

# 中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)个体核酸含量 及其对生长状况的指示作用\*

宁娟<sup>1</sup> 李超伦<sup>1</sup> 孙松<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院海洋研究所海洋生态与环境重点实验室 青岛 266071; 2. 中国科学院海洋研究所胶州湾  
海洋生态系统国家野外科学观测研究站 青岛 266071)

**摘要** 采用荧光染色法对黄、东海春、秋季中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)个体核酸含量进行了研究,初步探讨了 RNA/DNA 比对中华哲水蚤生长状况的指示作用。结果表明,中华哲水蚤在饥饿培养 24h 后 RNA/DNA 比值显著降低;雄性个体 RNA 含量和 RNA/DNA 比值显著低于雌体和 C5 期幼体;春、秋季(2009 年 5 月和 2010 年 11 月)个体 RNA 含量和 RNA/DNA 比值存在显著的空间变化,两者最高值均出现在近岸;两个月份 DNA 含量相对稳定,在 2.5—3.5 $\mu\text{g}/\text{ind}$  之间;个体 RNA 含量和 RNA/DNA 比值与叶绿素之间显著正相关,说明饵料是中华哲水蚤的生长过程中重要的影响因素。

**关键词** 桡足类;中华哲水蚤;个体核酸含量;RNA/DNA 比;生长  
**中图分类号** Q958

浮游动物处于海洋食物网的中心环节,是连接初级生产和高营养层的纽带,其种群变动将直接影响海洋生态系统能流途径与效率,而浮游动物生长状况评估和生长率测定是了解其种群变动特点的重要指标。以往对浮游动物生长状况的研究主要是针对其生长速度(体长或碳的增加量)或雌性产卵量进行测定(Campbell *et al.*, 2001)。这些方法虽然在浮游动物的研究中解决了很多问题,但同时也存在着一定的弊端(Wagner *et al.*, 1998)。对体长或碳的增加量进行测量工作量大、费时费力,而产卵量只适用于雌体。因而,选用一种简便准确的方法来了解浮游动物生长状况及生长率具有重要的实际意义。

核酸是重要的生命物质。研究表明,脱氧核糖核酸(DNA)在成熟细胞中含量为较为恒定,对外界环境的变化不敏感。而核糖核酸(RNA)参与蛋白质合成等生理生化过程,其含量与生长、发育等各种生命过程密切相关,受到环境因素的影响也较大(Caldarone *et al.*, 2001)。因此, RNA/DNA 比已经成为评价生物生

长状况与生长率的一个潜在的敏感指标(Martin *et al.*, 2010)。目前, RNA/DNA 比作为生长指标已经在鱼类、贝类、虾蟹类等一些个体较大的海洋生物中得到验证并广泛应用(赵振山等, 1994; 刘存歧等, 2006)。但是,传统方法测定核酸需要的样品量较大,从而限制了这一方法在个体较小的浮游动物中的应用。随着核酸检测技术的发展,尤其是荧光染色法在核酸检测中的应用,提高了核酸检出的灵敏度,从而使核酸指标大量应用于对小型生物生长指示的研究中。研究发现, RNA/DNA 比可以作为衡量浮游动物和幼鱼营养状况的一种很好的方法(Båmstedt *et al.*, 1980; Vrede *et al.*, 2002),该比值能在短时间内反映桡足类营养状况的变化(Gorokhova, 2003)。RNA/DNA 比值与双刺纺锤水蚤(*Acartia bifilosa*)桡足幼体的生长速度和产卵率呈正相关,高的 RNA/DNA 比值意味着高的生长潜力。Wagner 等(1998)提出 RNA/DNA 比可作为飞马哲水蚤(*Calanus finmarchicus*)是否滞育的指示因子。然而,国内对该指标在浮游桡足类中的研

\* 国家重点基础研究发展计划(973)项目, 2011CB403604 号;国家自然科学基金项目, 41076099 号;国家海洋局项目, DOME(P(MEA)-01-01 号。宁娟, E-mail: nj0323205@126.com

通讯作者: 李超伦, 博士, 研究员, E-mail: lcl@qdio.ac.cn

收稿日期: 2012-04-24, 收修改稿日期: 2012-06-29

究和应用尚未见报道。

中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)是我国近海及西北太平洋陆架海的浮游动物优势种之一(Huang *et al.*, 1993), 是多种经济鱼类的主要摄食对象, 其生长状况和种群变动在海洋生态系统动力学中起着关键作用。本研究利用核酸荧光染色技术, 对中华哲水蚤雌体、雄体和桡足幼体(C5 期)体长及其个体核酸参数(RNA、DNA 含量)进行检测, 考察 RNA/DNA 比对中华哲水蚤生长状况的指示作用, 以期核酸指标在海洋浮游动物生长研究中的应用提供基础资料。

## 1 材料与方法

本项工作依托于中国科学院海洋研究所 2009 年春季(5 月 15—31 日)和 2010 年秋季(11 月 20—30 日)中国近海海洋科学考察开放共享航次进行, 调查站位见图 1。

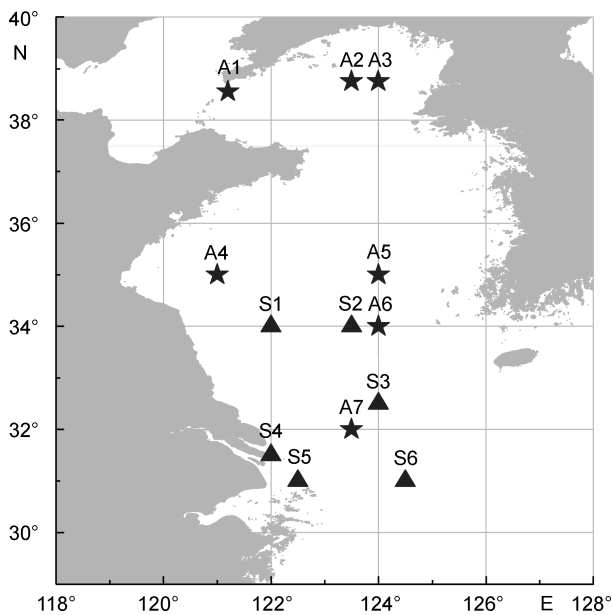


图 1 2009 年 5 月( )和 2010 年 11 月( )采样站位图  
Fig.1 Study area of specific sampling stations in May 2009 ( ) and November 2010 ( ) are shown

### 1.1 样品采集

实验生物利用标准浮游动物大网从底部指标层垂直拖网获得。每个站位挑取活泼的中华哲水蚤雌体 15 只。单只个体装入 1.5mL 冻存管中(尽量避免管中有海水), 然后迅速放入液氮保存。2010 年秋季航次中增加了中华哲水蚤雄体和 C5 期幼体的采样, 以考察不同性别和生活时期个体核酸含量的变化。样品在放入冻存管前使用实体解剖镜(Zeiss Stemi SV11 Apo)

进行拍照, 记录前体长。每个采样站位, 用 CTD 获取温度和叶绿素。

### 1.2 核酸含量检测

RNA 和 DNA 的提取方法参考 Caldarone 等(2001)的方法: 首先对样品进行破碎裂解, 提取总的核酸, 然后用溴化乙锭(EB)对总的核酸进行染色, 在荧光酶标仪(TECAN Infinite 200 系列)下检测得到荧光值( $F_1$ )。由于 EB 是一种高灵敏的荧光染色剂, 可以检测单链或双链核酸(RNA 或 DNA), 因此  $F_1$  包括 RNA 和 DNA 总的荧光值。第一次扫描结束后加入 RNase A 振荡 20min 将 RNA 降解, 接着进行第二次扫描, 得到荧光值  $F_2$ 。由于 DNA 相对稳定,  $F_2$  即为 DNA 的荧光值, 而  $F_1$  与  $F_2$  的差值为 RNA 的荧光值。

标准曲线的制作, 将购买的 RNA (calf-liver, 18S and 28S, Sigma R0889)和 DNA (calf-thymus, Sigma D4764)标准品用 Tris-EDTA 溶液稀, RNA 浓度 0.200—8.00 $\mu$ g/ml, DNA 的溶度范围从 0.200—2.000 $\mu$ g/ml。分别移取不同浓度的 RNA 和 DNA 75 $\mu$ l 至 96 孔板 (corning), 加入 75 $\mu$ l EB 溶液进行染色, 涡旋振荡 15min 后检测荧光值。根据不同浓度核酸标准品对应的荧光值, 制作标准曲线。RNA 的标准曲线:  $y = 10043x + 3071.1$  ( $R^2 = 0.9934$ ), DNA 的标准曲线:  $y = 13444x + 2174.4$  ( $R^2 = 0.9963$ )。

实验生物的 RNA 和 DNA 含量通过测定其  $F_1$  与  $F_2$  值, 然后利用标准曲线计算获得。

### 1.3 饥饿培养实验

为了解 RNA、DNA 含量以及 RNA/DNA 比对环境条件变化的响应时间, 在船上进行了现场饥饿培养实验。挑取健康活泼中华哲水蚤雌体 100 只, 分别放入 10 个装有 350ml 过滤海水的培养瓶中, 每瓶 10 只, 在具体温度下生化培养箱中进行饥饿培养。分别在培养 0、6、12、24、48、72、96、120h 后取样, 每次取 10 只放入冻存管(1 只/管), 迅速液氮保存, 待实验室内测核酸含量。

### 1.4 数据分析

本文所有统计分析均使用 SPSS 软件(v.16.0 SPSS)完成。使用一元回归分析比较不同站位间及成体与 C5 期桡足幼体间的核酸含量差异; 为了考察核酸含量与温度和叶绿素之间关系, 应用皮尔森相关系数分析(Pearson Correlation Coefficients)。

## 2 结果

### 2.1 中华哲水蚤核酸含量的空间变化

春季中华哲水蚤个体 RNA 含量平均值 4.01 $\mu$ g/ind

(1.41—9.86 $\mu\text{g}/\text{ind}$ ), 最高值出现在长江口附近 S5 站  
位, 并且不同站位之间存在显著性差异( $P<0.01$ ); 个  
体 DNA 含量则相对稳定, 平均为 2.79 $\mu\text{g}/\text{ind}$  (1.69—  
4.72 $\mu\text{g}/\text{ind}$ ), 不同站位之间无显著性差异( $P>0.05$ )。  
RNA/DNA 比值在 0.4—4.1 之间, 空间变化趋势与  
RNA 相同(图 2)。

秋季中华哲水蚤个体 RNA 含量平均值 5.80 $\mu\text{g}/\text{ind}$   
(1.35—16.49 $\mu\text{g}/\text{ind}$ ), 最高值出现在黄海北部近岸 A1

站位, 与春季一样, 不同站位之间存在显著性差异  
( $P<0.01$ ); 个体 DNA 含量平均为 3.25 $\mu\text{g}/\text{ind}$  (1.56—  
5.06 $\mu\text{g}/\text{ind}$ ), 除最南部的 A7 站, 其它站位之间无显  
著性差异( $P>0.05$ )。RNA/DNA 比值在 0.3—6.3 之间,  
空间变化趋势与 RNA 相同(图 2)。

2.2 核酸参数与环境变化的关系

调查期间各采样站位水文和饵料环境存在一定的  
差异。2009 年 5 月表层平均水温 18.8 $^{\circ}\text{C}$ , 底层水温

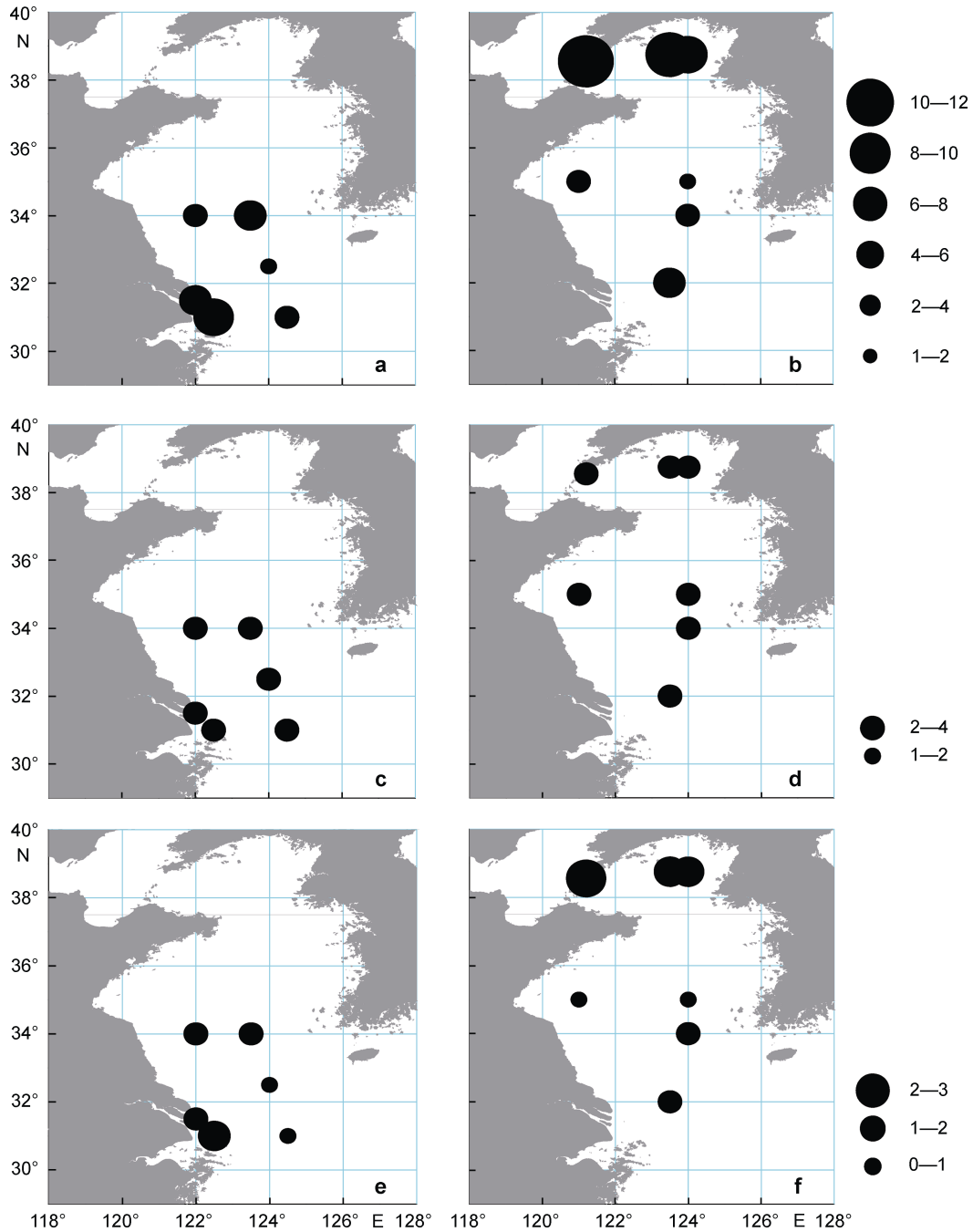


图 2 中华哲水蚤 2009 年 5 月(a, c, e)和 2010 年 11 月(b, d, f)个体 RNA、DNA 含量( $\mu\text{g}/\text{ind}$ )和 RNA/DNA 比值  
Fig.2 *C. sinicus* individual RNA, DNA concentrations ( $\mu\text{g}/\text{ind}$ ) and RNA/DNA ratios in May 2009 (a, c, e), November 2010 (b, d, f)

略低 15.7℃, 底层水温没有出现低于 10℃的站位; 2011 年 11 月表层、底层水温差别不大, 均值分别为 13.9 和 12.8℃ (表 1)。2009 年 5 月采样站位叶绿素均值为 0.55mg/m<sup>3</sup>, 最大值(2.12mg/m<sup>3</sup>)出现在长江口附近站位(S5)<sup>1)</sup>。2010 年 11 月采样站位叶绿素均值为 0.49mg/m<sup>3</sup>, 最大值出现在黄海北部近岸(A1 站, 1.76mg/m<sup>3</sup>)。

为了解核酸参数变化与环境之间的关系, 将中华哲水蚤核酸参数(RNA、DNA 含量及 RNA:DNA 比值)与温度和饵料(叶绿素)进行了相关性分析(表

2)。结果显示, 中华哲水蚤 RNA 含量和 RNA:DNA 比值与采样站位的表层温度和叶绿素浓度最大值之间存在极显著相关( $P<0.01$ ), DNA 含量与表层水温存在显著性相关( $P<0.05$ )。

### 2.3 核酸含量对饥饿的响应

实验研究了中华哲水蚤核酸含量变化对饥饿的响应时间。DNA 含量变化相对稳定, 前 96h 平均值在 3.7—5.1μg/ind, 实验 120h 时显著下降。RNA 含量平均值在实验 0—12h 维持在 8.0μg/ind, 24h 后显著降低并维持在 5.5μg/ind(图 3)。统计分析结果显示, 与初

表 1 2009 年 5 月、2010 年 11 月表层、底层海水温度(℃)及叶绿素含量(mg/m<sup>3</sup>)

Tab.1 Surface temperature (°C), bottom temperature (°C) and Chl *a* concentration (mg/m<sup>3</sup>) in May 2009 and November 2011

时间(年.月)	站位	表温(℃)	底温(℃)	叶绿素最大值(mg/m <sup>3</sup> )	叶绿素平均值(mg/m <sup>3</sup> )
2009.05	S1	17.38	16.89	0.92	0.85
	S2	17.61	10.98	0.96	0.40
	S3	18.05	14.32	0.90	0.57
	S4	19.97	17.17	0.59	0.41
	S5	19.95	18.43	2.12	0.60
	S6	19.64	16.45	0.65	0.43
2010.11	A1	12.80	12.84	1.76	0.64
	A2	11.72	11.43	0.78	0.56
	A3	12.32	12.33	0.95	0.51
	A4	14.87	14.87	1.50	0.63
	A5	13.56	10.06	1.67	0.50
	A6	14.71	10.58	0.65	0.25
	A7	17.21	17.23	0.76	0.48

注: RNA 含量和 RNA:DNA 比最大值出现的站位以粗体显示。2009 年 5 月叶绿素数据来自中国科学院海洋研究所生态与环境重点实验室于仁成未发表数据

表 2 核酸参数(RNA、DNA、RNA:DNA 比值)与温度和叶绿素的相关分析

Tab.2 Correlation analysis of nucleic acid index versus maximum Chl *a*, surface and bottom temperature

核酸参数	统计参数	叶绿素最大值	表层水温	底层水温
RNA	Pearson Correlation	<b>0.370**</b>	<b>-0.338**</b>	0.003
	<i>P</i> value	0.000	0.000	0.971
	<i>N</i>	112	112	112
DNA	Pearson Correlation	0.013	<b>-0.204*</b>	-0.010
	<i>P</i> value	0.892	0.031	0.920
	<i>N</i>	112	112	112
RNA:DNA	Pearson Correlation	<b>0.428**</b>	<b>-0.225*</b>	0.047
	<i>P</i> value	0.000	0.017	0.622
	<i>N</i>	112	112	112

注: 显著相关( $P<0.05$ )用\*标示, 极显著相关( $P<0.01$ )用\*\*标示

1) 2009 年 5 月叶绿素数据来自中国科学院海洋研究所生态与环境重点实验室于仁成(未发表数据)

始含量相比, DNA 在饥饿试验开始后 120h 呈现显著性差异( $P<0.05$ ), 而 RNA 在前 12h 无显著性变化, 但是在 24h 以后开始显著下降( $P<0.05$ ), 并维持在一个相对较低的水平。RNA:DNA 比变化趋势与 RNA 一致, 在实验开始至 12h 内维持在 1.4 左右, 24h 后显著降低。

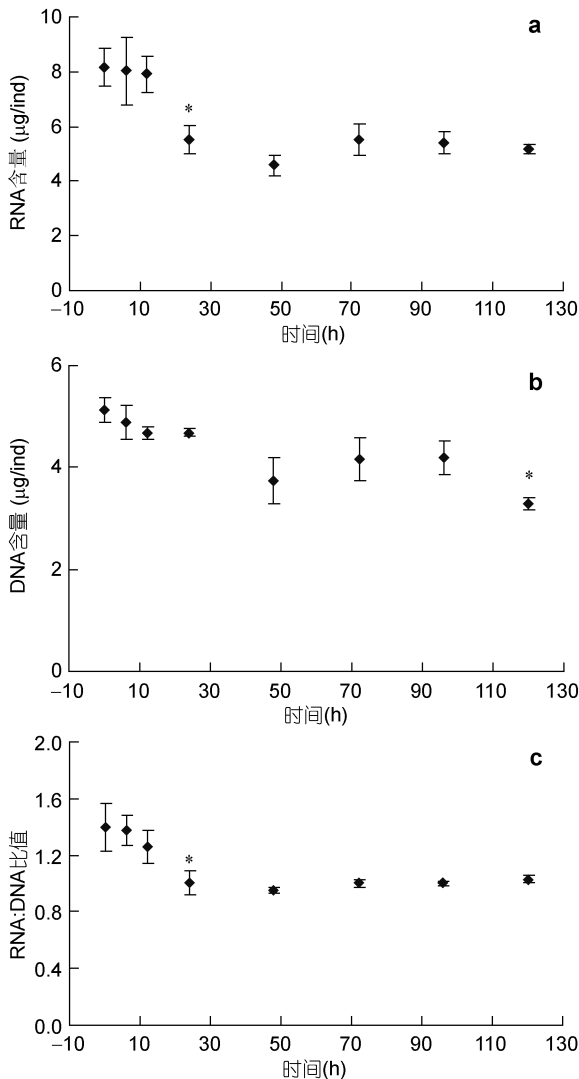


图3 中华哲水蚤饥饿培养中核酸指数随时间的变化: 个体 RNA 含量(a)和 RNA:DNA 比值(c)在饥饿培养 24h 后出现显著降低, 个体 DNA 含量(b)120h 后显著降低

Fig.3 Temporal changes of nucleic acids under starvation treatment: individual RNA concentrations (a) and RNA:DNA ratios (c) declined significantly in 24 hours, and DNA concentrations (b) declined in 120 hours

#### 2.4 中华哲水蚤成体(雌、雄)与 C5 桡足幼体核酸参数的比较

2010 年 11 月对中华哲水蚤成体(雌、雄)与 C5

期桡足幼体核酸含量的调查结果显示, 个体 RNA 含量雌性(均值  $6.9\mu\text{g}/\text{ind}$ ) $>$ C5 期桡足幼体( $5.0\mu\text{g}/\text{ind}$ ) $>$ 雄体( $3.9\mu\text{g}/\text{ind}$ ) (表 3)。统计分析结果显示, 雌体和 C5 期桡足幼体之间无显著性差异( $P<0.05$ ), 但是二者与雄体差异显著( $P>0.05$ )。个体 DNA 含量雌体、雄体和 C5 期桡足幼体三者没有显著差异。另外, 虽然中华哲水蚤雌体和雄体的前体长(平均  $2.16\text{mm}$ )大于 C5 期桡足幼体(平均  $1.8\text{mm}$ ), 但是前体长与核酸(RNA 和 DNA)含量无显著相关性( $P>0.05$ )。

表 3 中华哲水蚤 C5 期桡足幼体及雌、雄体前体长、个体 RNA 含量、个体 DNA 含量和 RNA:DNA 比值

Tab.3 *C. sinicus* prosome length, and individual RNA, DNA concentrations, and RNA:DNA ratios

不同状态	前体长(mm)	RNA 含量 (µg/ind)	DNA 含量 (µg/ind)	RNA:DNA
C5 幼体	1.83	5.03	3.64	1.49
雌体	2.22	6.90	3.53	1.80
雄体	2.17	3.89	3.42	1.14

### 3 讨论

#### 3.1 核酸参数与环境因素间的关系

2009 年春季和 2010 年秋季个体 RNA 含量均值分别为  $4.0\mu\text{g}/\text{ind}$  和  $5.5\mu\text{g}/\text{ind}$ , 这与飞马哲水蚤室内饵料培养所的个体 RNA 含量相近(约  $5.0\text{—}9.0\mu\text{g}/\text{ind}$ , Wagner *et al.*, 1998)。统计结果显示, RNA 含量和 RNA:DNA 比值与叶绿素最大值显著正相关(表 2), 说明饵料是中华哲水蚤生长过程中一个关键的影响因素。在核酸指标的空间分布上, 春季 RNA 含量和 RNA:DNA 比的高值出现在长江口附近站位(S5), 秋季中华哲水蚤 RNA 含量和 RNA:DNA 比值在黄海北部近岸(A1)出现高值。两个站位的叶绿素含量相对较高(表 1), 充足的饵料为中华哲水蚤提供了较好的生存环境。以往许多文章报道了浮游植物对中华哲水蚤生长繁殖的重要作用(Zhang *et al.*, 2005, 2006), Wang 等(2009)对中华哲水蚤的研究表明, 饵料的获得对中华哲水蚤的繁殖和种群补充起到重要的作用。而较高的 RNA 含量和 RNA:DNA 比值体现出中华哲水蚤种群处于旺盛的生长状态。由于 DNA 含量相对稳定, 受外界环境影响较小, DNA 含量与叶绿素含量间关系不显著。

温度是影响浮游动物的生长代谢的主要环境因子之一。虽然黄海中华哲水蚤的种群变动与黄海冷水的关系密切(Sun, 2005), 但是本次研究结果表明,

核酸参数与表层温度之间均呈成负相关关系,与底温没有明显的相关关系(表 2)。本研究中,中华哲水蚤经历的温度范围(10.1—20.0℃)没有超出其最适的生长温度,所以温度的直接影响可能难以显现。同样,一些室内研究发现,在饵料充足的条件下核酸含量与温度之间存在负相关关系(Wagner *et al.*, 2001; Speckmann, 2005)。然而在野外环境下,由于影响桡足类生长的多种因素相互作用,温度与核酸含量之间并没有显著相关关系(Speckmann, 2005)。作为代谢的重要调节因素(Li *et al.*, 2004),温度可能通过间接作用影响中华哲水蚤的生长和繁殖(Zhang *et al.*, 2005; 王世伟, 2009<sup>1)</sup>。

### 3.2 核酸含量对饥饿的响应

RNA/DNA 比可以作为评估生物生长状况的一个重要原因,该比值可以在一定的时间内随环境条件改变而显著变化。中华哲水蚤饥饿培养 24h 后 RNA/DNA 比出现显著下降。在饥饿培养过程中,中华哲水蚤个体得不到充分的饵料,生长速度减缓。在分子水平上即表现为蛋白合成减少,与蛋白合成相关的 RNA 含量下降。由于 DNA 含量相对稳定, RNA/DNA 比值也相应降低。对汤氏纺锤水蚤(*Acartia tonsa*)的研究发现,在喂食和饥饿状态下培养两天后 RNA/DNA 比值出现显著差异(Speckmann *et al.*, 2007)。与中华哲水蚤相比,汤氏纺锤水蚤 RNA/DNA 比对环境变化的相应时间稍长,这可能是因为不同物种和生活期的个体核酸含量及 RNA/DNA 比存在差异(Gorokhova *et al.*, 2007)。DNA 含量虽然相对稳定,但在长时间没有饵料供应的情况下,个体可能会出现细胞死亡现象,导致在饥饿培养一段时间后(120h)DNA 含量出现显著降低。在饥饿培养的最后(120h 后),发现有极个别个体死亡的现象。

### 3.3 成体(雌、雄)与 C5 桡足幼体核酸参数的比较

不同性别和生活期核酸参数的比较结果显示,中华哲水蚤雌性个体 RNA 含量和 RNA/DNA 比值最大,三者 DNA 含量没有显著差异。11 月份雌、雄体前体长没有显著差异,但此时中华哲水蚤已经结束度夏过程,雌体以较低的繁殖率进行种群补充,而种群中占优势的 C5 期个体开始蜕皮为成体、逐渐成熟、繁殖(王世伟, 2009<sup>1)</sup>)。雌体产卵与 C5 期个体的蜕皮成熟过程中都是活跃的生命过程,牵涉到相关

基因的表达和调控过程(Boucard *et al.*, 2002; 元一舟等, 2010),这或许是雄体 RNA 含量和 RNA/DNA 比相对较低的原因。作者在实验室对中华哲水蚤各个时期 RNA 的提取过程中也发现,雄体 RNA 含量相对 C5 期幼体和雌体均较低。Wagner 等(1998)对飞马哲水蚤 C1—C6 个体的研究结果显示,从 C1 期桡足幼体到成体 RNA 含量依次递增, RNA/DNA 比也有相同的趋势。但对飞马哲水蚤的研究 C6 期(成体)选取的是雌体,并未对雄体进行研究。目前未见到对雄性桡足类核酸含量研究的报道。在今后的研究中,可对中华哲水蚤雌、雄体及桡足幼体进行转录组和表达谱研究,从分子手段来深入探求不同性别和生活时期个体核酸含量差异的原因。

## 4 结论

中华哲水蚤个体 RNA 含量和 RNA/DNA 比值对饥饿的响应时间是 24h, DNA 含量相对稳定,对饥饿的相应时间为 120h。个体 RNA 含量和 RNA/DNA 比值在不同海区存在显著差异,高值区均出现在叶绿素含量较高的近岸站位,个体 DNA 含量在不同海区变化不显著。核酸含量与叶绿素之间显著正相关关系说明,饵料是影响中华哲水蚤生长的一个重要因素。雌、雄成体和 C5 桡足幼体之间 RNA 含量和 RNA/DNA 比值变化显著。个体 RNA 含量和 RNA/DNA 比值能够较好地指示中华哲水蚤的生长状况。

## 参 考 文 献

- 元一舟,朱冬,杨济芬等,2010. 甲壳动物蜕皮抑制激素调控机制的研究进展. 动物学杂志, 45(2): 165—170
- 刘存歧,沈会涛,吴玲玲,2006. 日本沼虾体内 RNA/DNA 比值与其生长关系的研究. 河北大学学报(自然科学版), 26(5): 524—528
- 赵振山,林可椒,1994. 用 RNA/DNA 比率评定鲤的生长及其配合饲料的营养价值. 水产学报, 18(4): 257—264
- Båmstedt U, Skjoldal H R, 1980. RNA concentration of zooplankton: Relationship with size and growth. Limnol Oceanogr, 25: 304—316
- Boucard C G, Levy P, Ceccaldi H J *et al.*, 2002. Developmental changes in concentrations of vitellin, vitellogenin, and lipids in hemolymph, hepatopancreas, and ovaries from different ovarian stages of Indian white prawn *Fenneropenaeus indicus*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 281: 63—75

1) 王世伟, 2009. 黄海中华哲水蚤繁殖、种群补充与生活史研究. 青岛: 中国科学院海洋研究所博士学位论文, 1—121

- Caldarone E M, Wagner M, Onge-Burns J S *et al*, 2001. Protocol and guide for estimating nucleic acids in larval fish using a fluorescence microplate reader. Northeast Fisheries Science Center Reference Document, 01—11
- Campbell R G, Wagner M M, Teegarden G J *et al*, 2001. Growth and development rates of the copepod *Calanus finmarchicus* reared in the laboratory. Marine Ecology Progress Series, 221: 161—183
- Gorokhova E, 2003. Relationships between nucleic acid levels and egg production rates in *Acartia bifilosa*: implications for growth assessment of copepods *in situ*. Mar Ecol Prog Ser, 262: 163—172
- Gorokhova E, Edlund A, Hajdu S *et al*, 2007. Nucleic acid levels in copepods: dynamic response to phytoplankton blooms in the northern Baltic proper. Mar Ecol Prog Ser, 349: 213—225
- Huang C, Uye S, Onbé T, 1993. Geographic distribution, seasonal life cycle, biomass and production of a planktonic copepod *Calanus sinicus* in the Inland Sea of Japan and its neighboring Pacific Ocean. J Plankton Res, 15(11): 1229—1246
- Li C, Sun S, Wang R *et al*, 2004. Feeding and respiration rates of a planktonic copepod (*Calanus sinicus*) overwintering in Yellow Sea Cold Bottom Waters. Marine Biology, 145: 149—157
- Martin E B, Catriona C, Mikael K S *et al*, 2010. Seasonal and spatial variations in the RNA : DNA ratio and its relation to growth in sub-Arctic scallops. Mar Ecol Prog Ser, 407: 87—98
- Speckmann C L, 2005. Use of RNA : DNA ratios for assessing secondary production of planktonic food webs: effects of temperature, salinity, food and heavy metals. The University of Texas, 123
- Speckmann C L, Nunez B S, Buskey E J, 2007. Measuring RNA : DNA ratios in individual *Acartia tonsa* (Copepoda). Mar Biol, 151: 759—766
- Sun S, 2005. Over-summering strategy of *Calanus sinicus*. GLOBEC Int Newsl, 11: 34
- Vrede T, Persson J, Aronsen G, 2002. The influence of food quality (P:C ratio) on RNA : DNA ratio and somatic growth rate of *Daphnia*. Limnology and Oceanography, 47: 487—494
- Wagner M M, Campbell R G, Boudreau C A *et al*, 2001. Nucleic acids and growth of *Calanus finmarchicus* in the laboratory under different food and temperature conditions. Mar Ecol Prog Ser, 221: 185—197
- Wagner M M, Durbin E G, Buckley L J, 1998. RNA : DNA ratios as indicators of nutritional condition in the copepod *Calanus finmarchicus*. Mar Ecol Prog Ser, 162: 173—181
- Wang S W, Li C L, Sun S *et al*, 2009. Spring and autumn reproduction of *Calanus sinicus* in the Yellow Sea. Mar Ecol Prog Ser, 379: 123—133
- Zhang G T, Li C L, Sun S *et al*, 2006. Feeding habits of *Calanus sinicus* (Crustacea: Copepoda) during spring and autumn in the Bohai Sea studied with the herbivore index. Scientia Marina, 70: 381—388
- Zhang G T, Sun S, Zhang F, 2005. Seasonal variation of reproduction rates and body size of *Calanus sinicus* in the Southern Yellow Sea, China. Journal of Plankton Research, 27: 135—143

## NUCLEIC ACIDS AND ITS APPLICATION FOR EVALUATION OF THE GROWTH OF COPEPOD *CALANUS SINICUS*

NING Juan<sup>1</sup>, LI Chao-Lun<sup>1</sup>, SUN Song<sup>1,2</sup>

(1. Key Laboratory of Marine Ecology and Environmental Sciences, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071; 2. Jiaozhou Bay Marine Ecosystem Research Station, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071)

**Abstract** Individual nucleic acids (RNA and DNA) concentrations of *Calanus sinicus* collected in May 2009 and November 2010 were measured by microplate fluorescent assay, and RNA : DNA ratio as a growth indicator of *C. sinicus* was applied. Without food supply, individual RNA concentration and RNA : DNA ratios were found declined significantly in 24 hours. Individual RNA concentration and RNA : DNA ratio of male *C. sinicus* were both lower than female and C5, in which no significant difference in the DNA concentration was found among them. RNA concentration and RNA : DNA ratios were different among stations and high values were found in nearshore stations. There was no significant difference in DNA concentration among stations and between the two surveys. Correlation analyses suggested that external food are essential for the growth of *C. sinicus*.

**Key words** copepods; *Calanus sinicus*; nucleic acid concentration; RNA : DNA ratios; growth