

条斑星鲈幼鱼变态期间核酸及蛋白的变化

佟雪红^{1,2}, 徐世宏¹, 刘清华¹, 李 军¹, 肖志忠¹, 马道远¹

(1. 中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘要: 本试验测定了条斑星鲈(*Verasper moseri*)幼鱼变态过程中 DNA、RNA、蛋白及其比值的变化, 作为评价幼鱼变态阶段生长潜能的指标。结果表明, 试验期间培育水温为 16.5~18.0°C, DNA、RNA 及蛋白的变化都带有发育阶段特异性。DNA 含量在 34~42 日龄增加缓慢, 然后快速增加直至 44 日龄, 在 45 日龄和 46 日龄分别保持下降和上升趋势。蛋白含量和 RNA 含量的变化趋势相似, 在试验期间保持快速增长的趋势。RNA/DNA 比值从试验开始至 35 日龄呈上升状态, 36 日龄时下降, 38 日龄时达到最高值 5.01, 然后显著下降($P<0.05$), 在试验结束时达到最低值 1.76。蛋白/DNA 在 40 日龄时达到最高值 58.64, 在 46 日龄时达到最低值 21.28。RNA、DNA 及蛋白含量跟全长和体质量有明显的线性关系($P<0.05$)。RNA/DNA 与全长和体质量的关系比蛋白/DNA 与全长和体质量的关系密切。蛋白/DNA 比值的变化趋势跟 RNA/DNA 比值类似, 但前者的变化滞后于后者, 表明 RNA/DNA 比值是评价条斑星鲈生理状况的更有效的生理指标。

关键词: 条斑星鲈(*Verasper moseri*); 幼鱼; DNA; RNA; 蛋白

中图分类号: Q955

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2010)05-0041-07

鱼类在仔稚鱼阶段对外界环境的变化很敏感, 此阶段以快速的生长率和剧烈的形态改变为标志^[1~3]。鱼类的生长可以通过体长或者体质量来度量, 而后者的变化可以体现在仔稚鱼核酸和蛋白组成的变化方面^[3]。由于仔鱼的形体较小, 精确测定仔稚鱼形态指标比较困难, 因此传统的通过体长或者体质量衡量成鱼生长的方法并不适用于仔稚鱼^[4,5], 加之有些鱼类在仔鱼阶段生长缓慢, 降低了应用体长或体质量来评价生长的可行性^[6]。所以, 借助于生化指标来度量鱼类的生长是非常必要的。

近年来, 利用形态学、组织学及生化分析等方法评价养殖和野生鱼类仔稚鱼阶段生理状况的研究逐渐开展^[7~9]。在通过传统方法不能度量出鱼类生长的变化时, 生化指标能够准确地检测到鱼类生长的细微变化和食物分布的波动^[10]。最近, 仔稚鱼的生长潜能多采用以核酸为基础的指标(例如: RNA/DNA)进行度量, RNA/DNA 比值反映了鱼类蛋白的合成能力^[11~16]。采用以核酸为基础的指标来评价生长的基础在于动物细胞中 DNA 的量是恒定的, RNA 的量跟蛋白合成的速度紧密相连^[2]。由于仔鱼的生长依赖于蛋白的合成, 而且以核酸为基础的参数对仔稚鱼的摄食变化反映灵敏, 因此以核酸为基础的指标是评价仔稚鱼生长的有效参数^[17~19]。国内, 赵玲等^[20]对鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙(*Aristichthys*

nobilis)、团头鲂(*Megalobrama amblycephala*)的研究, 罗莉等^[21]对草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)的研究以及梁萌青等^[22]对红鳍东方鲀(*Takifugu rubripes*)的研究均表明, RNA/DNA 比值是一个非常灵敏地反映鱼类生长的指标。另外, RNA/DNA 比值还可以推断天然水域中鱼类幼体的营养状况以及是否处于饥饿状态^[23]。RNA/DNA 比值还被用来作为评价鱼用配合饲料优劣的指标和衡量水环境的指标, 能在一定条件下预测污染与否以及水环境是否有利于鱼类的生长^[24,25]。因此, RNA/DNA 比值在水产动物的生产和研究中是一个非常重要的指标。

条斑星鲈(*Verasper moseri*)俗称“花豹子”、“花边爪”, 属鲈形目(Pleuronectiformes)、鲈科(Pleuronectidae)、星鲈属(*Verasper*), 主要分布于日本茨城县以北到鄂霍茨克海以南海域, 中国黄渤海海域亦有少量分布, 为冷温性大型底栖鱼类。变态期往往伴随着营养危机和高的死亡率, 是鲈鱼类早期发育阶段的关键期, 并决定着年产量和经济收益^[26~28]。因

收稿日期: 2010-03-15; 修回日期: 2010-03-23

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金资助项目(nycytx-50); 国家 863 “十一五”计划资助项目(2006AA10A404)

作者简介: 佟雪红(1979-), 女, 山东潍坊人, 博士研究生, 研究方向: 海洋生物学, 电话: 0532-82898716, E-mail: txh113005@163.com; 李军, 通信作者, 研究员, E-mail: junli@ms.qdio.ac.cn

此,评价此阶段仔稚鱼的生理状况和生长潜能是非常必要的。本试验的目的在于探索条斑星鲽变态阶段核酸和总蛋白的变化规律,明确生化指标跟生长的相关关系,从而建立生化指标评价仔稚鱼生理状况的检测技术。

1 材料和方法

1.1 仔稚鱼的培育

实验所用条斑星鲽鱼苗取自山东烟台东方海洋科技股份有限公司。样品为孵化后 34~46 日龄的鱼苗。仔稚鱼在 16 m³ 的水泥池中流水培育,培育时的水质条件是:水温为 16.5~18.0 °C,溶氧为 7.0~8.5 mg/L,盐度为 30~32, pH 为 7.7~8.0。试验期间投喂人工配合饵料。

1.2 样品采集和保存

试验自鱼苗孵化后 34 d 开始至 46 d 结束。2 d 取样 1 次,8:00 定点取样 45 尾,其中 15 尾先用丁香酚麻醉,再用冰冷的去离子水冲洗并快速冻于液氮中保存,用于测定 RNA、DNA 及蛋白。其余的 30 尾用于测定全长、体长及体质量。

1.3 核酸及蛋白的测定

参照 Buckley^[29]和 Kuropat 等^[30]的方法,采用整体匀浆法提取条斑星鲽仔稚鱼的核酸和蛋白。用 GeneQuant *pro* 紫外分光光度计测定各自的 A₂₆₀ 值,并计算 RNA 和 DNA 的含量。依据 Bradford^[31]的方法测定蛋白。

1.4 数据分析

试验所得数据表示为平均值 ± 标准差。采用 SPSS 11.0 for Windows 统计软件中 One-way ANOVA 分别分析核酸及蛋白在不同生长时期的差异显著性,当 $P < 0.05$ 时认为差异显著。

2 结果

2.1 条斑星鲽的生长变化

条斑星鲽变态期间体长和体质量的变化见图 1。鱼苗 34 日龄时开始变态,44 日龄时变态结束。变态开始时体质量和体长分别是 23.5mg、1.1cm。体质量的增长程度高于体长的增长程度。变态高峰期时,体长和体质量增长迅速;变态结束时,体长和体质量的增长速度变慢。

2.2 核酸及蛋白的变化

本论文采用两种单位(质量比和含量)分别来阐述 DNA、RNA 及蛋白的变化规律。质量比表示为 μg/mg 湿质量,指的是每毫克体质量下 DNA、RNA 及蛋白的量;含量表示为 μg/尾,指的是每尾鱼所具有的 DNA、RNA 及蛋白的量。

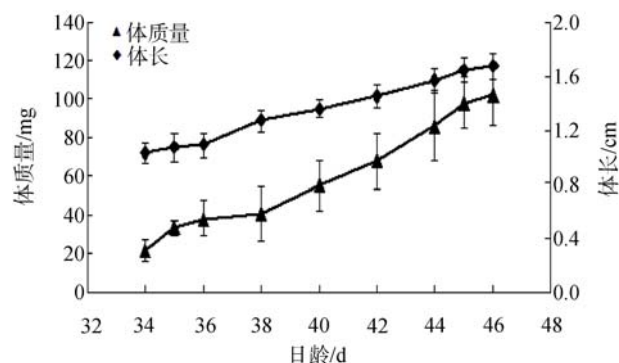


图 1 条斑星鲽仔稚鱼体质量和体长的变化

Fig. 1 Changes in body weight and body length of barfin flounder larvae and juveniles

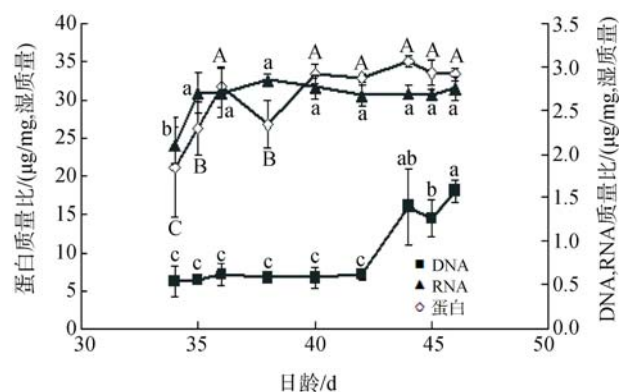


图 2 条斑星鲽仔稚鱼 DNA、RNA 和蛋白质质量比的变化

Fig. 2 Changes in DNA, RNA and protein concentrations of barfin flounder larvae and juveniles. Means followed by different letters are significantly different

DNA 质量比在 32 至 42 日龄期间保持恒定,在 44 日龄时显著上升($P < 0.05$),然后呈下降趋势,在 46 日龄时数值升至最高(图 2)。RNA 质量比从实验开始至变态高峰期增长快速,之后逐渐下降。蛋白质量比在 40 日龄之前保持波动状态,然后维持在较高的稳定水平。

DNA、RNA 及蛋白含量在试验期间均保持快速增长的趋势,在 40~44 日龄期间增加显著($P < 0.05$),但在 45 日龄时缓慢下降(图 3)。

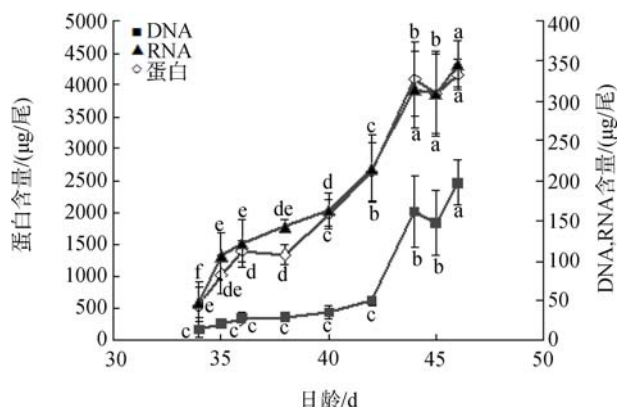


图3 条斑星鲈仔稚鱼 DNA, RNA 和蛋白含量的变化
Fig. 3 Changes in DNA, RNA and protein contents of barfin flounder larvae and juveniles
Means followed by different letters are significantly different

2.3 RNA/DNA 和蛋白/DNA 的变化

RNA/DNA 比值在试验期间保持波动趋势(图 4), 试验开始至 35 日龄该比值呈上升状态, 36 日龄时下降, 在 38 日龄时达到最高值 5.01, 然后显著下降 ($P<0.05$), 在试验结束时达到最低值 1.76。蛋白/DNA 变化趋势跟 RNA/DNA 变化趋势类似, 在 40 日龄时达到最高值 58.64, 在试验结束时达到最低值 21.28。

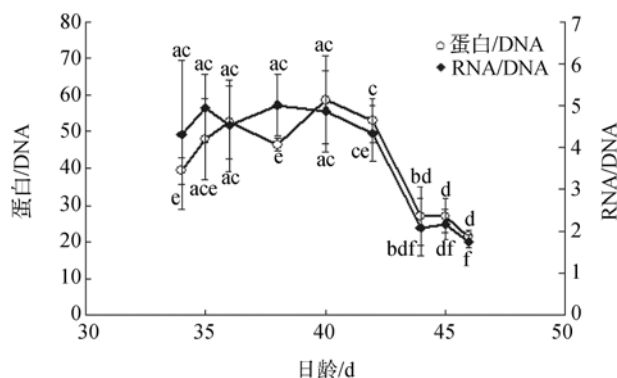


图4 条斑星鲈仔稚鱼蛋白/DNA 和 RNA/DNA 的变化
Fig. 4 Changes in protein/DNA and RNA/DNA ratios of barfin flounder larvae and juveniles
Means followed by different letters are significantly different

2.4 DNA、RNA、蛋白及其比值与全长和体质量的关系

本实验中, 以核酸为基础的指标与全长和体质量的关系见图 5 和表 1。DNA、RNA 及蛋白含量跟全长有明显的线性关系, R^2 分别是 0.772、0.921、0.906 ($P<0.05$)。DNA、RNA 及蛋白含量跟体质量也

有明显的线性关系, R^2 分别是 0.851、0.987、0.985 ($P<0.05$)。RNA/DNA 与全长和体质量的线性关系 R^2 分别是 0.465、0.531; 蛋白/DNA 与全长和体质量的线性关系 R^2 分别是 0.337、0.377; RNA/DNA 与全长和体质量的关系比蛋白/DNA 与全长和体质量的关系密切。蛋白增长率与全长和体质量无明显的线性关系, R^2 分别为 0.06、0.025。

表 1 蛋白含量、以核酸为基础的指标及蛋白增长率与条斑星鲈仔稚鱼全长和体质量的回归关系

Tab. 1 Regression equations of protein, the nucleic acids-based indices or G_{pi} with total length and body weight of barfin flounder larvae and juveniles

关系式	R^2	P
DNA=243.22L-255.3	0.772	0.016
RNA=389.15L-330.62	0.921	0.037
蛋白=5.08L-4.53	0.906	0.046
RNA/DNA=-4.11L+9.39	0.465	0.59
蛋白/DNA=-35.2L+90.46	0.337	0.361
$G_{pi}=-0.96L+20.19$	0.06	0.537
DNA=1.75W-52.84	0.851	0.041
RNA=2.76W-3.99	0.987	0.000
蛋白=0.036W-0.28	0.985	0.036
RNA/DNA=-0.03W+6.03	0.531	0.136
蛋白/DNA=-0.255W+61.278	0.377	0.07
$G_{pi}=-0.004W+19.202$	0.025	0.003

注: L 表示体长; W 表示体质量; G_{pi} 表示蛋白增长率; R^2 表示判定系数; 蛋白的单位为 mg/尾; DNA, RNA 的单位为 $\mu\text{g}/\text{尾}$

3 讨论

3.1 条斑星鲈变态期间核酸及蛋白的变化

核酸在鱼类的生长和发育过程中起着重要作用。DNA 的量反映了鱼体的细胞数量, 而 RNA 的量则跟细胞中蛋白的合成直接相关^[2]。本试验中, RNA 质量比在 38 日龄之前呈上升趋势, 然后下降, 而 DNA 质量比在此期间几乎没有变化, 表明从变态开始至变态高峰期, 条斑星鲈的生长以细胞增大为主; 鱼类变态是一个耗能的过程, 所以, 变态后期 RNA 量会降低^[27]。RNA 和蛋白含量在条斑星鲈变态期间呈快速增长的趋势, 这可能与鲆鲽类变态期间内脏器官的发育和完善密切相关^[2, 32]。本实验中蛋白含量的变化趋势跟 RNA 含量的变化趋势类似, 说明 RNA 含量变化反映了鱼体蛋白合成的多少。

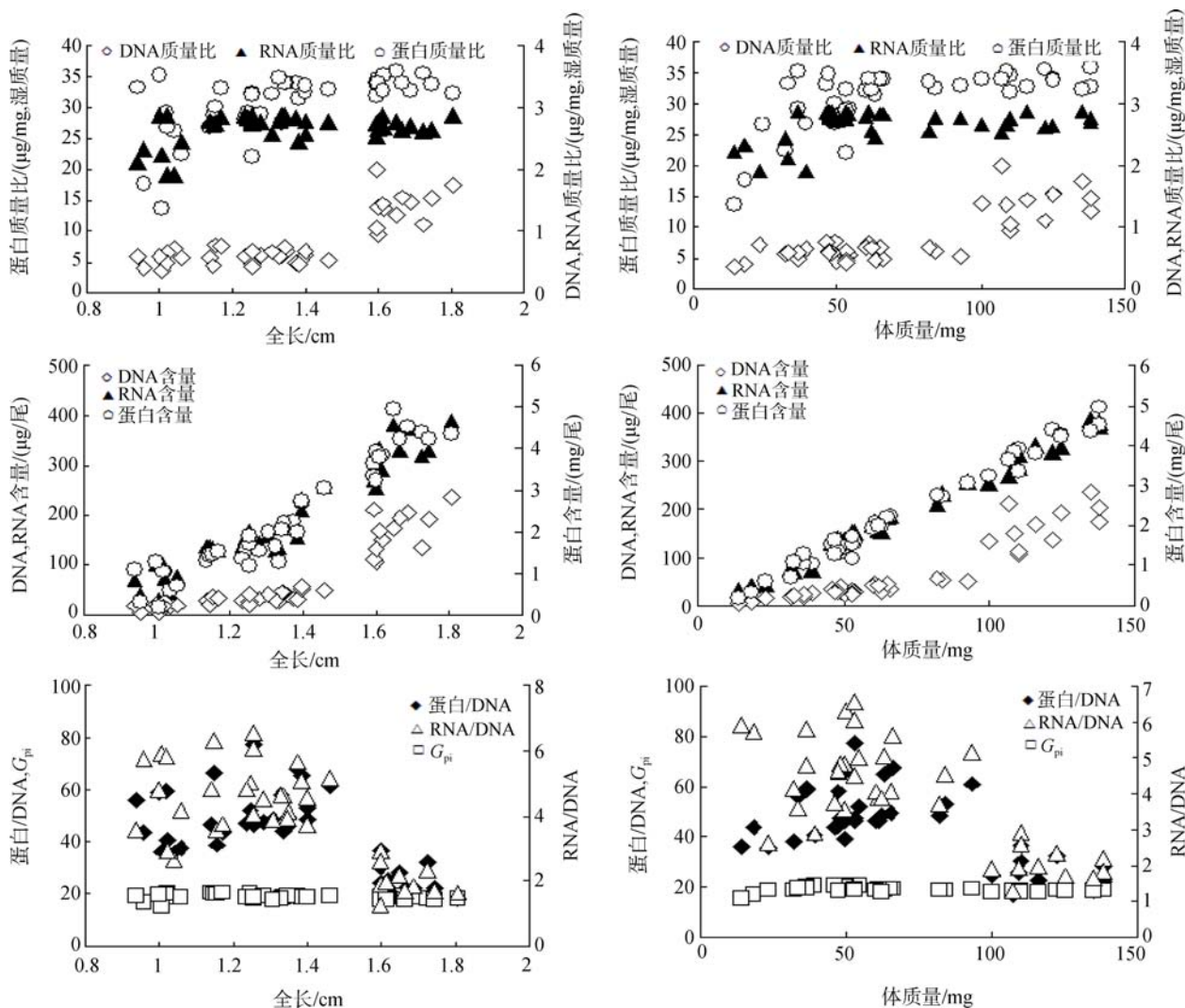


图 5 条斑星鲈仔稚鱼全长和体质量与蛋白、RNA、DNA、RNA/DNA、 G_{pi} 及蛋白/DNA 的关系

Fig. 5 Relationships of protein, RNA, DNA, RNA/DNA, G_{pi} or protein/DNA with total length and body weight of barfin flounder larvae and juveniles

DNA 含量是生物体内细胞数目的指示因子^[32]。42 日龄时 DNA 含量的急剧增长可能预示了此时条斑星鲈鱼苗比较脆弱^[33]，对外界反映很敏感，该时期条斑星鲈正经历由浮游状态到底栖状态的改变。本实验中以核酸为基础的指标从细胞水平上反映了条斑星鲈的生长特性：条斑星鲈变态期间的生长以细胞增大为主，而在变态后的生长以细胞增殖为主。与在牙鲆中得出的试验结果类似^[1]，本试验中 DNA 和 RNA 含量的变化跟发育阶段和仔稚鱼大小密切相关。另外，鲆鲈类变态期间，内在器官经历分化和成熟的过程^[34]，因此，本试验中 RNA 和 DNA 含量的变化跟此发育阶段器官的分化增殖也有一定联系。

3.2 条斑星鲈变态期间 RNA/DNA 比值的变化

RNA/DNA 是生物体中细胞代谢强度的指示指标，因此常被用来评价鱼类的生理状况^[35]。本实验中 RNA/DNA 呈波动性变化，主要是由于 RNA 含量波动和 DNA 含量相对稳定的缘故。该比值在 36 日龄时急剧下降，原因在于此时 RNA 量的下降和 DNA 量的增长，由此进一步说明此时细胞增殖的速度要高于蛋白合成的速度^[1]。在 38 日龄时，RNA/DNA 比值上升至最高峰，表明此时蛋白合成的速度快于细胞增殖的速度，合成的蛋白可能跟变态高峰时器官的分化增殖有关。RNA/DNA 比值在变态后显著下降，

表明细胞中蛋白合成的降低和细胞数目的增多,这可能跟此时期条斑星鲈稚鱼生长方式由浮游状态转变为底栖生活所伴随的能量消耗有关。本研究中, RNA/DNA 比值随鱼体增大呈下降趋势, Kimura 等^[35]在评价日本沙丁鱼初次摄食时的营养状况时, 以及 Clemmesen^[36]在分析饵料分布对青鱼 RNA/DNA 比值的影响时, 均得出了类似结果。

对牙鲆进行的相关研究显示, RNA/DNA 有一个关键的临界值为 2.49^[1, 37], RNA/DNA 低于此临界值的牙鲆仔稚鱼处于“亚健康”状态或者饥饿状态。本研究中, 条斑星鲈从 38 日龄开始 RNA/DNA 比值急剧下降, 而且在 44 日龄后该比值均维持在 2 左右, 这可以从条斑星鲈生活习性的改变上得到解释, 条斑星鲈变态后将由浮游生活转为伏底生活, 栖息环境的转变可能会影响条斑星鲈的摄食并进一步导致生理状况和营养水平的急剧变化, 从而使得 RNA/DNA 下降至临界值周围。因此, 刚伏底的一段时间往往是条斑星鲈的死亡高发期。

3.3 条斑星鲈变态期间蛋白/DNA 比值的变化

蛋白/DNA 是生物体中细胞大小或者细胞质量的指标, 因为蛋白占据了细胞的绝大部分质量^[32]。38 日龄时蛋白/DNA 比值明显下降, 主要是由于变态高峰期时的巨大能量消耗和器官分化所需要的细胞快速增殖所致。而在 40 日龄该比值达到最高峰, 原因在于生物体快速合成了大量蛋白以应对伏底期的营养危机。条斑星鲈转入伏底后, 生物体将大量耗能, 表现为蛋白/DNA 比值的急剧下降。Fukuda 等^[32]发现, 施氏鲈 (*Pleuronectes schrenki*) 在变态后蛋白/DNA 比值也呈下降趋势。蛋白/DNA 跟 RNA/DNA 的变化趋势相似, 但在时间上相对滞后, 说明 RNA/DNA 是评价条斑星鲈生理状况和生长的更有效的指标。

以上结果表明, 条斑星鲈变态期间的生长以细胞增大为主, 而在变态后的生长以细胞增殖为主, 以核酸为基础的指标可以从细胞水平上评价条斑星鲈仔稚鱼的生长。

参考文献:

- [1] Gwak W S, Tanaka M. Changes in RNA, DNA and protein contents of laboratory-reared Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* during metamorphosis and settlement [J]. *Fisheries Sci*, 2002, 68: 27-33.
- [2] Tanaka Y, Gwak W S, Tanaka M, *et al.* Ontogenetic changes in RNA, DNA and protein contents of laboratory-reared Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis*[J]. *Fisheries Sci*, 2007, 73: 378-384.
- [3] Park S U, Lim H K, Han H S. Changes in RNA/DNA ratio and growth of slime flounder, *Microstomus achne*, larvae until metamorphosis[J]. *J Appl Ichthyol*, 2008, 24: 50-54.
- [4] Fraser A J, Sargent J R. Lipid class and fatty acid composition as indicators of the nutritional condition of larval Atlantic herring [J]. *Am Fish Soc Symp*, 1987, 2: 129-143.
- [5] Westerman M E, Holt G J. RNA: DNA ratio during the critical period and early larval growth of the red drum *Sciaenops ocellatus* [J]. *Mar Biol*, 1994, 121: 1-9.
- [6] Mercaldo-Allen R, Kuropat C, Caldarone E M. A model to estimate growth in young-of-the-year tautog, *Tautoga onitis*, based on RNA: DNA ratio and seawater temperature[J]. *J Exp Mar Biol Ecol*, 2006, 329: 187-195.
- [7] Buckley L J. Relationships between RNA-DNA ratios, prey density, and growth rate in Atlantic cod (*Gadus morhua*) larvae[J]. *J Fish Res Bd Can*, 1979, 36: 1 497-1 502.
- [8] Yin M C, Blaxter J H S. Morphological changes during growth and starvation of larval cod *Gadus morhua* and flounder *Platichthys flesus*[J]. *J Exp Mar Biol Ecol*, 1986, 104: 215-228.
- [9] Clemmesen C M. An RNA and DNA fluorescent technique to evaluate the nutritional condition of individual marine fish larvae[J]. *Meeresforsch*, 1988, 32: 134-143.
- [10] Haines T A. An evaluation of RNA-DNA ratio as a measure of long-term growth in fish populations[J]. *J Fish Res Bd Can*, 1973, 30: 195-199.
- [11] Mathers E M, Houlihan D F, Cunningham M J. Nucleic acid concentrations and enzyme activities as correlates of growth rate of the saithe *Pollachius virens*: growth-rate estimates of open-sea fish[J]. *Mar Biol*, 1992, 112: 363-369.
- [12] Buckley L J, Calderone E, Ong T L. RNA-DNA ratio and other nucleic acid-base indicators for growth and condition of marine fishes[J]. *Hydrobiology*, 1999, 401: 265-277.
- [13] Fukuda M, Sako H, Shigeta T, *et al.* Relationship between growth and biochemical indices in laboratory-reared juvenile Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) and its application to wild fish[J]. *Mar Biol*,

- 2001, 138: 47-55.
- [14] Peck M A, Buckley L J, Caldarone E M, *et al.* Effects of food consumption and temperature on growth rate and biochemical-based indicators of growth in early juvenile Atlantic cod *Gadus morhua* and haddock *Melanogrammus aeglefinus* [J]. **Mar Ecol Prog Ser**, 2003, 251: 233-243.
- [15] Yamashita Y, Tominaga O, Takami H, *et al.* Comparison of growth, feeding and cortisol level in *Platichthys bicoloratus* juveniles between estuarine and nearshore grounds[J]. **J Fish Biol**, 2003, 63: 617-630.
- [16] Vinagre B C, Fonseca V, Maia A, *et al.* Habitat specific growth rates and condition indices for the sympatric soles *Solea solea* (Linnaeus, 1758) and *Solea senegalensis* Kaup 1858, in the Tagus estuary, Portugal, based on otolith daily increments and RNA-DNA ratio[J]. **J Appl Ichthyol**, 2008, 24: 163-169.
- [17] Varnavskiy V S, Varnavskaya N V, Kalinin S V, *et al.* RNA: DNA index as an indicator of growth rate of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) during early marine life[J]. **J Ichthyol**, 1992, 32: 10-19.
- [18] Bisbal G A, Bengtson D A. Description of the starving condition in summer flounder, *Paralichthys dentatus*, early life history stages[J]. **Fish Bull**, 1995, 93: 217-230.
- [19] Gwak W S, Tanaka Y, Tominaga O, *et al.* Field evaluation by RNA: DNA ratios on post-release nutritional status of released and wild juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* juveniles[J]. **J Exp Mar Biol Ecol**, 2003a, 293: 107-124.
- [20] 赵玲, 周洪琪, 陆海祺, 等. 对草鱼、鲢、鳙、团头鲂鱼种阶段的 RNA/DNA 的初步研究[J]. 上海水产大学学报, 1995, 4(3): 199-203.
- [21] 罗莉, 文华, 王琳, 等. 牛磺酸对草鱼生长、品质、消化酶和代谢酶活性的影响[J]. 动物营养学报, 2006, 18 (3): 166-171.
- [22] 梁萌青, 王成刚, 陈超, 等. 几种添加剂对红鳍东方鲀的促生长效果与 RNA/DNA 关系[J]. 海洋水产研究, 2001, 22 (2): 38- 41.
- [23] Islam M S, Tanaka M. Nutritional condition, starvation status and growth of early juvenile Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*) related to prey distribution and feeding in the nursery ground[J]. **J Exp Mar Biol Ecol**, 2005, 323: 172-183.
- [24] 赵振山, 赵可椒, 张益明, 等. 用 RNA/DNA 比值评定鲤鱼的生长及其配合饲料的营养价值[J]. 水产学报, 1994, 18 (4): 257-264.
- [25] 甘居利, 金有坤. 用鱼肌核酸指示水体污染的初步研究[J]. 农业环境保护, 1997, 16 (2): 68-73.
- [26] Thorisson K. Is metamorphosis a critical interval in the early life of marine fishes [J]. **Environ Biol Fish**, 1994, 40: 23-36.
- [27] Tanaka M, Kawai S, Seikai T, *et al.* Development of the digestive organ system in Japanese flounder in relation to metamorphosis and settlement [J]. **Mar Fresh Behav Physiol**, 1996, 28: 19-31.
- [28] Amara R, Galois R. Nutritional condition of metamorphosing sole: spatial and temporal analyses [J]. **J Fish Biol**, 2004, 64: 72-88.
- [29] Buckley L J, Bulow F J. Techniques for the estimation of RNA, DNA, and protein in fish[A]. Summerfelt R C, Hall G E. The Age and Growth of Fish[C]. Ames, IA: Iowa State University Press, 1987. 345-354.
- [30] Kuropat C, Mercaldo-Allen R, Caldarone E, *et al.* Evaluation of RNA concentration as an indicator of growth in young-of-the-year winter flounder *Pseudopleuronectes americanus* and tautog *Tautogaonitis*[J]. **Mar Ecol Prog Ser**, 2002, 230: 265-274.
- [31] Bradford M M. A rapid sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding[J]. **Anal Biochem**, 1976, 72: 248-254.
- [32] Fukuda M, Yano Y, Nakano H, *et al.* Protein and nucleic acid changes during early development stages of crested flounder[J]. **Bull Jpn Soc Sci Fish**, 1986, 52: 951-955.
- [33] Malzahn A M, Clemmesen C, Rosenthal H. Temperature effects on growth and nucleic acids in laboratory-reared larval coregonid fish[J]. **Mar Ecol Prog Ser**, 2003, 259: 285-293.
- [34] Youson J H. First Metamorphosis[A]. Hoar W S, Randall D J. Fish Physiology[C]. New York: Academic Press, 1988. 135-196.
- [35] Kimura R, Watanabe Y, Zenitani H. Nutritional condition of first-feeding larvae of Japanese sardine in the coastal and oceanic waters along the Kuroshio Current[J]. **J Mar Sci**, 2000, 57: 240-248.
- [36] Clemmesen C. The effect of food availability, age or size on the RNA/DNA ratio of individually measured herring larvae: laboratory calibration[J]. **Mar Biol**, 1994, 118: 377-382.
- [37] Gwak W S, Tanaka M. Developmental change in RNA/DNA ratios of fed and starved laboratory-reared Japanese flounder larvae and juveniles, and its application to assessment of nutritional condition for wild fish[J]. **J Fish Biol**, 2001, 59: 902-915.

Changes in nucleic acids and protein indices during metamorphosis of barfin flounder *Verasper moseri*

TONG Xue-hong^{1,2}, XU Shi-hong¹, LIU Qing-hua¹, LI Jun¹, XIAO Zhi-zhong¹, MA Dao-yuan¹

(1. Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China ; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Received: Mar., 15, 2010

Key words: barfin flounder (*Verasper moseri*); juvenile ; DNA ; RNA ; protein

Abstract: Changes in DNA, RNA, protein and their ratios of barfin flounder *Verasper moseri* during metamorphosis were determined, and were used to evaluate the growth potential of barfin flounder at this stage. Water temperature fluctuated between 16.5°C and 18.0°C. Patterns of DNA, RNA and protein parameters all showed developmental stages-specific traits. DNA content remained slight increase until 42 days after hatching (DAH) and showed abrupt rise towards 44 DAH followed by a drop and a rise around 45 and 46 DAH, respectively. The changes in protein content coincided well with those of RNA content; and they both kept obvious increases throughout the experimental period. RNA/DNA ratio increased up to 35 DAH, but decreased at 36 DAH, and reached the climax of 5.01 at 38 DAH, which was followed by a significant decline with the minimum value of 1.76 at the end of the experiment. Protein/DNA reached the maximum value of 58.64 at 40 DAH and the minimum value of 21.28 at 46 DAH. DNA, RNA and protein contents all showed significant correlations with total length and body weight of barfin flounder ($P < 0.05$). RNA/DNA had stronger correlations with total length and body weight of barfin flounder than protein/DNA. Protein/DNA showed a similar pattern to RNA/DNA, but the changes in protein/DNA lagged behind those in RNA/DNA, suggesting that RNA/DNA ratio is a more sensitive index than protein/DNA ratio in evaluating physiological conditions of barfin flounder.

(本文编辑: 谭雪静)

(上接第 36 页)

Three recognition methods of weight coefficient in fuzzy evaluation of water quality in Tong'an Bay

CHEN Ke-liang¹, Wang Jin-keng¹, ZHU Xiao-dong², Zhao Wen-jun², Li Yang-fan², Zhao Yan²

(1. Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Xiamen 361005, China; 2. School of the Environment, State Key Laboratory of Pollution Control and Resources Reuse, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Received: Apr., 25, 2009

Key words: recognition method of weight coefficient; water quality; fuzzy evaluation

Abstract: The three recognition methods of weight coefficient including exceeding pollutant's concentration standard, main contents analysis and comparison sequence were used in fuzzy evaluation of chronic water quality in Tong'an Bay of Xiamen. It was found that these three methods were equally effective for water quality evaluation because of the little difference between them. In addition, the advantages and disadvantages of different methods to provide scientific reference for determining the weight in fuzzy evaluation of water quality were discussed.

(本文编辑: 康亦兼)