

doi: 10.3969/j.issn.2095-0780.2012.06.009

几种重要环境因子对瘤背石磺人工养殖成活率的影响

沈永龙^{1,2}, 黄金田¹, 戈贤平², 王爱民¹, 吕富¹, 沈楠楠¹, 蔡万存¹

(1. 盐城工学院, 江苏省滩涂底栖生物重点实验室, 江苏 盐城 224051;

2. 南京农业大学无锡渔业学院, 江苏 无锡 214081)

摘要: 该试验通过模拟生态环境的方式系统研究了温度、盐度和相对湿度等环境因子对瘤背石磺 (*Onchidium struma*) 室内养殖成活率的影响。结果显示, 当养殖温度为 20 ~26 ℃ 且昼夜温差不高于 3 ℃, 盐度控制为 35 左右, 相对湿度调节为 80% 以上, 养殖密度低于 50 只·箱⁻¹ (333 只·m⁻³), 底泥采用海边高潮线附近的表层粉砂性盐成土, 以 3 cm 的厚度铺于养殖箱底部, 光照强度低于 70 lx 时瘤背石磺死亡率最低, 其成活率可达 90% 以上, 且与其他各试验组相比均差异显著 ($P < 0.05$)。结果表明, 养殖瘤背石磺需控制温度、盐度、相对湿度、养殖密度、光照强度及底泥等各项指标; 同时通过模拟生态环境、改善养殖条件等方式能够提高瘤背石磺成活率, 从而实现人工条件下的长期养殖。

关键词: 瘤背石磺; 养殖技术; 环境因子; 成活率

中图分类号: S 968.31⁺9

文献标志码: A

文章编号: 2095-0780-(2012)06-0057-08

Effects of several key environmental factors on survival of artificial breeding of *Onchidium struma*

SHEN Yonglong^{1,2}, HUANG Jintian¹, GE Xianping², WANG Aimin¹,

L Fu¹, SHEN Nannan¹, CAI Wancun¹

(1. Key Lab of Benthic Biology of Shoals of Jiangsu Province, Yancheng Institute of Technology, Yancheng 224051, China,

2. Wuxi Fishery Institute of Nanjing Agricultural University, Wuxi 214081, China)

Abstract: Based on simulate natural ecological environment, we conducted an experiment to explore the effects of several environmental factors such as temperature, salinity and relative humidity on the artificial breeding of *Onchidium struma*. The results show that the survival reached over 90% and significant difference was observed among the other trail groups ($P < 0.05$) under the following conditions: temperature (20 ~26 ℃ with diurnal temperature range < 3 ℃), salinity (35), relative humidity ($> 80\%$), stocking density [< 50 ind·tank⁻¹ (333 ind·m⁻³)], sediment (silty halosols on the surface of intertidal with 3 cm thickness laid at the bottom of the tank), light intensity (< 70 lx). It is revealed that the breeding of *O. struma* needs control of temperature, salinity, relative humidity, stocking density, light intensity and sediment factors. Besides, the survival can be increased and long-term artificial breeding can be achieved by simulating ecological environment and improving breeding conditions.

Key words: *Onchidium struma*; breeding technology; environmental factors; survival

瘤背石磺 (*Onchidium struma*) 是一种广泛分布于沿海滩涂高潮线附近的海洋珍稀腹足纲贝类, 在

收稿日期: 2012-08-21; 修回日期: 2012-10-22

资助项目: 江苏省科技厅 2010 年苏北科技发展计划科技富民强县专项资金项目 (BN2010050); 国家级星火计划项目 (2011GA690278); 江苏省水产三新工程项目 (Y2012-22)

作者简介: 沈永龙 (1989-), 男, 硕士研究生, 从事水产动物饲料营养生理及繁育的研究。E-mail: 891002syl@163.com

通讯作者: 黄金田, E-mail: hjt@ycit.cn

潮间带营穴居生活,喜欢在大穗结缕草和芦苇丛中栖息,基本上不在水中生活,但对温度、盐度和相对湿度等都有一定的要求,对滩涂湿地的生物多样性和环境保护及修复等具有重要意义。由于近年来民间的大量采捕及滩涂的过度开发,瘤背石磺的资源量急剧下降,市场货源严重紧缺,因而开展瘤背石磺养殖技术的研究显得日趋迫切^[1]。同时,瘤背石磺作为一种具有营养、医用和基础研究价值的物种,也迫切要求开展人工养殖以满足市场需求。由于瘤背石磺身体裸露无壳,保水性能极差,同时对其生存环境的要求又相当苛刻,限制了其规模化人工养殖的开展^[2]。

截至目前,国内外关于瘤背石磺的研究主要集中在生殖生理学、神经生物学及分子生物学等方面^[3-6],关于瘤背石磺养殖技术的研究则相对较少,仅黄金田和张余霞^[7]报道了瘤背石磺的室内温箱养殖技术。该试验以瘤背石磺为研究对象,通过模拟自然生态环境的方式进行了一系列养殖试验,对影响瘤背石磺人工养殖的关键因素作了较为系统的研究,取得了明显的进展并探索出一套适合瘤背石磺人工养殖的仿生态养殖模式,以为今后开展瘤背石磺的人工养殖奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验动物

试验动物为2010年5月~2012年7月采自盐城射阳滩涂的瘤背石磺[平均体质量为 (12.82 ± 1.94) g],选择体质健康的个体,经过 $150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 高锰酸钾(KMnO_4)水溶液消毒5 min,置于养殖箱内采用干露并适量喷洒海水保湿的方式暂养驯化2 d备用。

1.2 试验材料

用于瘤背石磺养殖的养殖箱为体积150 L的长方体聚乙烯塑料箱(70 cm × 50 cm × 40 cm),使用前用 $150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 KMnO_4 消毒3 h,养殖箱上用聚乙烯塑料布密封控温控湿和防逃,同时在塑料布上放置与养殖箱顶部紧密接合的木板防逃,并在木板中间开有2个正方形(15 cm × 15 cm)的观察孔用于观察箱内瘤背石磺的活动和摄食情况。

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计 温度试验从16~32℃,每2℃设1个梯度,共9个梯度,在3个实验室内同时进行,每个实验室均设3个温度组。各实验室均采

用空调控温的方式使室温分别调节至16℃、22℃和28℃。各实验室中的除上述温度组不做处理外,其余各养殖箱均采用若干套有遮阳网的15 W白炽灯调节箱内实际温度至设定温度^[2]。同时,各养殖箱均采用聚乙烯塑料薄膜密封,每天早、中、晚3次用温度计监测室内和养殖箱内的温度并适当调节。温差试验的白天温度设定为24℃,夜间温度分别按梯度下降1~6℃,共设6个梯度,温度控制方法与以上相同。盐度试验通过用海水素[青岛海大通用海水素有限公司出品,主要成分为氯化钠(NaCl) 65%和硫酸镁(MgSO_4) 15%]配制不同盐度的人工海水对瘤背石磺养殖环境进行盐度控制,用盐度计(WZ-211手持式折射仪,北京万成北增精密仪器有限公司出品)进行盐度校准,共设5个盐度梯度(5、15、25、35和45)。相对湿度试验通过向养殖箱内喷洒海水及控制塑料布封口程度等措施来控制相对湿度并通过湿度计对养殖箱内的相对湿度进行校准,共设8个试验梯度(55%、60%、65%、70%、75%、80%、85%和90%)。底泥试验通过选择不同底泥(人工土和高潮带表层盐成土^[8])及选用不同加工方式(不同干燥处理、是否粉碎、底泥湿度以及底泥厚度)等措施研究底泥对瘤背石磺成活率的影响,其中盐成土为海边滩涂高潮线附近的表层粉砂性盐碱土[氮(N) $0.325 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,磷(P) $0.020 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,钾(K) $0.521 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,盐度2, pH 9.5,有机质 $7.768 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$],人工土为水稻土[N $1.008 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, P $8.953 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, K $168.315 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,盐度0, pH 7.5,有机质 $14.097 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$]。光照强度试验通过控制节能灯数量及调节遮光帘和遮阳网等方式调节养殖箱内的光照强度并用照度计进行测量,分别设为<70 lx、70~200 lx、200~500 lx和>500 lx 4个梯度。养殖密度试验共设6个梯度[20、30、40、50、60和80只·箱⁻¹(133、200、267、333、400和533只·m⁻³)]。以上各处理组均设3个平行,各试验均采用控制变量法进行,即控制其他环境因素为最适条件且保持不变。

1.3.2 日常管理 驯化结束后选择体质健康、活力旺盛的瘤背石磺个体随机分配到各处理组养殖箱中进行养殖试验,期间用海泥与螺旋藻粉[m (海泥): m (螺旋藻粉) = 5:1]拌饲投喂于固定位置的玻璃食台^[9],每天投喂2次(7:00和17:00),投饲率(指投喂螺旋藻重量占瘤背石磺体质量的百

分数) 为 2%，饲养 60 d。由于瘤背石磺排泄尿液和粪便的量较大，为维持瘤背石磺良好的养殖环境，进入正式试验后在每次投喂前均需清洁养殖箱壁和玻璃食台，并用镊子轻轻镊取海泥上的粪便，同时将瓦片等遮蔽物取出清洗并阴干后架空放置于养殖箱底部。每天根据养殖箱内湿度情况适量喷洒人工海水进行调节。观察记录死亡和摄食情况及检查防逃设施是否完好，并及时取出死亡的个体，饲养试验结束后计算各组的死亡率及摄食情况。

1.4 数据分析

原始数据经 Excel 2003 初步整理后，采用 SPSS 17.0 中的单因子方差分析(One-Way ANOVA)对数据进行统计分析，进行 Duncan s 多重比较。数据用平均值 ±标准差($\bar{X} \pm SD$) 形式表示， $P < 0.05$ 为差异显著。

2 结果

2.1 温度及昼夜温差对死亡率的影响

瘤背石磺对养殖温度的要求很高，整个养殖期间的温度最好控制在 20 ~26℃，当温度超过 28℃或低于 18℃时，瘤背石磺的死亡率显著升高($P < 0.05$) (图 1 - a)。昼夜温差 1 ~2℃时成活率最高，且 2 组之间差异不显著($P > 0.05$) (图 2)。当昼夜温差超过 3℃时成活率明显下降($P < 0.05$)，且昼夜温差幅度越大死亡率越高，各组之间均差异显著($P < 0.05$)。

2.2 养殖密度对死亡率的影响

随着养殖密度的升高，瘤背石磺的死亡率呈明显的上升趋势($P < 0.05$) (图 1 - b)。当瘤背石磺的养殖密度低于 50 只·箱⁻¹ (333 只·m⁻³) 时死亡率较低，各组之间差异不显著($P > 0.05$)；但当密度

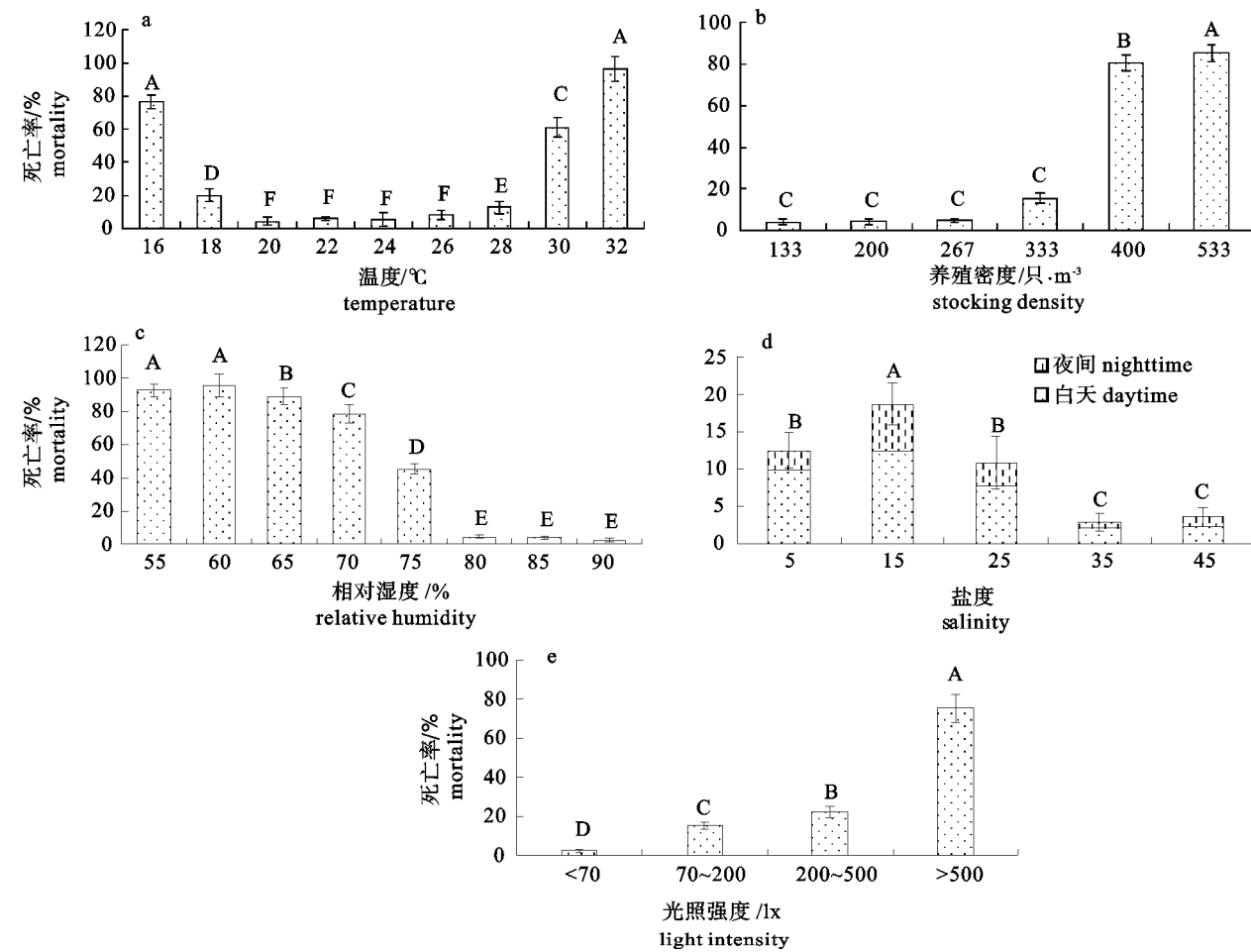


图 1 温度、养殖密度、相对湿度、盐度和光照强度对瘤背石磺死亡率的影响
图标上方不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)；后图同此

Fig 1 Effects of temperature, stocking density, relative humidity, salinity and light intensity on mortality of *O. struma*
Different letters on the columns indicate significant difference ($P < 0.05$). The same case in the following figure.

过高(高于 333 只·m⁻³)时死亡率显著升高($P < 0.05$)。

2.3 相对湿度对死亡率的影响

瘤背石磺保水机制的缺失决定了控制养殖环境相对湿度的重要性,随着相对湿度的升高,死亡率呈显著下降趋势($P < 0.05$) (图 1 - c)。当相对湿度高于 80% 时,各组之间差异不显著($P > 0.05$)。

2.4 盐度对死亡率的影响

虽然瘤背石磺为广盐性贝类,但盐度过高或过低仍会影响其正常生长和成活(图 1 - d)。当环境盐度为 15 时死亡率最高,其次是盐度为 5 和 25,且两者之间差异不显著($P > 0.05$),而盐度为 35 时的死亡率最低,且盐度为 35 和 45 时两者之间差异也不显著($P > 0.05$)。

2.5 光照强度对死亡率的影响

随着光照强度的升高,死亡率呈显著的上升趋势($P < 0.05$) (图 1 - e)。这主要是因为瘤背石磺喜欢阴暗潮湿的地方,光照强度过高会导致瘤背石磺活力减弱,摄食减少,最终导致死亡。

2.6 底泥对养殖的影响

瘤背石磺对底泥的要求很高,不仅需要控制底泥的粒径、化学成分和含水率,同时对底泥的铺设厚度及加工方式也有严格的要求(表 1)。来源于高潮带表层并经过晒干和粉碎的粉砂性泥土养殖效果

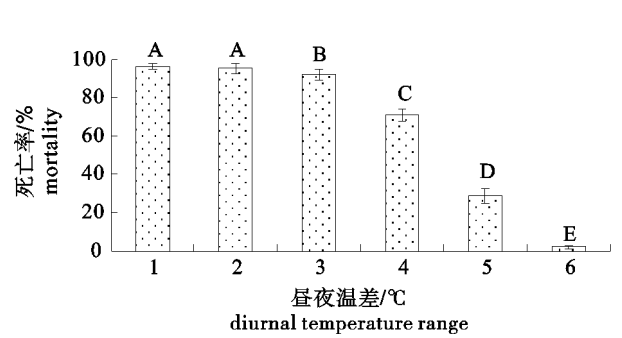


图2 昼夜温差对瘤背石磺成活率的影响
Fig. 2 Effect of diurnal temperature range on survival of *Q. struma*

最好,而烘干处理或未经粉碎处理的泥土效果较差,海泥铺设厚度过低或底泥含水率过高也会严重影响瘤背石磺的养殖效果。厚度过低容易导致瘤背石磺死亡;厚度过高则浪费海泥,且加大饲养工作量。研究发现用经过 105 °C 高温烘干处理的海泥的饲养效果明显比晒干处理的差。

3 讨论

瘤背石磺在由海洋向陆地的长期进化过程中,许多器官进化的程度很低,从而使其对环境的适应能力很差,因此对养殖环境的温度、相对湿度和盐度等条件都有较高的要求。

表 1 底泥对瘤背石磺养殖的影响

Tab. 1 Effect of sediment on breeding of *O. struma*

项目 item	死亡率/% mortality	摄食情况 feeding	活力情况 vitality
水稻土 [*] paddy soil group	60.25 ±8.21	较差	较差
盐碱土 [*] saline-alkali soil group	5.42 ±1.85	良好	良好
烘干处理 ^{**} drying group	91.33 ±6.32	较差	较差
晒干处理 ^{**} dried group	8.27 ±2.33	良好	良好
不粉碎处理 ^{***} uncrush-treated group	32.34 ±4.21	较差	一般
粉碎处理 ^{***} crush-treated group	6.76 ±2.01	良好	良好
1 cm底泥 1 cm soil thickness	80.68 ±3.27	一般	较差
3 cm底泥 3 cm soil thickness	4.87 ±1.92	良好	良好
底泥积水 0.5 L sediment contain 0.5 L water	95.64 ±1.81	较差	较差
底泥含水率 30% 30% of sediment moisture content	5.63 ±1.06	良好	良好

注: * . 均采用晒干、粉碎处理,铺设厚度为 3 cm,底泥含水率为 30%; ** . 均为粉砂性盐碱土,且经过粉碎处理,铺设厚度为 3 cm,含水率为 30%; *** . 均为粉砂性盐碱土,采用晒干处理,铺设厚度为 3 cm,含水率为 30%,泥土粉碎粒径均过 40 目筛
Note: * . dried and crush treated, 3 cm soil thickness, 30% of sediment moisture content; ** . saline-alkali soil and crush-treated, 3 cm soil thickness, 30% of sediment moisture content; *** . saline-alkali soil and dried treated, 3 cm soil thickness, 30% of sediment moisture content. The diameters of pulverized soil particles are all more than 40 mesh.

温度能有效影响水产动物代谢反应速率,在一定范围内代谢速率与温度成正相关,如强俊等^[10]对尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)及刘志刚等^[11]对华贵栉孔扇贝(*Chlamys nobilis*)的研究均表明温度对水产动物的生长、成活有显著影响且温度与盐度具有明显的互作效应。与以上研究结果一致,温度与瘤背石磺的生长、成活密切相关^[12]。温度过高会导致养殖箱内闷热,底泥更加容易变质,饲料中的蛋白等营养成分在高温高湿条件下也更容易腐败;温度过低则会使瘤背石磺活力减弱,摄食减少,甚至休眠。但笔者研究表明,养殖过程中昼夜温差对瘤背石磺的影响更为重要,昼夜温差必须要控制在3℃以内,否则就出现大规模死亡的现象。生物对温度变化的适应能力,取决于个体生理学的可塑性,温度变化平缓则有助于生物逐渐适应温度的变化^[13-14]。宋林生等^[15]对中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)的研究表明,温度骤变会导致机体的生理功能紊乱以及免疫防御能力降低,最终引起机体自由基代谢紊乱,诱导病害发生。瘤背石磺属于相对比较低等的生物,抗温变能力差,当大量自由基引起机体损伤后,导致细胞发生肿胀、变性,最终致使机体死亡。

盐度对水产动物生长、渗透调节、营养代谢及肌肉品质等均有较大的影响^[16-17]。虽然瘤背石磺是一种渗压随变动物,但渗透调节是一个十分耗能的过程^[18-20],同时温度与盐度具有交互作用,盐度超过等渗点时低温和高盐环境对水产动物的能量代谢有明显的抑制作用^[21-22]。瘤背石磺体液盐度正常维持在35左右,而自然界沿海滩涂区域的水体具有一定的盐度,这就使得瘤背石磺必须通过摄入海水或海泥中的盐分才能维持机体的渗透平衡,同时,一定数量盐分的摄入可以刺激瘤背石磺吞噬海水,并加快盐分的排泄^[23]。笔者研究结果显示,瘤背石磺在盐度35时的死亡率最低,分析其原因可能是人工养殖条件下机体难以摄入用于维持渗透平衡的盐分,因而需要通过高盐度海水进行调节以维持体液渗透压。盐度过高也会导致瘤背石磺生理性失水且易使底泥盐度大幅升高,甚至形成海盐结晶,从而不利于瘤背石磺摄食及成活。另外,低盐度的饲养环境虽有利于身体水分的保持,但会促使瘤背石磺的体蛋白向氨基酸方向的代谢以维持机体的渗透平衡^[24-26],不利于其正常生长,从而导致死亡率升高。

相对湿度也是影响瘤背石磺生存的关键因素,对于瘤背石磺的正常生存和繁殖都极其重要。有关湿度对水产动物影响的报道很少,仅在两栖类和少量水栖龟类中有报道。佟庆等^[27]研究表明在相同的温度条件下东北林蛙(*Rana dybowskii*)的成活率随着空气湿度的降低而降低,且在温度不超过30℃时林蛙更适宜于空气湿度较高的环境^[28]。笔者试验表明,相对湿度控制在80%以上时瘤背石磺才能正常生长,相对湿度过低(70%以下)会导致瘤背石磺死亡率升高。分析其原因可能是因为瘤背石磺保水能力差,机体水分不断丧失,致使体液盐度逐渐升高,同时其渗透调节能力有限,从而使死亡率急剧升高;另外,机体大量失水会导致生物摄食量急剧下降,甚至停止摄食,从而不利于瘤背石磺的长期养殖,但具体原因还有待进一步研究。

关于养殖密度影响水产动物生长的报道较多,李玉泉等^[29-30]对对虾(*Penaeus chinensis*)的研究以及萧云朴等^[31]对虾夷扇贝(*Patinopecten yessoensis*)的研究均表明养殖密度的增加往往导致水生生物的生长速率下降,甚至导致生物大批量死亡^[32],笔者试验的研究结果与以上结论基本一致,养殖密度高于50只·箱⁻¹(333只·m⁻³)时极易引发瘤背石磺大规模死亡,可能是因为密度过高对其形成了胁迫效应,加剧了养殖箱内底泥环境的恶化,硫化物、氨氮和亚硝酸盐等含量急剧升高,从而不利于瘤背石磺的生长。

该研究表明,瘤背石磺饲养环境的光照强度也十分关键。光照强度对水产动物生长、成活及摄食等均有较大的影响^[33-35]。许多研究表明,光照强度与动物的生理活动和行为特征之间存在密切的联系,且不同生物对光照强度的反应不同^[36-37]。瘤背石磺喜欢阴暗潮湿的地方,体色偏深,对强光比较敏感,这与刺参基本相似^[38],也与其穴居生活的生活习性相吻合。

许多研究表明底泥对动物的摄食、交配及成活等具有重要影响^[39-40],故底泥质量的好坏显得尤为重要。林诗天等^[41]对川纹笛鲷(*Lutjanus sebae*)和尖吻鲈(*Lates calcarifer*)及王广军等^[42]对杂色鲍(*Haliotis diversicolor*)的研究均表明底泥对水产动物具有一定的致死效应和生理胁迫效应,与笔者试验结果基本一致。随着饲养时间的延长,底泥会发生质的变化,氨氮及亚硝酸盐会大幅升高,从而对瘤背石磺的成活造成显著的影响,但底泥成分的具体

变化还有待于进一步研究。由于底泥对于瘤背石磺是不可或缺的生存要素, 其对瘤背石磺具有辅助消化等作用, 因此, 研究底泥的种类、粒度、处理方式等是研究瘤背石磺养殖的重要课题。该研究表明烘干的海泥不利于瘤背石磺的养殖, 这可能就是因为高温烘干处理破坏了海泥中的某些能促进摄食及消化的物质。海泥水分过高容易变质并加剧死亡个体的腐败, 从而造成养殖环境的恶化, 同时, 养殖箱内泥块不经粉碎处理则不利于瘤背石磺的摄食。

4 结论

1) 通过模拟生态环境、改善养殖条件等方式能够提高瘤背石磺成活率, 实现其人工条件下的长期养殖。

2) 瘤背石磺对养殖条件的要求极为苛刻, 当养殖温度控制为 20 ~26 ℃ 且昼夜温差不高于 3 ℃, 盐度控制为 35 左右, 相对湿度调节为 80% 以上, 养殖密度低于即 50 只·箱⁻¹ (333 只·m⁻³), 底泥采用海边高潮线附近的表层粉砂性盐成土, 含水率为 30%, 以 3 cm 的厚度铺于养殖箱底部, 光照强度低于 70 lx 时的死亡率最低, 其成活率可达 90% 以上。

参考文献:

- [1] 沈和定, 李家乐, 张缓溶. 石磺的生物学特性及其增养殖前景分析[J]. 中国水产, 2004(1): 60 - 63.
SHEN Heding, LI Jiale, ZHANG Huanrong. Analysis of biological characteristics and maricultural prospects of struma[J]. China Fish, 2004(1): 60 - 63. (in Chinese)
- [2] 黄金田, 沈伯平, 王资生. 瘤背石磺的生态习性观察[J]. 海洋渔业, 2004, 26(2): 103 - 109.
HUANG Jintian, SHEN Boping, WANG Zisheng. The observation on ecological habits of *Onchidium struma*[J]. Mar Fish, 2004, 26(2): 103 - 109. (in Chinese)
- [3] MCFARLANE I D. Ecology and behaviour of the intertidal pulmonate mollusks *Onchidium peronii* in Kuwait[J]. J Univ Kuwait, 1979, 21(6): 169 - 180.
- [4] DESHPANDE U D, NAGABHUSHANAM R, HANUMANTE M M. Reproductive ecology of the marine pulmonate, *Onchidium verruculatum*[J]. Hydrobiologia, 1980, 71(1/2): 83 - 85.
- [5] WU Wenjian, SHEN Bin, CHEN Cheng, et al. Preliminary classification and phylogenetic relationship among Onchidiidae in China inferred from 18S rRNA partial sequence[J]. Zoo Res, 2010, 31(4): 381 - 386.
- [6] SHIMOTSU K, NISHI T, NAKAGAWA S, et al. A new role for photoreceptive neurons called simple photoreceptors in the sea slug *Onchidium verruculatum*: potentiation of synaptic transmission and motor response[J]. Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol, 2010, 156(2): 201 - 210.
- [7] 黄金田, 张余霞. 瘤背石磺室内温箱养殖试验[J]. 海洋科学, 2004, 28(10): 14 - 16.
HUANG Jintian, ZHANG Yuxia. Indoor cultivation experiment of *Onchidium struma* in warm box[J]. Mar Sci, 2004, 28(10): 14 - 16. (in Chinese)
- [8] 龚子同, 陈志诚, 骆国保. 中国土壤系统分类参比[J]. 土壤, 1999, 1(2): 58 - 63.
GONG Zitong, CHEN Zhicheng, LUO Guobao. Chinese soil taxonomy reference[J]. Soil, 1999, 1(2): 58 - 63. (in Chinese)
- [9] 沈永龙, 戈贤平, 黄金田, 等. 盐度对瘤背石磺(*Onchidium struma*) 消化酶活性的影响[J]. 动物营养学报, 2012, 24(9): 1839 - 1846.
SHEN Yonglong, GE Xianping, HUANG Jintian, et al. Effects of salinity on digestive enzyme activities of *Onchidium struma*[J]. Chin J Anim Nutr, 2012, 24(9): 1839 - 1846. (in Chinese)
- [10] 强俊, 徐跑, 何杰, 等. 温度与盐度对吉富品系尼罗罗非鱼仔鱼生长与存活的联合影响[J]. 中国水产科学, 2011, 18(6): 1299 - 1307.
QIANG Jun, XU Pao, HE Jie, et al. Combined effects of temperature and salinity on growth and survival of (GIFT) Nile tilapia larvae (*Oreochromis niloticus*) [J]. J Fish Sci China, 2011, 18(6): 1299 - 1307. (in Chinese)
- [11] 刘志刚, 刘建勇, 杨博. 温度与盐度对华贵栉孔扇贝幼贝存活与生长的互作效应研究[J]. 海洋科学, 2011, 35(10): 75 - 80.
LIU Zhigang, LIU Jianyong, YANG Bo. Interactions of temperature and salinity to the survival and growth of *Chlamys nobilis* (Reeve) [J]. Mar Sci, 2011, 35(10): 75 - 80. (in Chinese)
- [12] SHEN Heding, LI Kai, CHEN Hanchun, et al. Experimental ecology and hibernation of *Onchidium struma* (Gastropoda: Pulmonata: Systellommatophora) [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 2011, 396(2): 71 - 76.
- [13] 杨东辉. 中华圆田螺的生态养殖技术研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2006.
YANG Donghui. Studies on ecological cultivation techniques of mudsnail (*Cipangopaludina cahayensis*) [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2006. (in Chinese)
- [14] 邢坤. 刺参生态增养殖原理与关键技术[D]. 青岛: 中国科学院, 2009.
- [15] XING Kun. Principle and key technology on ecological enhancement of the sea cucumber, *Apostichopus japonicus* (Selenka) [D]. Qingdao: Chinese Academy of Sciences, 2009. (in Chinese)
- [15] 宋林生, 季延宾, 蔡中华, 等. 温度骤升对中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*) 几种免疫指标的影响[J]. 海洋与湖泊, 2004, 35(1): 74 - 77.
SONG Linsheng, JI Yanbin, CAI Zhonghua, et al. The immunological variation of mitten hand crab *Eriocheir sinensis* after the increment of temperature[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2004, 35(1): 74 - 77. (in Chinese)

- [16] 李兵, 王帅, 张伟, 等. 室内低盐度饲养大黄鱼的初步研究 [J]. 上海海洋大学学报, 2012, 14 (2) : 524 - 529.
- LI Bing, WANG Shuai, ZHANG Wei, et al. Studies on the indoor circulating culture of *Pseudosciaena crocea* at low salinity [J]. J Shanghai Ocean Univ, 2012, 14 (2) : 524 - 529. (in Chinese)
- [17] 唐夏, 黄国强, 李洁, 等. 低盐度胁迫不同时间对褐牙鲈幼鱼生长的影响 [J]. 南方水产科学, 2012, 8 (3) : 10 - 16.
- TANG Xia, HUANG Guoqiang, LI Jie, et al. Effects of low salinity stress on growth of juvenile *Paralichthys olivaceus* [J]. South China Fish Sci, 2012, 8 (3) : 10 - 16. (in Chinese)
- [18] DALLA V. Salinity response of the juvenile Penaeid shrimp *Penaeus japonicus* L. Oxygen consumption and estimation of productivity [J]. Aquaculture, 1986, 55 (4) : 297 - 306.
- [19] SPANOPOULOS-HERNONDEZ M, MARTINEZ C A, VANEGAS-PALACIOS C A, et al. The combined effects of salinity and temperature on the oxygen consumption of juvenile shrimps *Litopenaeus tylosistris* [J]. Aquaculture, 2005, 244 (1) : 127 - 138.
- [20] 温海深. 水产动物生理学 [M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2009: 277 - 293.
- WEN Haishen. Aquatic animal physiology [M]. Qingdao: Ocean University of China Press, 2009: 277 - 293. (in Chinese)
- [21] 王辉, 强俊, 王海贞, 等. 温度与盐度对吉富品系尼罗罗非鱼幼鱼能量代谢的联合效应 [J]. 中国水产科学, 2012, 19 (1) : 51 - 61.
- WANG Hui, QIANG Jun, WANG Haizhen, et al. Combined effect of temperature and salinity on energy metabolism of GIFT Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juveniles [J]. J Fish Sci China, 2012, 19 (1) : 51 - 61. (in Chinese)
- [22] 施祥元, 尤仲杰, 沈伟良, 等. 盐度对毛蚶稚贝生长和存活的影响 [J]. 水产科学, 2007, 26 (10) : 554 - 556.
- SHI Xiangyuan, YOU Zhongjie, SHEN Weiliang, et al. Effects of salinity on growth and survival in juvenile clam *Scapharca subcrenata* [J]. Fish Sci, 2007, 26 (10) : 554 - 556. (in Chinese)
- [23] AMOUDI M M, 冯益民. 高盐饵料对罗非鱼直接移养海水的效果 [J]. 国外水产, 1988 (4) : 17 - 19.
- AMOUDI M M, FENG Yimin. Effect of high-salt diets on shift tilapia into seawater directly to raising [J]. Foreign Aquat, 1988 (4) : 17 - 19. (in Chinese)
- [24] CHEW S F, HO S Y, IP Y K. Free amino acids and osmoregulation in the intertidal pulmonate *Onchidium tumidium* [J]. Mar Biol, 1999, 134 (4) : 735 - 741.
- [25] MARANGOS C, BROGREN C H, ALLIOT E. The influence of water salinity on the free amino acid concentration in muscle and hepatopancreas of adult shrimps, *Penaeus japonicus* [J]. Biochem Sys Ecol, 1989, 17 (7) : 589 - 594.
- [26] KAPPER M A, STICKLE W B, BLAKENEY E. Volume regulation and nitrogen metabolism in the muricid gastropod *Thais haemostoma* [J]. Biol Bull Mar, 1985, 169 (2) : 458 - 475.
- [27] 佟庆, 崔立勇, 王洪斌. 环境因子对养殖条件下出蛰的东北林蛙存活和生长的影响 [J]. 动物学杂志, 2012, 47 (1) : 44 - 50.
- TONG Qing, CUI Liyong, WANG Hongbin. Influence of temperature, humidity and wind speed on survival and growth of *Rana dybowskii* out of hibernation [J]. Chin J Zool, 2012, 47 (1) : 44 - 50. (in Chinese)
- [28] BARTELT P E, PETERSON C R, KLAVER P W. Sexual differences in the post-breeding movements and habitats selected by western toads *Bufo boreas* in southeastern Idaho [J]. Herpetologica, 2004, 60 (2) : 455 - 467.
- [29] LI Yuquan, LI Jian, WANG Qingyin. Effects of dissolved oxygen concentration and stocking density on growth and non-specific immunity factors in Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis* [J]. Aquaculture, 2006, 256 (1) : 608 - 616.
- [30] 李玉泉, 李健, 王清印, 等. 养殖密度对工厂化对虾养殖池氮磷收支的影响 [J]. 中国水产科学, 2007, 14 (6) : 926 - 931.
- LI Yuquan, LI Jian, WANG Qingyin, et al. Effect of stocking density on input and output of nitrogen and phosphorus in super-intensive shrimp farming pond [J]. J Fish Sci China, 2007, 14 (6) : 926 - 931. (in Chinese)
- [31] 萧云朴, 陈舜, 伍德瀛, 等. 养殖密度对虾夷扇贝在浙江南麂海区生长的影响 [J]. 南方水产, 2009, 5 (5) : 1 - 7.
- XIAO Yunpu, CHEN Shun, WU Deying, et al. Influence of stocking density on growth of scallop (*Patinopec tenyessoensis*) in Nanji sea region of Zhejiang [J]. South China Fish Sci, 2009, 5 (5) : 1 - 7. (in Chinese)
- [32] 柳敏海, 彭志兰, 张凤萍, 等. 养殖密度对条石鲷生长、摄食和行为的的影响 [J]. 上海海洋大学学报, 2012, 21 (4) : 530 - 534.
- LIU Minhai, PENG Zhilan, ZHANG Fengping, et al. Effect of stocking density on the growth, feeding and behavior of *Oplegnathus fasciatus* [J]. J Shanghai Ocean Univ, 2012, 21 (4) : 530 - 534. (in Chinese)
- [33] 严正凛, 陈建华, 吴萍茹, 等. 光照强度对九孔鲍幼虫及幼鲍生长存活的影响 [J]. 水产学报, 2001, 25 (4) : 336 - 340.
- YAN Zhenglin, CHEN Jianhua, WU Pingru, et al. The influence of light intensity on the growth and survival of the larvae and juvenile abalone of *Haliotis diversicolor aquatilis* [J]. J Fish China, 2001, 25 (4) : 336 - 340. (in Chinese)
- [34] 王萍, 桂福坤, 吴常文, 等. 光照对眼斑拟石首鱼行为和摄食的影响 [J]. 南方水产, 2009, 5 (5) : 58 - 62.
- WANG Ping, GUI Fukun, WU Changwen, et al. Effects of illumination conditions on the distributing and feeding of *Sciaemops ocellatus* [J]. South China Fish Sci, 2009, 5 (5) : 58 - 62. (in Chinese)
- [35] 姜志强, 谭淑荣. 不同光照强度对花鲈幼鱼摄食的影响 [J]. 水产科学, 2002, 21 (3) : 4 - 5.
- JIANG Zhiqiang, TAN Shurong. Effect of light intensity on feeding intensity of juvenile *Lateolabrax japonicus* [J]. Fish Sci, 2002, 21 (3) : 4 - 5. (in Chinese)
- [36] 谢从新. 不同光照度下南方鲈稚鱼的摄食强度及摄食动力学 [J]. 应用与环境生物学报, 2002, 8 (3) : 267 - 269.
- XIE Congxin. Feeding intensity and dynamics of juvenile southern

- sheatfish (*Silurus meridionalis*) under different illuminances [J]. Chin J Appl Environ Biol, 2002, 8(3): 267 - 269. (in Chinese)
- [37] 王芳, 董双林, 董少帅, 等. 光照周期对中国对虾稚虾蜕皮和生长的影响[J]. 中国水产科学, 2004, 11(4): 354 - 359. WANG Fang, DONG Shuanglin, DONG Shaoshuai, et al. Effects of photoperiod on the molting and growth of juvenile Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis* [J]. J Fish Sci China, 2004, 11(4): 354 - 359. (in Chinese)
- [38] 张硕, 陈勇, 孙满昌. 光强对刺参行为特性和人工礁模型集参效果的影响[J]. 中国水产科学, 2006, 13(1): 20 - 27. ZHANG Shuo, CHEN Yong, SUN Manchang. Behavior characteristics of *Apostichopus japonicus* and attractive effects of artificial reef models under different light intensities [J]. J Fish Sci China, 2006, 13(1): 20 - 27. (in Chinese)
- [39] 陆珠润, 蒋霞敏, 段雪梅, 等. 不同温度、底质和饵料对管角螺孵化和稚、幼螺生长的影响[J]. 南方水产, 2009, 5(3): 10 - 14. LU Zhurun, JIANG Xiamin, DUAN Xuemei, et al. Effects of temperature, sediment and food on hatching and growth of juvenile, young *Hemifusus tuba* [J]. South China Fish Sci, 2009, 5(3): 10 - 14. (in Chinese)
- [40] 于忠利, 乔振国, 王建钢. 底质和遮蔽物在锯缘青蟹 (*Scylla serrata*) 种苗中间培育中的作用[J]. 现代渔业信息, 2008, 23(5): 26 - 28. YU Zhongli, QIAO Zhenguo, WANG Jiangang. Role of bottom quality and shelter on middle rearing of crablet of *Scylla serrata* [J]. Mod Fish Inf, 2008, 23(5): 26 - 28. (in Chinese)
- [41] 林诗天, 黄一平, 杨锋, 等. 湛江港区底泥悬浮物对2种海洋动物的致死效应研究[J]. 水产养殖, 2011, 32(4): 40 - 43. LIN Shitian, HUANG Yiping, YANG Feng, et al. Study on the lethal effects of suspended sediment on two kinds of marine fishes [J]. Aquaculture, 2011, 32(4): 40 - 43. (in Chinese)
- [42] 王广军, 谢骏, 余德光, 等. 杂色鲍对底泥悬浮物胁迫的生理响应[J]. 大连水产学院学报, 2007, 22(5): 352 - 356. WANG Guangjun, XIE Jun, YU Deguang, et al. Physiological responses of abalone *Haliotis diversicolor* to suspended sediment stress [J]. J Dalian Fish Univ, 2007, 22(5): 352 - 356. (in Chinese)

《海洋渔业》2013 年征订启事

《海洋渔业》创刊于1979年,是中国科学技术协会主管、中国水产学会和中国水产科学研究院东海水产研究所主办的学术期刊。《海洋渔业》主要刊载水产生物学、海水养殖与增殖、水产生物病害与防治、水产生物营养与饲料、渔业生态与渔业水域生态环境保护、海洋水产资源开发利用与保护、渔具与渔法、水产品保鲜与综合利用、渔业机械与仪器等方面的水产基础理论研究和水产应用基础研究的论文、综述和简报,读者对象主要为海洋水产科技工作者、水产院校师生和渔业行政管理人员等。

《海洋渔业》于2006年被“中国科技论文统计源期刊”(中国科技核心期刊)收录,2009年起被中国科学引文数据库(CSCD)(扩展库)和《中文核心期刊要目总览》收录,还先后被《中国期刊全文数据库》(CJFD)、《万方数据—数字化期刊群》、《中文科技期刊数据库》、联合国《科学和渔业文摘》(ASFA)等期刊数据库收录,2009年被中国科技协会学会学术部评定为“中国科协示范精品科技期刊”。

《海洋渔业》为国内外公开发行,国内统一刊号:CN 31-1341/S,国际标准刊号:ISSN 1004-2490,邮发代号:4-630。季刊,大16开,120页,逢季中月25日出版。定价:16元/册。读者可在当地邮局订阅,也可直接汇款至编辑部订阅。

编辑部地址:上海市军工路300号 邮编:200090

电话:021-65680116, 021-65684690 x8048

传真:021-65683926

电子邮箱: haiyangyue@126.com

网址: http: www. eastfishery. ac. cn