

## 虾夷马粪海胆不同家系和性别间性腺性状的比较

常亚青\*, 张伟杰, 丁君, 石生宝, 赵冲, 张勃

(大连海洋大学农业部海洋水产增养殖学重点开放实验室, 辽宁 大连 116023)

**摘要:**对来自虾夷马粪海胆 20 个家系的 600 枚海胆的性腺湿重、指数、颜色、水分和脂肪酸组成进行了测量和分析,结果显示性腺湿重和性腺指数在家系间均有极显著差异,但在性别间差异不显著,两个性腺产量性状在整个群体内均具有较大的变异;虾夷马粪海胆性腺颜色介于黄色和橙红色之间,且色泽鲜艳,经 CIE  $L^*a^*b^*$  标准量化和方差分析, $L^*$  和  $a^*$  在家系间无显著差异,但  $b^*$ 、亮黄色差( $\Delta E_1$ )和亮橙黄色差( $\Delta E_2$ )在家系间均具有极显著差异,在性别间,雌性海胆的  $L^*$ 、 $a^*$  和  $b^*$  值以及两个色差均极显著优于雄性;性腺水分在家系和性别间有极显著和显著差异;性腺总脂中含有较高的 EPA ( $12.11 \pm 2.65$ )% 和 AA ( $10.27 \pm 3.40$ )%, 而 DHA 含量较低 ( $0.49 \pm 0.64$ )%, 但其在群体内变异极大 (130.77%), 高不饱和脂肪酸在家系间具有极显著差异,而在性别间仅 AA 有显著差异(雄性较高)。研究结果表明,对性腺产量和品质进行家系或性别选择均可达到提升性腺产量和品质的目的。

**关键词:** 虾夷马粪海胆; 家系; 性别; 性腺性状

**中图分类号:** Q 958.1; S 917

**文献标识码:** A

虾夷马粪海胆 (*Strongylocentrotus intermedius* Agassiz, 1863) 隶属于棘皮动物门 (Echinodermata)、游走亚门 (Eleutherozoa)、海胆纲 (Echinoidea)、正形目 (Centrochinoida)、球海胆科 (Strongylocentrotidae), 自然分布于日本北海道以及俄罗斯远东沿海<sup>[1]</sup>, 由于经济价值高, 1989 年大连水产学院将其引入我国<sup>[2]</sup>, 此后很多单位和科研人员对该海胆的生理、生态、养殖和品质进行了研究<sup>[2-12]</sup>。近年来, 我国开展了虾夷马粪海胆的遗传育种工作, 并在常规育种方面取得了一定成果, 如王丽梅等<sup>[7]</sup> 和 Ding 等<sup>[13]</sup> 均成功地对其进行了种间杂交, 获得的杂交后代在表型和性腺产量性状上具有一定的杂种优势; 刘小林等<sup>[14]</sup> 和 Liu 等<sup>[15]</sup> 分别对不同月龄虾夷马粪海胆的表型性状遗传力进行了估计, 一致认为该海胆的表型性状具有很大的选育潜力。然而, 由于海胆性腺无法活体测量, 对虾夷马粪海胆性腺品质性状遗传改良的可能性及潜力尚未见报道。

在常规选育中, 对无法活体测量的性状宜采用家系选择的方法<sup>[16-17]</sup>, 因此, 建立虾夷马粪海胆家系并对家系间的性腺性状加以分析和比较, 有利于评估虾夷马粪海胆性腺性状的选育潜力和对其进行进一步的遗传改良。此外, 据 Phillips 等<sup>[18]</sup> 和 Murata 等<sup>[19]</sup> 报道, 海胆 *Evechinus chloroticus* 和 *Hemicentrotus pulcherrimus* 在性别间具有显著的品质差异, 对于虾夷马粪海胆, 仅见童圣英等<sup>[6]</sup> 报道其性腺脂肪酸组成在雌雄间有较大差异, 孔泳滔等<sup>[11]</sup> 报道 3-10 月份其雄性性腺指数略高于雌性, 而关于其他性腺性状(如性腺颜色)在雌雄间的差异却未见报道。本研究对 20 个虾夷马粪海胆家系中两种性别海胆的性腺湿重、指数、颜色、水分和脂肪酸组成进行了比较和分析, 目的在于探讨利用家系选择和性别选择改良虾夷马粪海胆性腺性状的可能性和潜力, 以期对虾夷马粪海胆性腺性状的遗传育种提供理论基础。

收稿日期:2010-02-23 修回日期:2010-05-13

资助项目:国家“八六三”高技术研究发展计划(2006AA10A411);辽宁省优秀青年基金项目(2005203001);国家自然科学基金项目(309722697);辽宁省农业公关计划(2007203004)

通讯作者:常亚青, E-mail: yqchang@dlou.edu.cn

## 1 材料与方 法

### 1.1 取样与测量

2009 年 5 月底,随机选择 20 个本课题组建立的虾夷马粪海胆家系(19 月龄),每家系随机取海胆 30 枚,共 600 枚,解剖并测量了每一个体的活体重(BW),性腺湿重(GWW),性腺水分(GM),性腺颜色(GC):亮度值( $L^*$ )、红度值( $a^*$ )、黄度值( $b^*$ ),并从其中 14 个家系中随机抽取雌、雄海胆各 3 枚,测量其性腺中脂肪酸含量。测量及计算方法如下。

**性腺湿重:**解剖海胆并完整取出性腺,用滤纸吸干性腺表面的水分,称量性腺湿重。

**性别鉴定:**通过检查性腺中的配子分辨雌雄。

**性腺水分:**取 1 瓣(约 1/5)性腺,置 60 °C 恒温烘干 72 h 至恒重,记录烘干前后的重量,将重量差比重作为水分含量。

**性腺颜色:**将海胆性腺中的 4 瓣性腺装入自封袋,采用 CIELAB 1976 标准,利用 PANTONE Color Cue® 2 测色仪在  $D_{65}$  模式下测量性腺颜色,每个样品测量 3 次取平均值。

$$\text{性腺指数}(GI\%) = \frac{GWW}{BW} \times 100\%。$$

**脂肪酸测定:**取各家系海胆性腺样本 1~2 g,60~80 °C 烘干至恒重,利用日本岛津 GC-16A 气相色谱仪测定每个海胆性腺的脂肪酸含量,其中,石英毛细管色谱柱 0.25 mm × 30 m,柱温 195 °C,进样口气化温度 250 °C。

### 1.2 数据分析

利用 Excel 对原始数据进行初步整理和统计。以亮橙黄色( $L^* = 68.9, a^* = 28.7, b^* = 60.4$ )和亮黄色( $L^* = 74.6, a^* = 28.7, b^* = 66.1$ )为标准,计算个体性腺颜色与标准颜色的总色差( $\Delta E$ ),计算公式采用 CIELAB 1976 标准: $\Delta L^* = L^* - 68.9$ (或 74.6); $\Delta a^* = a^* - 28.7$ ;  $\Delta b^* = b^* - 60.4$ (或 66.1); $\Delta E = \text{SQRT}(\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{[20]}$ 。

采用 SPSS 16.0 的 Transform-Compute 过程对性腺水分、性腺指数和各脂肪酸含量做的反正弦转换,以家系和性别为固定效应,利用 General Liner Model 过程分别对各性状做方差分析,并在家系间做 Duncan 多重比较,各分析显著性水平设置为  $P < 0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 群体内各性腺性状统计量

群体内性腺性状的均值、标准差和变异系数见表 1。性腺湿重均值为( $2.53 \pm 1.56$ )g,性腺指数为( $11 \pm 4$ )%;性腺产量具有较大的变异系数(37.80%~61.73%);性腺颜色介于黄色和橙红色间,且较鲜艳,但也有少数个体颜色土黄甚至灰白,虾夷马粪海胆性腺颜色与标准色的色差为( $35.56 \pm 7.99$ )~( $40.42 \pm 8.21$ ),性腺颜色的  $L^*$  组份在群体内变异较小(5.83%),而  $a^*$  和  $b^*$  组份具有较大的变异(27.93%~30.33%),总色差也有较大的变异(20.31%~22.46%);性腺水分含量为( $68 \pm 15$ )%,变异较大(21.71%);性腺总脂中,16:0 含量最高( $12.82 \pm 2.29$ )%,其次是 20:5(EPA)( $12.11 \pm 2.65$ )%,再次是 20:4(AA)( $10.27 \pm 3.40$ )%,三者具有较大的变异系数(17.88%~31.44%),另一高度不饱和脂肪酸 22:6(DHA)含量为( $0.49 \pm 0.64$ )%,在群体内变异极大(130.77%)。

表 1 群体内各性腺性状统计量  
Tab.1 Statistics of gonad traits in the measured population

性状 traits	数量 N	均值 ± 标准差 mean ± SD	变异系数 CV%
性腺湿重(g) gonad wet weight	586	2.53 ± 1.56	61.73
性腺指数 gonad index	586	0.11 ± 0.04	37.80
亮度值 $L^*$	573	76.74 ± 4.47	5.83
红度值 $a^*$	573	26.71 ± 8.1	30.33
黄度值 $b^*$	573	26.92 ± 7.52	27.93
亮橙黄色差 $\Delta E_1$ (light orange-yellow)	573	35.56 ± 7.99	22.46
亮黄色差 $\Delta E_2$ (light yellow)	573	40.42 ± 8.21	20.31
性腺水分 gonad moisture	586	0.68 ± 0.15	21.71
14:0(%)	84	6.85 ± 1.64	24.00
16:0(%)	84	12.82 ± 2.29	17.88
16:1(%)	84	2.97 ± 1.04	34.92
18:0(%)	84	2.16 ± 0.64	29.75
18:1(%)	84	0.94 ± 0.22	23.84
18:2(%)	84	0.36 ± 0.23	64.27
18:3(%)	84	2.30 ± 1.45	63.02
18:4(%)	84	5.40 ± 1.38	25.61
20:1(%)	84	4.61 ± 1.17	25.37
20:4(%) (AA)	84	10.27 ± 3.40	33.14
20:5(%) (EPA)	84	12.11 ± 2.65	21.88
22:5(%)	84	0.14 ± 0.25	183.43
22:6(%) (DHA)	84	0.49 ± 0.64	130.77

## 2.2 家系间性腺性状的比较

多因素方差分析 (GLM 过程) 结果显示: 家系因素对性腺湿重、指数、水分、 $b^*$ 、亮橙黄色差、亮黄色差以及除脂肪酸 16:0 外的所有饱和与不饱和脂肪酸均产生极显著影响 ( $P < 0.01$ ), 而对  $L^*$ 、 $a^*$  和脂肪酸 16:0 无显著影响 ( $P > 0.05$ )。剔除性别因素对性腺性状的影响, 各性腺性状在家系间的多重比较 (Duncan) 及各性状内家系排

名列于表 2~4。如表 2~4 所示: 性腺湿重最大的家系与家系平均值的差为 1.305 g, 性腺指数最高的家系与平均值的差为 2.1%; 性腺水分最少的家系与平均值低 8.3%; 亮橙黄色差最低的家系较平均值低 3.64, 亮黄色差最低的家系较平均值低 3.60; 多不饱和脂肪酸 AA、EPA 和 DHA 最高的家系分别较平均值高 4.32%、2.67% 和 1.79%。

表 2 家系间性腺性状比较 I  
Tab.2 Gonad traits comparison among families I

性状 traits	性腺湿重 gonad wet weight		性腺指数 gonad index		性腺水分 gonad moisture		亮橙黄色差 $\Delta E_1$ (light orange-yellow)		亮黄色差 $\Delta E_2$ (light yellow)	
	家系编号 families	离差 deviation	家系编号 families	离差 deviation	家系编号 families	离差 deviation	家系编号 families	离差 deviation	家系编号 families	离差 deviation
		2 <sup>f</sup>	1.305	8 <sup>f</sup>	0.021	19 <sup>a</sup>	-0.083	13 <sup>a</sup>	-3.641 9	13 <sup>a</sup>
	1 <sup>ef</sup>	0.766	16 <sup>ef</sup>	0.015	11 <sup>ab</sup>	-0.064	18 <sup>a</sup>	-2.902 0	18 <sup>a</sup>	-2.963 1
	12 <sup>def</sup>	0.612	14 <sup>ef</sup>	0.015	13 <sup>abc</sup>	-0.059	9 <sup>ab</sup>	-2.780 0	1 <sup>a</sup>	-2.864 7
	4 <sup>cde</sup>	0.404	10 <sup>def</sup>	0.010	15 <sup>bcd</sup>	-0.034	1 <sup>ab</sup>	-2.570 9	9 <sup>a</sup>	-2.755 4
	3 <sup>bcde</sup>	0.169	2 <sup>def</sup>	0.010	17 <sup>bcd</sup>	-0.030	17 <sup>abc</sup>	-2.315 4	17 <sup>ab</sup>	-2.250 1
	10 <sup>bcde</sup>	0.160	5 <sup>def</sup>	0.009	14 <sup>bcd</sup>	-0.026	15 <sup>abc</sup>	-2.065 0	20 <sup>ab</sup>	-2.035 7
	16 <sup>bcde</sup>	0.137	6 <sup>def</sup>	0.009	4 <sup>bcde</sup>	-0.017	20 <sup>abc</sup>	-1.893 2	15 <sup>ab</sup>	-2.034 8
由优	17 <sup>bcde</sup>	0.110	15 <sup>cdef</sup>	0.007	18 <sup>bcde</sup>	-0.016	2 <sup>abc</sup>	-1.345 8	19 <sup>ab</sup>	-1.439 6
至劣	7 <sup>bcde</sup>	0.039	12 <sup>cdef</sup>	0.007	3 <sup>bcde</sup>	-0.015	19 <sup>abc</sup>	-1.326 6	2 <sup>ab</sup>	-1.385 4
superior	18 <sup>bcde</sup>	0.011	20 <sup>bcdef</sup>	0.002	12 <sup>bcde</sup>	-0.015	3 <sup>abcd</sup>	-1.166 4	3 <sup>ab</sup>	-1.236 8
to	8 <sup>bcde</sup>	-0.018	7 <sup>bcdef</sup>	-0.000	16 <sup>bcde</sup>	-0.013	14 <sup>abcde</sup>	-0.270 8	14 <sup>abc</sup>	-0.366 1
the	5 <sup>bcde</sup>	-0.102	3 <sup>bcde</sup>	-0.001	9 <sup>cde</sup>	-0.006	4 <sup>abcde</sup>	-0.163 7	4 <sup>abc</sup>	-0.217 6
inferior	14 <sup>bcde</sup>	-0.118	19 <sup>bcde</sup>	-0.004	1 <sup>de</sup>	0.010	12 <sup>abcde</sup>	0.076 6	12 <sup>abc</sup>	0.217 1
	19 <sup>bcde</sup>	-0.167	18 <sup>bcde</sup>	-0.006	2 <sup>de</sup>	0.010	5 <sup>bcdef</sup>	1.414 5	5 <sup>bcd</sup>	1.618 0
	6 <sup>bcde</sup>	-0.187	4 <sup>bcd</sup>	-0.009	20 <sup>de</sup>	0.018	6 <sup>cdef</sup>	1.852 5	6 <sup>bcd</sup>	1.860 9
	15 <sup>bcd</sup>	-0.238	17 <sup>abcd</sup>	-0.010	8 <sup>ef</sup>	0.037	11 <sup>def</sup>	2.843 3	10 <sup>cd</sup>	2.800 5
	20 <sup>abc</sup>	-0.435	13 <sup>abc</sup>	-0.013	6 <sup>f</sup>	0.068	10 <sup>def</sup>	2.861 5	11 <sup>cd</sup>	3.051 5
	9 <sup>abc</sup>	-0.481	11 <sup>ab</sup>	-0.015	10 <sup>f</sup>	0.068	7 <sup>ef</sup>	3.370 6	7 <sup>cd</sup>	3.304 3
	13 <sup>ab</sup>	-0.788	1 <sup>ab</sup>	-0.016	7 <sup>f</sup>	0.083	8 <sup>f</sup>	4.962 8	16 <sup>d</sup>	5.050 4
	11 <sup>a</sup>	-1.179	9 <sup>a</sup>	-0.030	5 <sup>f</sup>	0.083	16 <sup>f</sup>	5.059 7	8 <sup>d</sup>	5.250 3

注: 同一列中有相同字母标记的家系表示差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 下同。

Notes: Families with a same letter or more in the same column mean no significant difference ( $P > 0.05$ ), the following notes are the same.

表 3 家系间性腺性状比较 II  
Tab.3 Gonad traits comparison among families II

性状 traits	14:0		16:0		16:1		18:0		18:1		18:2		18:3	
	家系	离差	家系	离差	家系	离差	家系	离差	家系	离差	家系	离差	家系	离差
	families	deviation	families	deviation	families	deviation	families	deviation	families	deviation	families	deviation	families	deviation
	20 <sup>a</sup>	-0.013 7	19 <sup>a</sup>	-0.015 4	20 <sup>a</sup>	-0.011 4	11 <sup>a</sup>	-0.008 3	12 <sup>a</sup>	-0.002 4	12 <sup>a</sup>	-0.003 1	12 <sup>a</sup>	-0.014
	19 <sup>a</sup>	-0.012 4	1 <sup>a</sup>	-0.010 6	11 <sup>a</sup>	-0.009 9	20 <sup>ab</sup>	-0.005 3	1 <sup>ab</sup>	-0.001 5	6 <sup>a</sup>	-0.003	8 <sup>ab</sup>	-0.012 2
	1 <sup>ab</sup>	-0.01	5 <sup>a</sup>	-0.009 7	19 <sup>ab</sup>	-0.006 5	14 <sup>ab</sup>	-0.005	11 <sup>abc</sup>	-0.001 3	1 <sup>ab</sup>	-0.001 3	5 <sup>abc</sup>	-0.011 1
	13 <sup>ab</sup>	-0.006 7	12 <sup>a</sup>	-0.007	1 <sup>abc</sup>	-0.004 7	9 <sup>ab</sup>	-0.004 8	5 <sup>abcd</sup>	-0.001 3	13 <sup>bc</sup>	-0.000 3	11 <sup>abc</sup>	-0.008 7
	2 <sup>ab</sup>	-0.006 5	11 <sup>a</sup>	-0.005 8	14 <sup>abc</sup>	-0.004 6	19 <sup>ab</sup>	-0.004 6	16 <sup>abcd</sup>	-0.000 7	8 <sup>bc</sup>	0	17 <sup>abc</sup>	-0.008
由劣	11 <sup>ab</sup>	-0.004 4	8 <sup>a</sup>	0.000 2	9 <sup>abcd</sup>	-0.003 9	5 <sup>bc</sup>	-0.003 5	8 <sup>abcd</sup>	-0.000 7	19 <sup>bc</sup>	0	9 <sup>bc</sup>	-0.007
至优	12 <sup>abc</sup>	0.000 9	20 <sup>a</sup>	0.003	12 <sup>bcde</sup>	0.001 3	12 <sup>cd</sup>	-0.000 3	2 <sup>abcd</sup>	-0.000 6	2 <sup>bc</sup>	0.000 2	14 <sup>bcd</sup>	-0.006 5
inferior	9 <sup>abc</sup>	0.003	16 <sup>a</sup>	0.004 8	2 <sup>cde</sup>	0.002 2	13 <sup>cde</sup>	0.000 5	19 <sup>bcde</sup>	0.000 5	17 <sup>bc</sup>	0.000 5	13 <sup>cd</sup>	-0.004 9
to superior	17 <sup>abc</sup>	0.003 7	2 <sup>a</sup>	0.004 9	5 <sup>cde</sup>	0.002 6	8 <sup>de</sup>	0.001 3	14 <sup>bcde</sup>	0.000 5	11 <sup>bc</sup>	0.000 6	20 <sup>cd</sup>	-0.004 7
	14 <sup>abc</sup>	0.003 7	13 <sup>a</sup>	0.005 2	16 <sup>cdef</sup>	0.003 9	6 <sup>de</sup>	0.002 4	17 <sup>bcde</sup>	0.000 6	16 <sup>bc</sup>	0.000 7	19 <sup>d</sup>	-0.000 2
	8 <sup>abc</sup>	0.004 8	6 <sup>a</sup>	0.007	13 <sup>def</sup>	0.004 4	17 <sup>ef</sup>	0.004 1	20 <sup>cdef</sup>	0.000 9	5 <sup>c</sup>	0.001 1	2 <sup>c</sup>	0.012 9
	16 <sup>bc</sup>	0.007 8	14 <sup>a</sup>	0.007 2	8 <sup>ef</sup>	0.006	1 <sup>fg</sup>	0.006 9	9 <sup>def</sup>	0.001	20 <sup>c</sup>	0.001 3	16 <sup>c</sup>	0.013 8
	5 <sup>c</sup>	0.014 3	17 <sup>a</sup>	0.007 8	17 <sup>ef</sup>	0.009 4	2 <sup>g</sup>	0.008 3	13 <sup>ef</sup>	0.001 9	14 <sup>c</sup>	0.001 6	1 <sup>c</sup>	0.015
	6 <sup>c</sup>	0.015 5	9 <sup>a</sup>	0.008 2	6 <sup>f</sup>	0.011 4	16 <sup>g</sup>	0.008 8	6 <sup>f</sup>	0.002 9	9 <sup>c</sup>	0.001 7	6 <sup>f</sup>	0.035 6

表 4 家系间性腺性状比较 III  
Tab. 4 Gonad traits comparison among families III

性状 traits	18:4		20:1		20:4(AA)		20:5(EPA)		22:5		22:6(DHA)	
	家系 families	离差 deviation	家系 families	离差 deviation	家系 families	离差 deviation	家系 families	离差 deviation	家系 families	离差 deviation	家系 families	离差 deviation
由劣 至优 inferior to superior	12 <sup>a</sup>	-0.016	11 <sup>a</sup>	-0.015	2 <sup>a</sup>	-0.042 5	16 <sup>a</sup>	-0.019 8	12 <sup>a</sup>	-0.001 4	11 <sup>a</sup>	-0.004 9
	8 <sup>a</sup>	-0.015 5	13 <sup>ab</sup>	-0.011	16 <sup>a</sup>	-0.042 3	2 <sup>a</sup>	-0.019 8	11 <sup>a</sup>	-0.001 4	9 <sup>a</sup>	0.000 4
	5 <sup>ab</sup>	-0.008 2	14 <sup>abc</sup>	-0.010 1	1 <sup>a</sup>	-0.036 3	1 <sup>ab</sup>	-0.014 2	13 <sup>ab</sup>	-0.001 1	19 <sup>ab</sup>	0.001 2
	11 <sup>bc</sup>	-0.005 8	17 <sup>abc</sup>	-0.009 3	6 <sup>ab</sup>	-0.026 9	11 <sup>ab</sup>	-0.012 7	5 <sup>ab</sup>	-0.000 9	6 <sup>abc</sup>	0.001 7
	19 <sup>bc</sup>	-0.005 4	8 <sup>bcd</sup>	-0.004 6	17 <sup>bc</sup>	-0.012	6 <sup>ab</sup>	-0.009 8	17 <sup>ab</sup>	-0.000 8	20 <sup>abc</sup>	0.002
	13 <sup>bc</sup>	-0.005 2	5 <sup>bcd</sup>	-0.003 7	13 <sup>bcd</sup>	-0.006	13 <sup>ab</sup>	-0.008 9	19 <sup>ab</sup>	-0.000 7	5 <sup>abc</sup>	0.002 8
	9 <sup>bc</sup>	-0.004 7	9 <sup>cd</sup>	-0.003 2	8 <sup>cd</sup>	-0.003 9	14 <sup>abc</sup>	-0.001 3	8 <sup>ab</sup>	-0.000 7	14 <sup>abc</sup>	0.003 3
	17 <sup>bc</sup>	-0.003	12 <sup>d</sup>	-0.001 1	12 <sup>cd</sup>	-0.001 3	8 <sup>abc</sup>	0	6 <sup>ab</sup>	-0.000 6	12 <sup>abcd</sup>	0.004 2
	14 <sup>c</sup>	0.003 6	20 <sup>de</sup>	0.002 7	5 <sup>de</sup>	0.014 7	9 <sup>abc</sup>	0.002	14 <sup>ab</sup>	-0.000 6	16 <sup>abcd</sup>	0.004 4
	6 <sup>c</sup>	0.003 9	19 <sup>ef</sup>	0.007 2	11 <sup>de</sup>	0.015 5	5 <sup>abc</sup>	0.006 2	20 <sup>ab</sup>	-0.000 1	8 <sup>bcd</sup>	0.006 2
	20 <sup>c</sup>	0.004	1 <sup>ef</sup>	0.007 5	14 <sup>ef</sup>	0.025 5	12 <sup>bc</sup>	0.012	16 <sup>ab</sup>	0.000 3	2 <sup>cd</sup>	0.006 8
	16 <sup>d</sup>	0.013 5	2 <sup>f</sup>	0.010 8	9 <sup>ef</sup>	0.031	19 <sup>bc</sup>	0.013 2	2 <sup>bc</sup>	0.001 5	13 <sup>d</sup>	0.008 9
	1 <sup>d</sup>	0.017 3	6 <sup>fg</sup>	0.011 9	19 <sup>f</sup>	0.041 4	20 <sup>c</sup>	0.026 4	9 <sup>c</sup>	0.003 1	1 <sup>d</sup>	0.009 2
	2 <sup>d</sup>	0.021 5	16 <sup>g</sup>	0.018	20 <sup>f</sup>	0.043 2	17 <sup>c</sup>	0.026 7	1 <sup>c</sup>	0.003 4	17 <sup>c</sup>	0.017 9

### 2.3 性别间性腺性状的比较

不同性别间性腺性状的差异见表 5。表 5 显示:性腺湿重和性腺指数在雌雄海胆间无显著差异( $P > 0.05$ );性腺颜色( $L^* a^* b^*$ )在雌雄海胆间具有极显著差异( $P < 0.01$ ),从两个总色差来看雌性海胆性腺颜色均极显著优于雄性( $P <$

$0.01$ );雌性海胆的性腺水分( $69 \pm 10$ )% 显著低于雄性( $71 \pm 9$ )% ( $P < 0.05$ );雌雄海胆间不饱和脂肪酸 EPA、DHA 分布无显著差异( $P > 0.05$ ),但雄性海胆 AA 分布( $10.67 \pm 3.28$ )% 显著高于雌性( $9.87 \pm 3.51$ )% ( $P < 0.05$ )。

表 5 性别间性腺性状比较  
Tab. 5 Gonad traits comparison between genders

性状 traits	性别 genders	个体数量 N	均值 ± 标准差 mean ± SD	F	性状 traits	性别 genders	个体数量 N	均值 ± 标准差 mean ± SD	F
性腺湿重 gonad wet weight	♀	264	2.70 ± 1.55	0.017	18:0(%)	♀	42	2.23 ± 0.74	2.867
	♂	268	2.73 ± 1.48				♂	42	
性腺指数 gonad index	♀	264	0.11 ± 0.03	2.405	18:1(%)	♀	42	0.90 ± 0.27	4.163 *
	♂	268	0.12 ± 0.04				♂	42	
亮度值 $L^*$	♀	262	75.50 ± 3.16	93.646 **	18:2(%)	♀	42	0.35 ± 0.24	0.072
	♂	266	78.69 ± 4.22				♂	42	
红度值 $a^*$	♀	262	31.66 ± 5.53	255.312 **	18:3(%)	♀	42	2.26 ± 1.41	0.502
	♂	266	22.14 ± 7.47				♂	42	
黄度值 $b^*$	♀	262	30.30 ± 6.65	142.709 **	18:4(%)	♀	42	5.26 ± 1.35	2.567
	♂	266	23.31 ± 6.53				♂	42	
亮橙黄色差 $\Delta E_1$	♀	262	31.63 ± 6.56	190.940 **	20:1(%)	♀	42	4.74 ± 1.40	4.264 *
light orange-yellow	♂	266	39.77 ± 6.99				♂	42	
亮黄色差 $\Delta E_2$	♀	262	36.52 ± 6.51	178.596 **	20:4(%)	♀	42	9.87 ± 3.51	4.284 *
light yellow	♂	266	44.28 ± 6.82			AA	♂	42	
性腺水分 gonad moisture	♀	264	0.69 ± 0.10	3.879 *	20:5(%)	♀	42	11.77 ± 3.24	1.876
	♂	268	0.71 ± 0.09			EPA	♂	42	
14:0(%)	♀	42	6.63 ± 1.82	2.189	22:5(%)	♀	42	0.12 ± 0.28	0.98
	♂	42	7.08 ± 1.44				♂	42	
16:0(%)	♀	42	12.63 ± 2.47	0.696	22:6(%)	♀	42	0.48 ± 0.61	0.143
	♂	42	13.01 ± 2.11			DHA	♂	42	
16:1(%)	♀	42	3.03 ± 1.01	0.716					
	♂	42	2.91 ± 1.07						

注: \* 表示差异显著( $P < 0.05$ ), \*\* 表示差异极显著( $P < 0.01$ )。

Notes: \* mean significant difference( $P < 0.05$ ), \*\* mean significant difference( $P < 0.01$ ).

### 3 讨论

#### 3.1 海胆的性腺性状

性腺是海胆的唯一可食部分,是其最重要的经济性状,因此提升性腺性状是海胆养殖和育种的重要研究方向。海胆性腺性状可分为产量性状和品质性状,其中产量性状主要包括性腺湿重和性腺指数<sup>[1]</sup>,而品质性状则较多,按照测量方式可将其分为表观和内在两类,易于用人的感官判别的性腺颜色、口味等性状是其表观品质性状,这些性状往往是确定海胆市场品质等级的重要指标<sup>[21]</sup>。性腺颜色是海胆性腺品质分级主要的参考标准<sup>[18,20,22-23]</sup>,在日本和欧洲市场,以亮黄色和亮橙黄色性腺品质级别最优、价格最高,而灰白色性腺则不符合上市标准<sup>[23-24]</sup>;性腺颜色鉴别可简单地用肉眼与色卡比对,但是这一方法太受主观影响且分级粗糙<sup>[24]</sup>,因此,为了方便对性腺颜色的科学研究,越来越多的学者开始采用 CIELAB 1976 国际标准对海胆性腺颜色进行数量化测量<sup>[18-28]</sup>。性腺的口味是其品质分级的另一重要参考标准,有甜味的性腺品质较高,而味道平淡或苦涩的性腺则会被降级或禁售<sup>[24]</sup>;目前关于口味的测量较少,少量的研究也主要是凭借人的主观感觉判断<sup>[18-19,24]</sup>,难以将其进行数量化描述,而性状间的相关却有望用于口味的测量,例如 Murata 等<sup>[29]</sup>指出绿海胆(*H. pulcherrimus*)性腺口味和一种苦味氨基酸相关,而 McBride 等<sup>[20]</sup>指出 *S. franciscanus* 性腺口味和颜色有一定相关性,由此推测通过降低苦味氨基酸含量和选择性腺颜色可以提高性腺口味。

性腺品质的内在性状主要为感观难以判别的性状,如性腺水分和高不饱和脂肪酸分布等。性腺水分对性腺品质性状有着间接的影响,Pearce 等<sup>[30]</sup>研究指出,在 *S. droebachiensis* 和 *Lytechinus variegatus* 性腺中,蛋白质含量与水分呈正相关,并推断性腺水分含量可能会影响性腺中大分子营养成分的水合状态,而 McBride 等<sup>[20]</sup>在研究 *S. franciscanus* 的性腺品质时指出高性腺含水量可能会降低秋季性腺的质地和口味。对高不饱和脂肪酸的研究<sup>[31-34]</sup>表明:EPA 能有效防止高脂血症的发生,减少血栓的形成,减少动脉粥样硬化和心脑血管病的发病率,DHA 在脑细胞形成过程中起着重要作用,能提高大脑的功能,增强记忆力,

防止大脑衰老,对儿童的生长发育十分重要,AA 是人体大脑和视神经发育的重要物质,对提高智力和增强视敏度具有重要作用;海胆的性腺中含有丰富的高不饱和脂肪酸<sup>[6,9,35-36]</sup>,其营养价值主要体现于此,因此,脂肪酸组成是重要的海胆品质性状。

#### 3.2 虾夷马粪海胆性腺性状在群体内的变异

本研究所取的海胆来自 19 月龄的养殖户家系群体,所取海胆大部分已达到上市规格(*GI%* 为 10%~20%)。虾夷马粪海胆性腺颜色为鲜艳的黄色和橙红色,经用同样的色差公式计算并比较,其性腺颜色优于其他海胆如 *E. chloroticus*<sup>[23]</sup>、*Paracentrotus lividus*<sup>[27]</sup>、*S. droebachiensis*<sup>[21,25,37]</sup> 以及 *Psammechinus miliaris*<sup>[28]</sup> 等,但同时两个色差(35.56~40.42)也表明虾夷马粪海胆的性腺颜色与日本市场的标准色仍有较大差距,从  $L^*a^*b^*$  数值来看,差距主要由  $b^*$  造成,即虾夷马粪海胆性腺的黄度值较低(不到标准色  $b^*$  的 1/2),但  $b^*$  在群体内的变异系数较大,具有较大的选育潜力。本研究测得虾夷马粪海胆的性腺水分具有较大的变异系数,其含量低于 Pearce 等<sup>[21]</sup>对 *S. droebachiensis* 的测量结果,而与 McBride 等<sup>[20]</sup>报道的 *S. franciscanus* 的性腺水分相近,但是却低于王丽梅等<sup>[9]</sup>对同种海胆的测量结果,这可能是由于不同发育时期的海胆性腺水分含量有差异,而所取的样品处于不同时期造成的。本研究中,虾夷马粪海胆性腺中多不饱和脂肪酸总量含量丰富(大于 30%),主要高不饱和脂肪酸为 EPA ( $12.11 \pm 2.65$ )% 和 AA ( $10.27 \pm 3.40$ )%,DHA 含量相对较低( $0.49 \pm 0.64$ )%,这与童圣英等<sup>[6]</sup>,王丽梅等<sup>[9]</sup>,Chen 等<sup>[36]</sup>对该海胆及其他种类的研究结果一致;相较于 EPA 和 AA,DHA 在取样群体中的变异系数极大(130.77%),这是因为有的家系大部分个体甚至所有个体都未检测出 DHA 分布。在基本一致的养殖环境和饵料条件下,几乎所有的性腺性状都具有较大的变异系数,这说明这些性状具有较大的遗传方差,在此基础上对性腺性状进行选育潜力巨大。

#### 3.3 虾夷马粪海胆家系间性腺性状的比较

家系间的变异是家系选择的基础,通过比较育种目标性状在家系间的差异,可以明确目标性状的家系排位,为选种提供依据。本研究估计了家系因素对虾夷马粪海胆性腺性状的影响,结果

表明性腺产量性状和除  $L^*$ 、 $a^*$  及脂肪酸 16:0 外的其他性腺品质性状在家系间均具有显著差异,这与很多水产动物的生长性状在家系间的显著差异一致<sup>[38-42]</sup>,这说明不考虑性别因素,海胆大部分性腺产量和品质性状的变异主要来源于家系间,同生长性状一样,利用家系选择提升性腺性状的潜力很大。性状  $L^*$ 、 $a^*$  及脂肪酸 16:0 在家系间无显著差异,这是由于它们在群体内的变异较小或变异来源于性别和个体间,本研究表明虾夷马粪海胆的  $L^*$  和  $a^*$  与标准颜色差距很小,而脂肪酸 16:0 也不是目标性状,所以这一结果对品质选育影响不大。通过对各家系进行比较可得到各性状的家系排名:性腺湿重最大的家系为 2、1、12 号家系,性腺指数最高的家系为 8、16、14、10、2、5、6、15 和 12 号家系,性腺水分最少的家系为 9、11 和 13 号家系,性腺颜色最好的家系为 13、18、9、1、17、15、20、2、19、3、14、4 和 12 号家系,AA 含量最高的家系为 20、19、9 和 14 号家系,EPA 含量最高的家系为 17、20、19 和 12 号家系,DHA 含量最高的家系为 17 号家系,这一排名可作为家系淘汰和选留的依据。全同胞家系内的个体具有较为相似的基因型,因此家系选择的实质是基因型选择<sup>[17]</sup>,由以上排名可见,所测群体内尚不存在集中各优良性状的基因型(家系),因此选育最初需要通过家系间杂交对优良基因型进行有机整合,之后利用选择的方法逐步整体提高性腺产量和品质,本研究结果可作为家系间杂交亲本选择的依据。

### 3.4 虾夷马粪海胆性别间性腺性状的比较

在日本市场,一般认为雌性海胆性腺品质要好于雄性,因此雌性海胆的市场价格较高。Symonds 等<sup>[28]</sup>在对 *P. miliaris* 的研究中指出,雌雄海胆间性腺颜色并无一般认为的显著差异(CIE  $L^* a^* b^*$  标准),而本研究结果表明,性腺颜色( $L^* a^* b^*$ )在雌雄间具有均极显著差异( $P < 0.01$ ),较之标准色,雄性海胆的  $L^*$  值过高, $a^*$ 、 $b^*$  值与标准色的分色差( $\Delta a^*$ 、 $\Delta b^*$ )雌雄间差距也较大,因此从两个色差( $\Delta E_1$ 、 $\Delta E_2$ )来看雌性海胆性腺颜色均极显著优于雄性( $P < 0.01$ ),这与 Phillips 等<sup>[18]</sup>对 *E. chloroticus* 的研究结果一致。尽管雄性海胆 AA 分布( $10.67 \pm 3.28$ )% 显著高于雌性( $9.87 \pm 3.51$ )% ( $P < 0.05$ ) (与童圣英等<sup>[6]</sup>的研究结果一致),但 EPA 和 DHA 在雌雄

间无显著差异( $P > 0.05$ ),同时由于雌性海胆的性腺水分( $69\% \pm 10\%$ )显著低于雄性( $71\% \pm 9\%$ ) ( $P < 0.05$ ),因此本研究认为,虾夷马粪海胆雌性性腺品质优于雄性,符合海胆商品市场的观点。

与孔泳滔等<sup>[11]</sup>的研究结果一致,本研究中雄性虾夷马粪海胆的性腺指数略高于雌性,但并无显著差异( $P > 0.05$ ),同时雌雄虾夷马粪海胆的性腺湿重也无显著差异( $P > 0.05$ ),因此,结合上面的结论,可认为通过性别选择,在不影响性腺产量的情况下,可大幅降低性腺颜色与标准颜色的色差( $7.76 \sim 8.14$ ),显著降低性腺水分(2%),显著提高 AA 分布(0.8%),从而提高性腺品质和养殖生产效率。

### 3.5 虾夷马粪海胆性腺性状的选择育种

性别选择可以快速改良性腺水分、脂肪酸 AA 含量及性腺颜色,但对于提升性腺产量和更进一步改良性腺品质则需要家系选择等选择育种的方法,在虾夷马粪海胆性腺选育中,需注意以下几点:(1) 颜色的差距主要产生于  $b^*$  值,因此在其进行遗传改良时,需多侧重对高  $b^*$  值个体或家系的选择,我们估计了  $L^* a^* b^*$  值的遗传力(另文发表),相对于  $L^*$  和  $a^*$  的低遗传力(0), $b^*$  的遗传力较高(0.20),这一结果非常利于对  $b^*$  进行改良以提升性腺颜色;(2) 高不饱和脂肪酸的选育要注意脂肪酸间的相互作用及最佳组成比例,因为两种或更多种脂肪酸以合适的比例共同作用效果可能会远高于其中之一的单独作用<sup>[43]</sup>;(3) 对于多性状选择来说,综合指数法的选择效率要优于独立淘汰法和顺序选择法<sup>[17]</sup>,因此,为了获得更好的选择效果,同时提升性腺产量和品质以及海胆的体重等表型性状,在家系杂交后代群体,需要对所有性状的遗传力、经济重要性、性状间的相关性以及各性状的表型方差进行估计和加权,制定综合选择指数并用其进行选种,以更有效率地整体提高性腺性状。

### 参考文献:

- [1] 常亚青,丁君,宋坚,等. 海参、海胆生物学研究与养殖[M]. 北京:海洋出版社,2004.
- [2] 王子臣,常亚青. 虾夷马粪海胆人工育苗的研究[J]. 中国水产科学,1997,4(1):60-67.
- [3] 常亚青,王子臣. 低盐度海水和饵料对虾夷马粪海胆的影响[J]. 海洋科学,1997(3):1-2.

- [4] 常亚青,王子臣,王国江. 温度和藻类饵料对虾夷马粪海胆摄食及生长的影响[J]. 水产学报,1999,23(1):69-75.
- [6] 童圣英,陈炜,由学策,等. 三种海胆性腺总脂的脂肪酸组成的研究[J]. 水产学报,1998,22(3):247-252.
- [7] 王丽梅,韩家波,董颖,等. 中间球海胆与光棘球海胆杂交子一代的生长比较研究[J]. 水产科学,2004,23(2):1-3.
- [8] 邱东,孔泳滔,王琦,等. 饵料对中间球海胆品质的影响[J]. 水产科学,2005,24(7):32-34.
- [9] 王丽梅,陈炜,石莹. 杂交海胆与两亲本性腺一般营养成分及脂肪酸组成的分析比较[J]. 大连水产学院学报,2006,21(3):255-258.
- [10] 李太武,徐善良,王仁波,等. 虾夷马粪海胆黑嘴病的初步研究[J]. 海洋科学,2000,24(3):41-43.
- [11] 孔泳滔,程振明,王琦,等. 筏式养殖中间球海胆生殖腺发育周年变化[J]. 水产科学,2002,21(2):18-21.
- [12] 丁君,常亚青,王长海,等. 不同种海胆体腔细胞类型及体液中的酶活力[J]. 中国水产科学,2006,13(1):33-38.
- [13] Ding J, Chang Y, Wang C, *et al.* Evaluation of the growth and heterosis of hybrids among three commercially important sea urchins in China; *Strongylocentrotus nudus*, *S. intermedius* and *Anthocardia crassispina* [J]. Aquaculture, 2007, 272(1-4):273-280.
- [14] 刘小林,常亚青,相建海,等. 虾夷马粪海胆早期生长发育的遗传力估计[J]. 中国水产科学,2003,10(3):206-211.
- [15] Liu X, Chang Y, Xiang J, *et al.* Estimates of genetic parameters for growth traits of the sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius* [J]. Aquaculture, 2005, 243(1-4):27-32.
- [16] Gjedrem T. Genetic improvement of cold-water fish species [J]. Aquaculture Research, 2000, 31(1):25-33.
- [17] 盛志廉,陈瑶生. 数量遗传学[M]. 北京:科学出版社,2001.
- [18] Phillips K, Bremer P, Silcock P, *et al.* Effect of gender, diet and storage time on the physical properties and sensory quality of sea urchin (*Evechinus chloroticus*) gonads [J]. Aquaculture, 2009, 288(3-4):205-215.
- [19] Murata Y, Yokoyama M, Unuma T, *et al.* Seasonal changes of bitterness and pulcherrimine content in gonads of green sea urchin *Hemicentrotus pulcherrimus* at Iwaki in Fukushima Prefecture [J]. Fisheries Science, 2002, 68(1):184-189.
- [20] McBride S, Price R, Tom P, *et al.* Comparison of gonad quality factors: color, hardness and resilience, of *Strongylocentrotus franciscanus* between sea urchins fed prepared feed or algal diets and sea urchins harvested from the Northern California fishery [J]. Aquaculture, 2004, 233(1-4):405-422.
- [21] Pearce C, Daggett T, Robinson S. Effect of protein source ratio and protein concentration in prepared diets on gonad yield and quality of the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis* [J]. Aquaculture, 2002, 214(1-4):307-332.
- [22] Shpigel M, McBride S, Marciano S, *et al.* Improving gonad colour and somatic index in the European sea urchin *Paracentrotus lividus* [J]. Aquaculture, 2005, 245(1-4):101-109.
- [23] Woods M, James P, Moss G, *et al.* A comparison of the effect of urchin size and diet on gonad yield and quality in the sea urchin *Evechinus chloroticus* Valenciennes [J]. Aquaculture International, 2008, 16:49-68.
- [24] Pearce C, Daggett T, Robinson S. Effect of urchin size and diet on gonad yield and quality in the green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) [J]. Aquaculture, 2004, 233(1-4):337-367.
- [25] Kelly M, Owen P, Pantazis P. The commercial potential of the common sea urchin *Echinus esculentus* from the west coast of Scotland [J]. Hydrobiologia, 2001, 465(1):85-94.
- [26] James P, Heath P. Long term roe enhancement of *Evechinus chloroticus* [J]. Aquaculture, 2008, 278(1-4):89-96.
- [27] Cook E, Kelly M. Co-culture of the sea urchin *Paracentrotus lividus* and the edible mussel *Mytilus edulis* L. on the West Coast of Scotland, United Kingdom [J]. Journal of Shellfish Research, 2009, 28(3):553-559.
- [28] Symonds R, Kelly M, Suckling C, *et al.* Carotenoids in the gonad and gut of the edible sea urchin *Psammechinus miliaris* [J]. Aquaculture, 2009, 288(1-2):120-125.
- [29] Murata Y, Sata N, Yokoyama M, *et al.* Determination of a novel bitter amino acid, pulcherrimine, in the gonad of the green sea urchin *Hemicentrotus pulcherrimus* [J]. Fisheries Science, 2001, 67:341-345.

- [30] Pearce C, Daggett T, Robinson S. Effect of binder type and concentration on prepared feed stability and gonad yield and quality of the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis* [J]. *Aquaculture*, 2002, 205(3-4): 301-323.
- [31] Harris W. N-3 fatty acids and serum lipoproteins: animal studies [J]. *American Journal of Clinical Nutrition*, 1997, 65: 1611-1616.
- [32] Harris W. N-3 fatty acids and serum lipoproteins: human studies [J]. *American Journal of Clinical Nutrition*, 1997, 65: 1645-1654.
- [33] Kris-Etherton P, Harris W, Appel L. Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease [J]. *Circulation*, 2002, 106: 2747-2757.
- [34] Ruxton C, Reed S, Simpson, *et al.* The health benefits of omega-3 polyunsaturated fatty acids: a review of the evidence [J]. *Journal of Human Nutrition & Dietetics*, 2004, 17: 449-459.
- [35] Lawrence J M. Edible sea urchins: biology and ecology [J]. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, 2001, 32: 1-4.
- [36] Chen G, Xiang W, Lau C, *et al.* A comparative analysis of lipid and carotenoid composition of the gonads of *Anthocidaris crassispina*, *Diadema setosum* and *Salmacis sphaeroides* [J]. *Food Chemistry*, 2010, 120(4): 973-977.
- [37] Robinson S, Castell J, Kennedy E. Developing suitable colour in the gonads of cultured green sea urchins (*Strongylocentrotus droebachiensis*) [J]. *Aquaculture*, 2002, 206(3-4): 289-303.
- [38] 张天时, 孔杰, 刘萍, 等. 中国对虾家系建立及不同家系生长发育的初步研究 [J]. *海洋学报*, 2007, 29(3): 120-124.
- [39] 陈锚, 吴长功, 相建海, 等. 凡纳滨对虾的选育与家系的建立 [J]. *海洋科学*, 2008, 32(11): 5-8.
- [40] 何毛贤, 管云雁, 林岳光, 等. 马氏珠母贝家系的生长比较 [J]. *热带海洋学报*, 2007, 26(1): 39-43.
- [41] 陈丹群, 张殿昌, 李有宁, 等. 合浦珠母贝家系的建立及生长性状的比较 [J]. *安徽农业科学*, 2008, 36(35): 15493-15496.
- [42] 闫喜武, 王琦, 张跃环, 等. 中国蛤蜊的家系建立及早期生长发育 [J]. *水产学报*, 2010, 34(4): 521-530.
- [43] Birch E, Garfield S, Hoffman D, *et al.* A randomized controlled trial of early dietary supply of long-chain poly-unsaturated fatty acids and mental development in term infants [J]. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 2000, 42: 174-181.



## Comparison of gonad traits among families and between genders of the sea urchin *Strongylocentrotus intermedius*

CHANG Ya-qing\*, ZHANG Wei-jie, DING Jun, SHI Sheng-bao, ZHAO Chong, ZHANG Bo  
(Key Laboratory of Mariculture & Biotechnology, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China)

**Abstract:** 600 sea urchins *Strongylocentrotus intermedius* were randomly chosen from 20 families and the gonad wet weight, gonad index, gonad moisture and fatty acid composition were measured and then analyzed. The results showed that gonad wet weight and gonad index were both significantly different among families ( $P < 0.01$ ), but not between genders, and there was a large gonad yield variance in the measured population; The gonad color of *S. intermedius* lies between bright yellow and bright orange red, the color was quantified by CIE  $L^* a^* b^*$  standard and then ANOVAs were conducted.  $L^*$  and  $a^*$  components were of no difference among families, but  $b^*$  component,  $\Delta E_1$  (light yellow) and  $\Delta E_2$  (light orange-yellow) were all significantly different among families. The  $L^* a^* b^*$  components and the two  $\Delta E$ s of the female were superior to male; The family and gender had significant effects on gonad moisture ( $P < 0.01$  and  $P < 0.05$ , respectively); There were relatively high EPA ( $12.11 \pm 2.65$ )% and AA ( $10.27 \pm 3.40$ )% contents, but lower DHA ( $0.49 \pm 0.64$ )% content (with high variation of 130.77%) in the gonad total lipid of *S. intermedius*. The HUFA was significantly different among families ( $P < 0.01$ ), but there was a significant difference of AA between genders only with the male higher than female. The present study indicated that sex and family selection should be conducted to achieve the goal of the gonad enhancement.

**Key words:** *Strongylocentrotus intermedius*; families; genders; gonad traits

**Corresponding author:** CHANG Ya-qing. E-mail: yqchang@dlou.edu.cn