测定的实验装置与上述耗氧率测定中的相同,不同的是排氨率的测定时间为3 h,实验结束后,将海水搅动均匀用虹吸法采集水样,冷冻保存,解冻后立即测定。水中氨氮含量的测定参照《海洋监测规范》第四部分:海水分析(GB17378.4-2007)(中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局等,2007)中的次溴酸钠氧化法进行测定,采用紫外分光光度计(日立,U-2900)测定吸光值,用下列公式计算排氨率。

$$R_N = [V \cdot (N_0 - N_t)] / (w \cdot t)$$

式中, R_N 为排氨率[$\text{mg NH}_3\text{-N}/(\text{g}\cdot\text{h})$]; N_0 和 N_t 为实验开始和结束时水中氨氮的浓度($\text{mg NH}_3\text{-N}/\text{L}$); V 为容器的容积(L); w 为实验用贝的软组织干重(g); t 为实验持续时间(h)。

1.3 数据分析

采用 SPSS 22 统计软件对各组之间进行单因素

方差分析(One-way ANOVA),获得各组的平均值和标准差,对组间平均值进行 LSD 多重比较分析,分析各组平均值之间的差异是否显著,各性状之间是否相关,差异显著水平设为 $P < 0.05$ 。

参照郑怀平等(2004)使用的方法来计算 A、B 两个家系杂交子一代的杂种优势率(Heterosis, H)。

2 结果

2.1 滤水率

如表 2 和图 2 中所示,自交组 AA 的滤水率最大,自交组 BB 的滤水率最小,正交组 AB 和反交组 BA 的滤水率大小介于 2 个自交组之间且正交组 AB 较大。自交组 AA 的滤水率显著大于自交组 BB ($P < 0.05$),而正交组 AB 和反交组 BA 之间差异不显著。正交组 AB 的滤水率与自交组 AA 差异不显著,与自交组 BB 的差异显著($P < 0.05$)。反交组 BA 的滤水率与 2 个自交组的差异均不显著,总的来说正反交组的平均值要大于自交组的平均值,且表现出杂种优势为 8.44%。

表 2 不同实验组的生理代谢指标及杂种优势率

Tab.2 The physiological metabolic indices and heterosis of different experiment groups

实验组 Groups	糖原含量 GC (%)	滤水率 R_F [$\text{L}/(\text{g}\cdot\text{h})$]	耗氧率 R_O [$\text{mg O}_2/(\text{g}\cdot\text{h})$]	排氨率 R_N [$\text{mg NH}_3\text{-N}/(\text{g}\cdot\text{h})$]
AA	11.88±1.49 ^b	5.58±0.71 ^a	0.98±0.05 ^b	0.04±0.01 ^a
BB	8.53±1.84 ^c	2.36±0.50 ^b	1.55±0.22 ^a	0.04±0.01 ^a
AB	15.86±2.27 ^a	4.68±0.87 ^a	0.57±0.10 ^c	0.04±0.02 ^a
BA	12.21±1.29 ^b	3.93±0.57 ^{ab}	0.85±0.14 ^{bc}	0.04±0.01 ^a
杂种优势率 Heterosis (%)	37.53	8.44	-43.87	0

注:表格中同列肩标字母相同表示差异不显著,字母不同表示差异显著($P < 0.05$)

Note: In the same column, values with same superscripts denoted no significant differences, different superscripts denoted significant differences ($P < 0.05$)

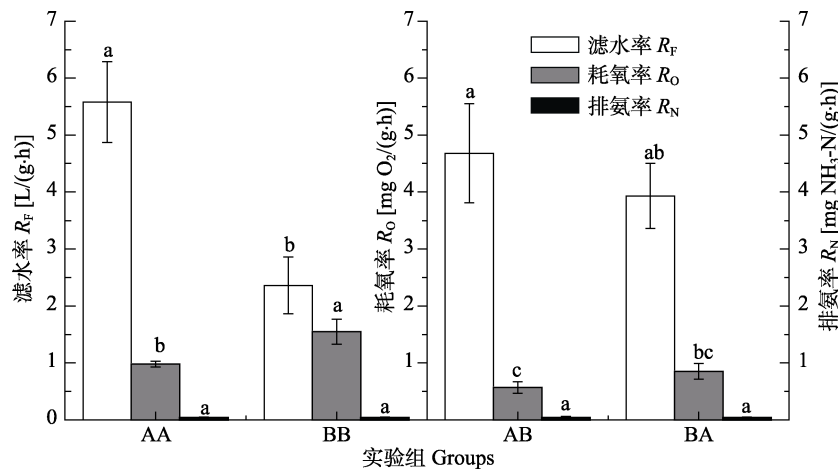


图 2 不同实验组滤水率、耗氧率和排氨率的差异比较

Fig.2 The comparison of filtering rate, oxygen consumption rate and ammonia excretion rate among groups

2.2 耗氧率和排氨率

由表 2 和图 2 可知, 各组之间的排氨率不存在显著差异, 约为 $0.04 \text{ mg NH}_3\text{-N}/(\text{g}\cdot\text{h})$, 正反交组不具有杂交优势。而在耗氧率方面, 自交组 BB 的耗氧率最大, 正交组 AB 的耗氧率最小, 自交组 AA 和反交组 BA 介于两者之间且自交组 AA 较大。自交组 AA 的耗氧率显著小于自交组 BB ($P<0.05$), 正交组 AB 和反交组 BA 之间差异不显著, 正交组 AB 显著小于自交组 AA 和 BB ($P<0.05$), 反交组 BA 显著小于自交组 BB ($P<0.05$), 但与自交组 AA 差异不显著, 总的来说正反交组的耗氧率均小于自交组, 表现出-43.87%的杂种劣势。

2.3 糖原含量与滤水率、耗氧率、排氨率的相关性

对糖原含量与滤水率、耗氧率、排氨率三个指标进行相关性分析, 并在 0.01 水平上进行显著性分析得出以下结果(表 3), 糖原含量与滤水率的 Pearson 相关系数是 0.270, 显著性结果是 0.482, 相关性不显著; 糖原含量与耗氧率的 Pearson 相关系数是-0.884, 显著性结果是 0.004, 达到极显著水平 ($P<0.01$); 糖原含量与排氨率的 Pearson 相关系数是-0.037, 显著性结果是 0.925, 相关性也不显著。

3 讨论

3.1 糖原含量与生理代谢水平的相关性

长牡蛎作为一种滤食性双壳贝类, 滤水率是衡量其摄食能力的重要指标。本研究结果显示, 滤水率与糖原含量存在不显著的正相关性。在滤水率实验中, 各组实验贝所形成假粪的情况也不同, 造成不同实验组长牡蛎糖原含量不同的原因可能与长牡蛎消化腔内消化酶的活性有关。李炼星等(2016)对不同缢蛏(*Sinonovacula constricta*)家系生长与消化酶活性的研究中发现, 缢蛏消化酶活性与生长发育相关, 较快的生长速度对应较强的消化生理机能, 高水平的消化酶活性有利于缢蛏对营养物质的消化吸收并转化为生

长发育所需的能量。这就解释了有着高水平的滤水能力的家系之所以糖原含量低, 在一定程度上是由于消化吸收能力较低所致。

耗氧率和排氨率是长牡蛎生理代谢活动的重要指标, 当长牡蛎体内的蛋白质代谢占主导地位时, 代谢产物主要以氨的形式排出, 此时耗氧率降低, 排氨率增大; 当体内糖原的代谢占据主导时, 耗氧率将明显增大、排氨率则会降低。本研究发现, 在停止投饵的情况下, 同规格的长牡蛎个体排氨率之间无显著差异, 并且糖原含量与排氨率之间相关性不显著, 但糖原含量与其耗氧率呈极显著的负相关关系 ($P<0.01$)。因此, 糖原含量的高低在生理代谢水平上主要表现为耗氧率的高低, 此时糖原是长牡蛎主要的代谢底物。这与毛玉泽等(2005)提出的每年 5~7 月(温度与本研究温度设定 20°C 相近)糖原和脂肪是长牡蛎的主要代谢底物的观点相一致。该代谢机制在薛明等(2011)对方斑东风螺(*Babylonia areolata*)幼螺代谢的研究中也发现类似的结果, 轻度饥饿状态下的方斑东风螺幼螺主要以消耗脂肪和糖原供能, 而且氧氮比(O : N)较高, 耗氧率较大。何伟等(2013)在温度和低氧对白鲢(*Hypophthalmichys molitrix*)乳酸与糖水平的影响研究中得出, 在低氧胁迫下鱼体内肝糖原和肌糖原的含量显著降低。这都说明了耗氧率与糖原含量之间存在着密切的关系, 并且高糖原含量个体可能具有更好的耐低氧胁迫能力。

3.2 杂种优势与正反交效应

本研究表明, 糖原含量性状正反交组比自交组具有杂种优势, 表现在生理代谢上为滤水率和耗氧率的杂种优势。该结果与 Falconer 等(1996)提出的“如果两个基础群体的基因频率不同, 那么它们之间的杂交将表现出杂种优势”、“不同的群体配对表现出不同的杂种优势大小”等观点契合。正反交组之间存在的显著差异, 可能与父母本效应有关。王卫军等(2015)在长牡蛎 3 个选育群体完全双列杂交后代生长性状分析中发现, 中国 F_4 代选育群体作为杂交候选父母本时,

表 3 各生理代谢指标与糖原含量相关性

Tab.3 The correlation between physiological metabolism indices and glycogen content

性状 Traits	滤水率 R_F		耗氧率 R_O		排氨率 R_N	
	Pearson 相关系数 Pearson correlation coefficient	显著性 Significance	Pearson 相关系数 Pearson correlation coefficient	显著性 Significance	Pearson 相关系数 Pearson correlation coefficient	显著性 Significance
糖原含量 GC	0.270	0.482	-0.884**	0.004	-0.037	0.925

**表示相关性在 0.01 水平上显著

** Denoted significant in 0.01 significance level

相对于日本和韩国群体作为父母本时具有高的可稳定遗传给子代的加性效应值。余勇等(2016)在长牡蛎中国群体和日本群体杂交子代的杂种优势分析中发现,长牡蛎幼虫期的存活率存在显著的母性效应。吴杨平等(2014)在对 3 个不同地理群体红壳色文蛤(*Meretrix meretrix*)杂交的配合力分析中也发现,在早期阶段存在父母本效应的结论。与自交组 BB 和反交组 BA 相比,自交组 AA 和正交组 AB 较高的糖原含量说明糖原含量性状受母本效应的影响。

综上所述,不同糖原含量的自交组和正反交组之间的耗氧率和滤水率的差异,提示我们杂交后代生理代谢水平除了反映出相关品质的不同,也会反映出其抗逆能力的不同。本研究从生理代谢角度对长牡蛎糖原含量性状自交组和正反交组的摄食和代谢差异进行了探讨,为长牡蛎高糖原含量品系选育提供重要的生理代谢种质评价参考。在后续研究中,我们将对糖原含量杂交效应的分子机理进行研究,更深层次揭示杂交效应与代谢水平的关系。

参 考 文 献

- Bacca H, Huvet A, Fabioux C, *et al.* Molecular cloning and seasonal expression of oyster glycogen phosphorylase and glycogen synthase genes. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 2005, 140(4): 635–646
- Berthelin C, Kellner K, Mathieu M. Histological characterization and glucose incorporation into glycogen of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* storage cells. *Marine Biotechnology*, 2000, 2(2): 136–145
- Chen DW, Su J, Liu XL, *et al.* Taste evaluation of non-volatile taste compounds in bivalve mollusks from Beibu Gulf, Guangxi. *Food Science*, 2012, 33(10): 165–168 [陈德慰, 苏键, 刘小玲, 等. 广西北部湾 3 种贝类中主要呈味物质的测定及呈味作用评价. *食品科学*, 2012, 33(10): 165–168]
- Deng CM, Li Q, Kong LF, *et al.* Comparison of feeding and respiration of the forth golden shell color line and normal culture groups of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*). *Journal of Fishery Sciences of China*, 2016, 23(4): 855–863 [邓传敏, 李琪, 孔令锋, 等. 长牡蛎壳金选育系 F₄ 与普通养殖群体摄食和呼吸的比较研究. *中国水产科学*, 2016, 23(4): 855–863]
- Falconer DS, Mackay TFC. *Introduction to quantitative genetics* (4th ed.). England: Longman Limited, 1996
- Fisheries Administration Bureau of the Ministry of Agriculture. *China fisheries statistics yearbook*. Beijing: China Agriculture Press, 2016 [农业部渔业渔政管理局. *中国渔业统计年鉴*. 北京: 中国农业出版社, 2016]
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. *The specification for marine monitoring—Part 4: Seawater analysis (GB17378.4-2007)*. Beijing: China Standards Press, 2007 [中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. *海洋监测规范—第 4 部分: 海水分析 (GB17378.4-2007)*. 北京: 中国标准出版社, 2007]
- He W, Cao ZD, Fu SJ. Effects of temperature and hypoxia on lactate and carbohydrate level in Silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). *Journal of Chongqing Normal University (Natural Science)*, 2013, 30(5): 27–31 [何伟, 曹振东, 付世建. 温度和低氧对白鲢乳酸与糖水平的影响. *重庆师范大学学报(自然科学版)*, 2013, 30(5): 27–31]
- Li LX, Li H, Shen HD, *et al.* Comparison of the growth traits and digestive enzyme activities of families of *Sinonovacula constricta*. *Journal of Anhui Agricultural University*, 2016, 43(3): 431–435 [李炼星, 李浩, 沈和定, 等. 缢蛏家系生长与消化酶活性的比较. *安徽农业大学学报*, 2016, 43(3): 431–435]
- Li Q, Osada M, Mori K. Seasonal biochemical variations in Pacific oyster gonadal tissue during sexual maturation. *Fisheries Science*, 2000, 66(3): 502–508
- Liu SW, Li Q, Yu H, *et al.* Single nucleotide polymorphisms in glycogen phosphorylase gene and their association with growth performance and glycogen content in Pacific oyster *Crassostrea gigas*. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2013, 20(3): 481–489 [刘思玮, 李琪, 于红, 等. 长牡蛎糖原磷酸化酶基因 SNPs 与生长性状和糖原含量的相关性分析. *中国水产科学*, 2013, 20(3): 481–489]
- Mao YZ, Zhou Y, Yang HS, *et al.* Seasonal variation in metabolic rate of Pacific oyster, *Crassostrea gigas* and its implication to summer mortality. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2005, 36(5): 445–451 [毛玉泽, 周毅, 杨红生, 等. 长牡蛎(*Crassostrea gigas*)代谢率的季节变化及其与夏季死亡关系的探讨. *海洋与湖沼*, 2005, 36(5): 445–451]
- Wang WJ, Li Q, Yang JM, *et al.* Analysis of growth trait of Pacific oyster *Crassostrea gigas* using complete diallel cross from three selective breeding strains. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2015, 46(3): 628–635 [王卫军, 李琪, 杨建敏, 等. 长牡蛎(*Crassostrea gigas*)三个选育群体完全双列杂交后代生长性状分析. *海洋与湖沼*, 2015, 46(3): 628–635]
- Wang WJ, Yang JM, Li Q, *et al.* Development of calibration models for rapid determination of chemical composition of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) by near infrared reflectance spectroscopy. *Journal of Shellfish Research*, 2015, 34(2): 303–309
- Wu YP, Chen AH, Yao GX, *et al.* Combining ability analysis on diallel cross from three different red *Meretrix meretrix* populations. *Marine Fisheries*, 2014, 36(4): 314–319 [吴杨平, 陈爱华, 姚国兴, 等. 3 个不同地理群体红壳色文蛤杂交的配合力分析. *海洋渔业*, 2014, 36(4): 314–319]

- Xue M, Ke CH, Ding GL. Effect of food deprivation on metabolism of hatchery-reared juvenile spotted babylon (*Babylonia areolata*). Marine Environmental Science, 2011, 30(2): 203–206 [薛明, 柯才焕, 狄桂兰. 食物缺乏对方斑东风螺幼螺代谢的影响. 海洋环境科学, 2011, 30(2): 203–206]
- Yu Y, Li Q, Yu H, *et al.* Heterosis of hybrid between Chinese and Japanese populations of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*). Periodical of Ocean University of China, 2016, 46(2): 35–41 [余勇, 李琪, 于红, 等. 长牡蛎中国群体和日本群体杂交子代的杂种优势分析. 中国海洋大学学报, 2016, 46(2): 35–41]
- Zheng HP, Zhang GF, Liu X, *et al.* Comparison of growth and survival between the self-fertilized and hybridized families in *Argopecten irradians irradians*. Journal of Fisheries of China, 2004, 28(3): 267–272 [郑怀平, 张国范, 刘晓, 等. 海湾扇贝杂家系与自交家系生长和存活比较. 水产学报, 2004, 28(3): 267–272]

(编辑 马璀璨)

Analysis on Physiological Metabolism in Reciprocal Cross Families of High Glycogen Content Line of Pacific Oyster (*Crassostrea gigas*)

LIU Yu^{1,2}, WANG Weijun², YANG Jianmin^{2①}, SUN Guohua², MA Jingjun³, LI Huanjun²

(1. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306; 2. Shandong Marine Resource and Environment Research Institute, Yantai 264006; 3. Laishan Marine Fishery Station, Yantai 264003)

Abstract Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) is an euryhaline and eurythermal shellfish with the advantages of rapid growth and hardiness. Its breeding scale and production is the largest in the aquaculture, which has contributed to the economic growth and the improvement of the people's living standard in China. The annual output of aquaculture in China is 4.57 million tons in 2015, and the market demand for high quality oysters is ascending. Therefore, it is of great significance to improve nutritional quality and create new strain of oyster. In order to discover different physiological metabolisms between selfing lines and reciprocal crosses of *C. gigas* with various glycogen content, the filtration rate, oxygen consumption rate and ammonia excretion rate were studied under certain temperature (20°C) and salinity (32). In terms of the filtering rate, the highest one and the lowest one were selfing group AA and selfing group BB, respectively, which were significantly different ($P<0.05$). There was no significant difference between reciprocal group AB and reciprocal group BA. The heterosis value of the reciprocal cross was 8.44%. In the oxygen consumption rate, the highest one and lowest one were selfing group BB and reciprocal group AB, respectively. There was significant difference between AA and BB ($P<0.05$). The heterosis value of the reciprocal cross was -43.87%. The oxygen consumption rate was negatively correlated with the glycogen content with the correlation coefficient -0.884 that was significantly different ($P<0.01$). There was no significant difference for the ammonia excretion rate with 0.04 mg NH₃-N/(g·h) among all groups. In summary, the major differences among groups were water filtration rate and oxygen consumption rate. This study could provide important physiological metabolic germplasm reference for the breeding of high glycogen content line of *C. gigas*.

Key words *Crassostrea gigas*; High glycogen content line; Reciprocal cross; Physiological metabolism

① Corresponding author: YANG Jianmin, E-mail: ladderup@126.com