

不同饵料对桡足类无节幼体存活、发育的影响研究

李捷^{1,2,3}, 孙松¹, 李超伦¹, 蒲新明³, 张展¹

(1. 中国科学院海洋研究所海洋生态与环境科学重点实验室, 山东青岛266071; 2. 青岛理工大学环境学院, 山东青岛266033; 3. 国家海洋局第一海洋研究所海洋生态环境科学与工程国家海洋局重点实验室, 山东青岛266061)

摘要:在食物中碳质量浓度为1.0 mg/L的条件下,通过室内实验研究了不同食物对中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)和双刺纺锤水蚤(*Acartia bifilosa*)无节幼体存活和发育的影响。结果表明,桡足类无节幼体发育速度与存活率之间存在正相关关系。单种食物中粒径较小的微绿球藻和三角褐指藻在桡足类开口摄食期是最适宜的饵料,但在发育后期以及整个发育期则粒径较大的亚心型扁藻和中肋骨条藻更为适宜。在相同的发育阶段,小型桡足类双刺纺锤水蚤和中型桡足类中华哲水蚤对于食物粒径的选择也是不同的。与非硅藻食物相比,硅藻并非桡足类无节幼体发育的理想食物,而单种硅藻对桡足类无节幼体发育的负面影响可以通过对混合食物的摄食得到有效的减弱。

关键词: 中华哲水蚤(*Calanus sinicus*); 双刺纺锤水蚤(*Acartia bifilosa*); 硅藻; 存活率; 发育率

中图分类号: Q14

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2006)12-0013-08

桡足类是海洋生态系统中最重要次级生产者,一方面上行控制着海洋鱼类的生产,另一方面下行控制着浮游植物的数量^[1]。作为r-选择生态对策的物种,桡足类无节幼体(N1期~CI期)的数量和存活率将最终决定整个种群的结构和补充率^[2]。大量的实验结果表明:饵料是决定无节幼体能否顺利发育到桡足幼体以及成体的最重要的因子^[3]。但是近10a的许多研究显示:作为桡足类最主要食物来源的硅藻会对桡足类的生长和繁殖产生一定的抑制作用^[4~7]。宁修仁等^[8]的研究则表明即使在淡水生态系统中也同样存在类似的现象。目前,硅藻对桡足类种群增长的抑制作用研究主要集中在产卵和孵化过程,而对桡足类无节幼体的发育的影响则研究较少。因此,研究硅藻对桡足类无节幼体发育的影响对于了解硅藻在桡足类整个生长、发育过程中的作用是十分必要的。

除了饵料种类外,食物的粒径大小也是决定桡足类无节幼体,尤其是发育的早期阶段能否生存的关键问题^[9]。但以往的一些研究中往往将无节幼体阶段看作一个整体^[10~12],对于无节幼体阶段不同发育期是否在粒径选择上有所差异则鲜有报道。

中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)和双刺纺锤水蚤(*Acartia bifilosa*)分别是胶州湾海域中、小型桡足类中最具代表性的物种之一。其中,中华哲水蚤广泛分

布于中国和日本沿海,其种群动力学研究是中国GLOBEC计划(Global Ocean Ecosystem Dynamics)的核心内容之一。而双刺纺锤水蚤是一种分布相当广泛的近岸小型桡足类,从欧洲的波罗的海、北海、英吉利海峡以及俄罗斯东海岸的Kyeoggi湾都有发现^[13],但目前对于双刺纺锤水蚤无节幼体发育与饵料之间的关系还知之甚少。为此,作者在受控条件下通过室内实验研究了粒径不同的4种微藻及混合饵料对桡足类无节幼体发育的影响,以期了解不同类型和不同粒径的食物在桡足类无节幼体发育中的作用。

1 材料与方法

1.1 藻类培养

实验选用2种硅藻:三角褐指藻(*Phaeodactylum tricornutum*)、中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*),

收稿日期:2005-10-12;修回日期:2006-08-02

基金项目:国家自然科学基金计划资助项目(40576070);国家973计划资助项目(2002CB412406);中国水产科学研究院渔业环境和养殖生态重点开放实验室开放课题(K-03-05)
作者简介:李捷(1972-),男,甘肃天水人,副教授,博士,主要从事海洋生态和环境生物学研究, E-mail: jli@qingdaonews.com

并以两种绿藻:亚心形扁藻(*Platymonas subordiformis*)、微绿球藻(*Nannochloropsis oculata*)作为对照食物。藻类培养温控 15 ± 0.5 , 光周期为 $D:L=12h:12h$, 培养液为 $f/2$ 培养液。每日使用 Coulter Counter (Multisizer 3 型, $50 \mu m$ 微孔小管; 量程 $2 \sim 30 \mu m$) 检测藻类培养浓度并用新鲜的 $f/2$ 培养基更新培养液, 以保持藻类维持在指数期末期以制备桡足类培养饵料。藻类特征参数见表 1。

表 1 实验用浮游植物特征参数

Tab. 1 Characteristics of phytoplankton species used in experiment

藻种	粒径 (μm)	体积 (μm^3)	细胞密度 (个/mL)
三角褐指藻	4.4	39.3	1.5×10^5
中肋骨条藻	8.1	282	3.5×10^4
微绿球藻	3.1	19	2.6×10^5
亚心型扁藻	10.8	664	2.0×10^4

注:碳质量浓度为 $1.0 mg/L$

1.2 桡足类雌体获取

本实验所用中华哲水蚤和双刺纺锤水蚤是 2005 年 4 月 3 日于青岛汇泉湾海域 ($36^{\circ}06'N$; $120^{\circ}19'E$) 通过垂直拖网(浅水型浮游生物网:网目 $500 \mu m$) 获得。取样后,将底管内的浮游动物样品置于 2 个盛有过滤海水的 30 L 塑料水箱内,并在 1 h 内迅速转移至实验室内。抵达后立即在解剖镜下分别挑选健康、成熟的中华哲水蚤和双刺纺锤水蚤雌体,挑选工作在捕获后 4 h 内完成。

1.3 中华哲水蚤无节幼体的培养

将挑选后的成熟雌体放入 14 个自制的 400 mL 产卵瓶内(底部具有开关的圆锥形塑料瓶),距底部 5 cm 处粘有一层 $220 \mu m$ 的筛绢,可防止雌体摄食已产的卵。每瓶 25~30 只雌体。15 h 后,打开产卵瓶底部开关收集卵,分别放入 14 个盛有 GF/F 过滤海水 200 mL 的烧杯中,24 h 后,在解剖镜下挑选健康、活泼的 N1 期无节幼体。按每杯 30 只,分处理随机放入 21 个 200 mL 烧杯中。

实验设 6 个食物处理,4 个单种藻(三角褐指藻,中肋骨条藻,亚心形扁藻和微绿球藻),两个混和食物

处理:(1) 硅藻混和处理(D-mix)由两种硅藻三角褐指藻和中肋骨条藻按 $1:1 (mg/L)$ 组成;(2) 绿藻-硅藻混和处理(DG-mix)由上述 4 种单胞藻按 $1:1:1:1 (mg/L)$ 组成。另设一个对照,为 GF/F 过滤海水。每个处理设 3 个平行样。在 15.5 ± 0.5 温控条件下进行孵化和无节幼体培养实验。每日用 GF/F 过滤后的海水将收获的藻液稀释至碳质量浓度 $1.0 mg/L$ 用以制备培养用饵料。

1.4 双刺纺锤水蚤无节幼体的培养

将挑选后的成熟雌体放入 21 个 100 mL 烧杯内,每杯内 25~30 只,15 h 后挑出雌体。24 h 后,在解剖镜下挑选健康、活泼的 N1 期无节幼体。按每杯 30 只,分处理随机放入 21 个 100 mL 烧杯中。实验处理及实验条件同 1.3。

1.5 存活率、发育期测定

每日在解剖镜下检查无节幼体的存活数并鉴定发育期。将死亡个体检出后,活体移入加有新鲜饵料的烧杯中继续培养。本实验对发育期的判断是依据“50%”原则^[14]。即对于发育期 S_t , 当前一发育期 S_{t-1} 期 50% 的个体发育至 S_t 时,把该时间作为 S_t 起始时间;相似的,当 S_t 期 50% 的个体发育为下一生长期 S_{t+1} 时,则该时间为 S_t 期终止时间。因此,各发育期生长时间 = 终止时间 - 起始时间。实验时间持续至桡足幼体 C1 期终止时间或某处理所有无节幼体全部死亡。

2 结果

2.1 中华哲水蚤无节幼体存活及发育

2.1.1 无节幼体存活

各处理在 17 d 的实验期内,无节幼体存活率有很显著的差异。除微绿球藻与三角褐指藻以外,各处理均能完成无节幼体的发育进入桡足幼体阶段(图 1,发育期 1~6 为无节幼体 $N_1 \sim N_6$ 期;7~8 为桡足幼体 $C_1 \sim C_8$ 期)。而在对照中无节幼体在 6 d 后全部死亡则反映了在饥饿条件下的存活情况。从最终存活率和全实验期平均死亡率来看,亚心型扁藻是所有饵料中效果最好的,而微绿球藻和三角褐指藻效果最差。

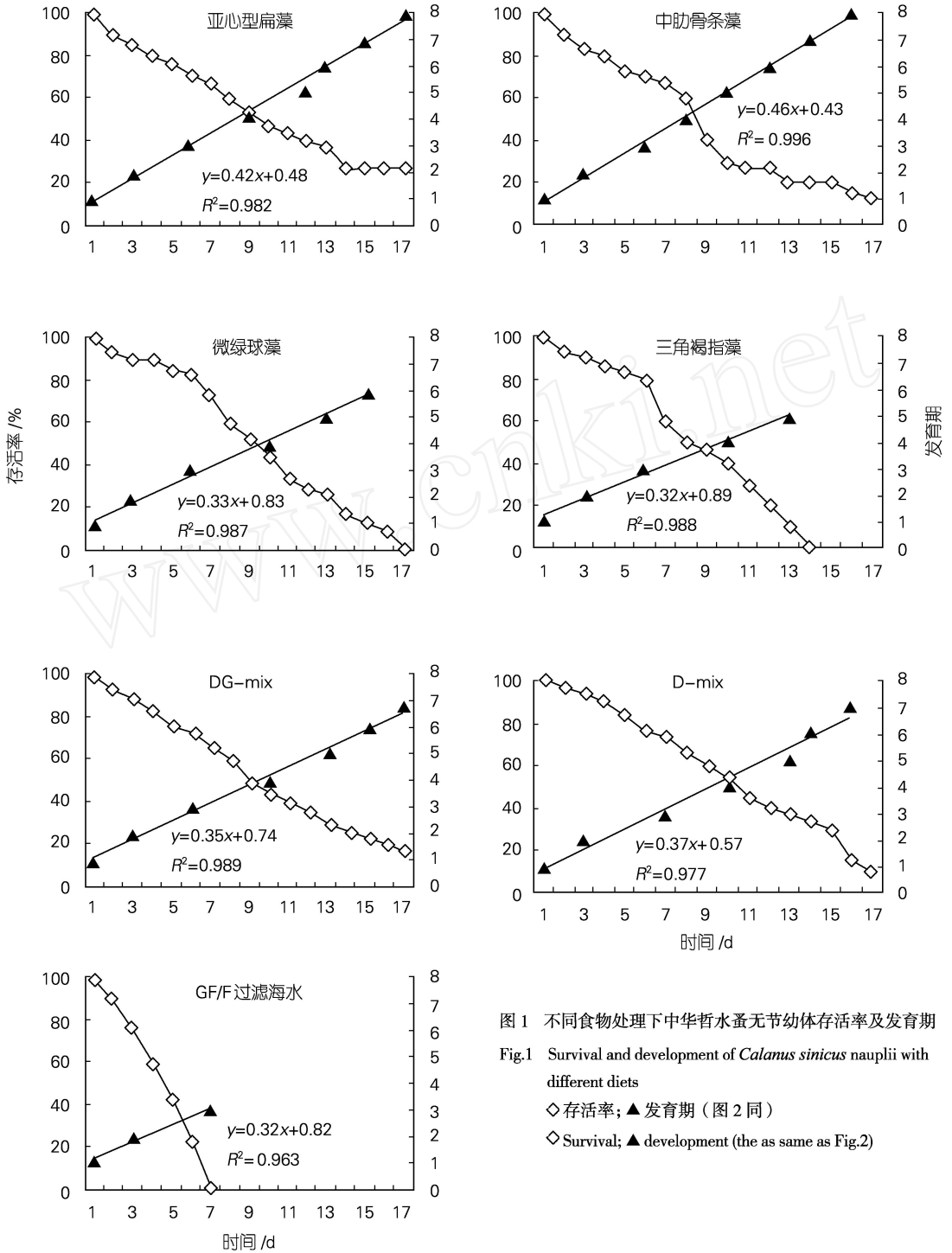


图1 不同食物处理下中华哲水蚤无节幼体存活率及发育期

Fig.1 Survival and development of *Calanus sinicus* nauplii with different diets

◇ 存活率; ▲ 发育期 (图2同)

◇ Survival; ▲ development (the as same as Fig.2)

表 2 不同食物条件下中华哲水蚤无节幼体不同时期日平均死亡率

Tab. 2 The daily mortality of different development stages of *Calanus sinicus* under different food treatments

食物处理	日平均死亡率(%/ d)			
	N 期	N ~ N 期	N ~ C 期	全实验期
亚心型扁藻	6.1	8.7	11.5	7.6
微绿球藻	2.9	20.3	48.9	19.0
DG mix	5.9	11.2	14.9	10.7
中肋骨条藻	6.1	12.9	7.7	11.4
三角褐指藻	3.7	30.5	-	22.5
D-mix	5.4	12.2	22.2	12.4

桡足类在发育过程中有 3 个敏感期,这 3 个敏感期主要集中在无节幼体阶段。分别是卵~无节幼体 N 期;开始摄食的 N ~ N 期;无节幼体向桡足幼体转变的 N ~ CI 期^[15]。从 NI 期至开口摄食期,无节幼体的存活主要受环境因子尤其是温度的影响^[3,9]。由于本实验各处理在环境因子上保持一致,因此从图 1 中可知,各处理在开口摄食期前存活率无显著差异。分析表 2 可知,各处理在不同发育阶段日死亡率有很大差异。对比亚心型扁藻和微绿球藻,中肋骨条藻和三角褐指藻可知,尽管整个发育期三角褐指藻和微绿球藻处理日死亡率最高,但在开口摄食的 N ~ N 期日死亡率最低(3.7, 2.9 %/ d),这表明在同种饵料中,粒径较小的三角褐指藻和微绿球藻是适宜的开口饵料。但随着发育进程的推移,无节幼体对饵料的选择发生变化,三角褐指藻和微绿球藻处理在 N 期后,日死亡率剧增,其中三角褐指藻中日死亡率高达 30.5 %/ d,并在 N 期全部死亡;而微绿球藻处理也在进入 C 期前全部死亡。与三角褐指藻和微绿球藻相比,N ~ N 期日死亡率最高的亚心型扁藻和中肋骨条藻处理在 N 期后日死亡率却相对较低,并且都发育至 CII 期。这说明粒径较大的亚心型扁藻和中肋骨条藻不是开口期而是无节幼体中后期发育的理想饵料。D-mix 和 DG mix 在各发育期的日死亡率都处于所有处理的中等水平并且也都完成无节幼体的发育,也从另一角度反映出中华哲水蚤无节幼体在不同发育阶段对饵料的需求是不同的。对比绿藻与硅藻食物可知在粒径相近处理中,硅藻食物处理(三角褐指藻、中肋骨条藻、D-mix)的平均日死亡率要高于非硅藻食物处理(微绿球藻、亚心型扁藻)和 DG mix。

2.1.2 无节幼体发育

图 1 中直线方程斜率可表示无节幼体发育率(发育期/d)^[16]。从图 1 可知,各处理不仅在存活率而且

在发育率上也有显著差异,其变化范围在 0.32 ~ 0.46 发育期/d。各处理在 N 期之前,发育速度保持一致,但在 N 期之后发育速度产生明显差异,这表明摄食不同的饵料导致了发育率的差异。无节幼体摄食粒径较大的亚心型扁藻和中肋骨条藻后发育较快,而摄食粒径较小的三角褐指藻和微绿球藻后则发育较慢。对照中由于没有摄食,发育进程在进入 N 期时就已停止。与日死亡率结果相似,混合饵料处理 D-mix 和 DG mix 中发育率也是处于中等水平。

2.2 双刺纺锤水蚤无节幼体存活及发育

2.2.1 无节幼体存活

在 15 d 的实验期内,微绿球藻与三角褐指藻处理中,双刺纺锤水蚤无节幼体最终存活率为 0,其平均日死亡率高达 18.4 %/ d 和 23.8 %/ d,而其余处理中桡足幼体均能发育至 C 期(图 2,发育期 1~6 为无节幼体 N ~ N 期;7~8 为桡足幼体 C ~ C 期)。分析各处理在不同发育期的死亡情况可知,三角褐指藻和微绿球藻对双刺纺锤水蚤来说也是理想的开口饵料,但在无节幼体发育后期,尤其是 N ~ C 期日死亡率急剧上升;与之相反的是,亚心型扁藻和中肋骨条藻处理中,在开口期日死亡率虽然较高,但在发育后期却可以保证较高的日存活率(表 3)。与中华哲水蚤无节幼体存活相似的是,硅藻食物处理的平均日死亡率要高于相应的非硅藻食物处理。但与之不同的是,同样摄食亚心型扁藻和微绿球藻后,双刺纺锤水蚤无节幼体在发育中期(N ~ N 期)的日死亡率比同期的中华哲水蚤无节幼体日死亡率要低,并且能保证更长的发育期(微绿球藻处理中发育至 C 期,三角褐指藻处理发育至 N 期)。

2.2.2 无节幼体发育

在同样的饵料和温度条件下,双刺纺锤水蚤的生长明显要快于中华哲水蚤(图 2)。各处理发育速率变化范围在 0.36 ~ 0.52 发育期/d。其中亚心型扁藻

和中肋骨条藻处理发育较快 (> 0.5 发育期/d), 微绿球藻和三角褐指藻处理发育较慢 (< 0.45 发育期/d), 混

合食物处理发育速度则介于二者之间 (0.45 ~ 0.5 发育期/d)。

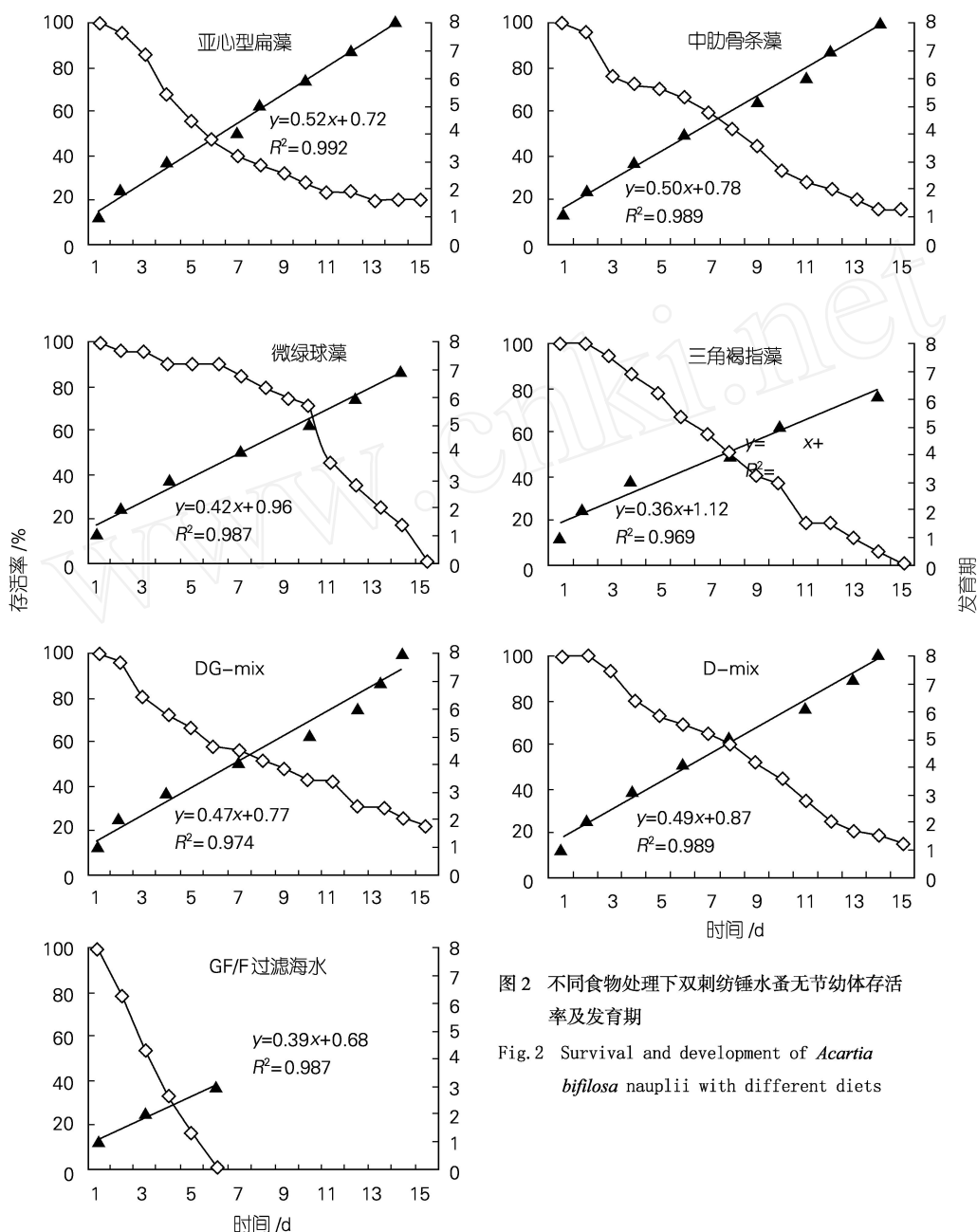


图2 不同食物处理下双刺纺锤水蚤无节幼体存活率及发育期

Fig. 2 Survival and development of *Acartia biflosa* nauplii with different diets

3 结论与讨论

3.1 食物粒径与无节幼体的存活和发育

不论对于中华哲水蚤还是双刺纺锤水蚤, 4个

单种饵料中粒径较大的亚心型扁藻和中肋骨条藻都能保证全实验期无节幼体有较高的存活率和发育率。这与以往一些桡足类无节幼体的培养研究的结果相似^[10,12]。但在这些研究中有两点一直被忽视:(1)一

种饵料在无节幼体不同发育时期的作用。从本次实验的结果中可以看出,虽然粒径大的食物能够保证无节幼体最终获得较高的存活率和发育率,但在开口摄食期却是粒径较小的食物效果更佳。(2) 桡足类体型大小与摄食对象粒径的关系。从本次实验结果看,同样摄食微绿球藻和三角褐指藻后,中华哲水蚤和双刺纺锤水蚤无节幼体 N ~ N 期有很大差异,双刺纺锤水蚤无节幼体的日存活率要高于中华哲水蚤幼体,并且能维持更长的发育期。从粒径的角度来讲,小型桡足类(体长为 1 mm 左右,如双刺纺锤

水蚤)无节幼体和成体都比中华哲水蚤等中大型桡足类小了一个数量级(按体积计),理论上摄食的饵料也应当相应地小一个数量级,那么,体长不同的幼体在饵料粒径的选择上很可能出现差别。对于中大型桡足类无节幼体在某些发育时期已小于有效摄食粒径的食物,可能依然是小型桡足类无节幼体适宜的饵料。因此,从粒径角度来判断一种微藻是否是桡足类无节幼体的理想饵料,必需兼顾其在不同发育期的作用和该种桡足类自身的特点。

表 3 不同食物条件下双刺纺锤水蚤无节幼体不同时期日平均死亡率

Tab.3 The mortality of different development stages of *Acartia bifilosa* nauplii under different food treatments

食物处理	日平均死亡率(%/ d)			
	N ~ N 期	N ~ N 期	N ~ CI 期	全实验期
亚心形扁藻	15.2	13.7	8.9	10.6
微绿球藻	3.4	10.3	32.3	18.4
DG mix	13.3	10.0	6.2	10.1
中肋骨条藻	12.6	12.4	11.7	12.3
三角褐指藻	7.2	21.8	100	23.8
D-mix	10.5	13.2	22.1	12.4

3.2 硅藻及混合食物对无节幼体的存活和发育的影响

Carotenuto 等^[17]对柱形宽水蚤 (*Temora stylifera*) 无节幼体发育的研究结果表明:只有在对照微小原甲藻 (*Prorocentrum minimum*), 球等鞭金藻 (*Isorchrysis galbana*), 海洋尖尾藻 (*Oxyrhis marina*) 为食物的处理中,无节幼体才能从 N1 期发育到成体。而在硅藻(三角褐指藻,中肋骨条藻)处理中,所有个体都在无节幼体和桡足幼体前期死亡。而本次实验中,对比粒径相近的食物处理(三角褐指藻-微绿球藻;中肋骨条藻-亚心型扁藻;(D-mix)-(DG mix))后,发现,双刺纺锤水蚤和中华哲水蚤无节幼体日存活率在硅藻食物处理中都低于相应的非硅藻食物。这说明硅藻对于桡足类无节幼体发育并非理想饵料,而且这不是由于与其它食物相比硅藻的粒径不适于摄食所造成。关于硅藻对桡足类无节幼体发育的抑制机制,Carotenuto^[17]认为这是由于硅藻会产生有害的次级代谢产物。近来的研究表明:这种抑制性物质可能是一些 C₄ ~ C₁₀ 的不饱和醛类^[6,7]。

而在混合食物处理 D-mix 和 DG mix 中,日死亡率则总是更接近饵料中最好的一种或几种。这表明混合食物条件下,某种单种微藻的有害影响会得到

削弱。其可能的原因在于(1)混合食物可以避免由于单种饵料粒径不处于桡足类有效摄食范围所导致的日死亡率增高。(2)单种硅藻释放的有害次级代谢产物(不饱和醛类)在同浓度的混合食物条件下会因“稀释作用”而减弱^[18]。同时,这种“稀释作用”也会使混合饵料中较好的饵料作用有所下降,因此混合食物处理的存活和发育总是要低于其中最好的一种饵料处理。在自然条件下,桡足类摄食过程中不可能只有单种硅藻种群,因此,在单种硅藻对桡足类无节幼体发育的有害作用在正常的自然条件下是可以被忽略的^[19]。但硅藻水华发生时,由于其往往是由占绝对优势度的一二种硅藻组成,因而硅藻对桡足类生长、繁殖的抑制作用就十分明显^[4,5]。

3.3 无节幼体存活与发育的关系

Huntley^[15]的研究表明,在不同饵料条件下,太平洋哲水蚤无节幼体存活和发育之间存在显著的正相关,发育越快存活率越高。图 3 显示在 15.5 条件下双刺纺锤水蚤和中华哲水蚤的存活和发育之间也存在这种现象。其可能的原因在于桡足类作为 r-选择的生物,种群死亡率在个体发育的早期最高,在发育后期则相对稳定。因此快速渡过死亡率较高的时期,有利于提高种群的最终存活率。

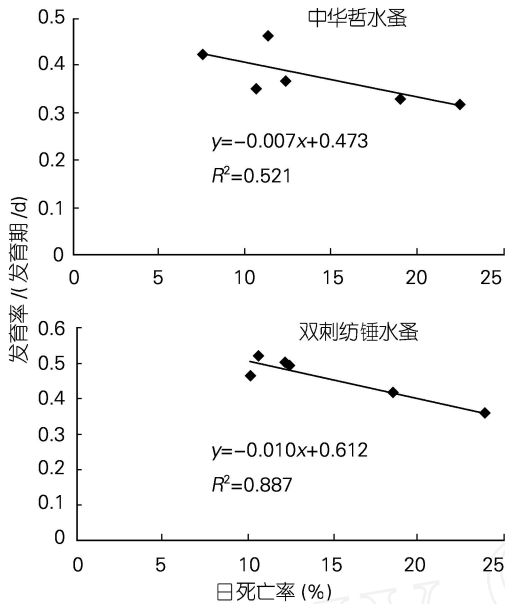


图3 桡足类发育率与平均日死亡率相关性分析

Fig.3 Correlation between mean mortality and development rate of copepod nauplii

3.4 结论

本实验结果表明:桡足类无节幼体发育速度越快则种群日死亡率越低。在无节幼体发育不同的时期对饵料粒径有不同的要求;而体型大小不同的桡足类在无节幼体发育的相同时期对饵料粒径的选择也是不同的。硅藻不是桡足类无节幼体发育的理想饵料,但单种硅藻的负面影响可通过对混合食物(包括其它类型食物和其它硅藻)的摄食得到有效减弱。

致谢:李京芳、蔡婷婷等5位同学每日大量的基础工作是顺利完成这个工作量巨大的实验所必不可少的。在此谨致谢忱。

参考文献:

[1] Runge J A. Should we expect a relationship between primary production and fisheries? The role of copepod dynamics as a filter of trophic variability [J]. *Hydrobiologia*, 1988, 167/ 168: 61-71.

[2] Corkett C, McLaren I. Relationships between development rate of eggs and older stages of copepods [J]. *J Mar Biol Ass UK*, 1970, 50: 161-168.

[3] Fernandez F. Nutrition studies in the nauplius larvae of *Calanus pacificus* (Copepoda: Calanoidea) [J]. *Mar Biol*, 1979, 53: 131-147.

[4] 李捷, 李超伦. 高浓度硅藻对桡足类繁殖的抑制作用 [J]. *生态学报*, 2004, 24(11): 2 664-2 670.

[5] Li J, Sun S, Li C, *et al.* Effects of single and mixed

diatom diets on the reproduction of copepod *Calanus sinicus* [J]. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 2006, 34 (1): 117-125.

[6] d'Ipollito G, Romano G, Iadicco O, *et al.* New-birth control aldehydes from the marine diatom *Skeletonema costatum*: characterization and biogenesis [J]. *Tetrahedron Letters*, 2002, 43: 6 133-6 136.

[7] Ceballos S, Ianora A. Different diatoms induce contrasting effects on the reproductive success of the copepod *Temora stylifera* [J]. *J Exp Mar Biol Ecol*, 2003, 294:189-202.

[8] 宁修仁, 阮积惠, 史军贤, 等. 西湖硅藻对桡足类浮游动物繁殖的影响[J]. *东海海洋*, 1998, 16: 25-30.

[9] Marshall S M, Orr A P. On the biology of *Calanus finmarchicus*: Feeding and digesting in the young stages [J]. *J Mar Biol Assoc U K*, 1956, 35: 587-603.

[10] Harris R P, Irigoien X, Head R N, *et al.* Feeding, growth, and reproduction in the genus *Calanus* [J]. *ICES J Mar Sci*, 2000, 57: 1708-1726.

[11] Dam H G, Peterson W T. In situ feeding behavior of the copepod *Temora longicornis*: effects of seasonal changes in chlorophyll size fractions and female size [J]. *Mar Ecol Prog Ser*, 1991, 71:113-123.

[12] Berggreen U, Hansen B, Kløboe T. Food size spectra ingestion and growth of the copepod *Acartia tonsa* during development: implications for determination of copepod production [J]. *Mar Biol*, 1988, 99:341-352.

[13] Katajisto T. Effects of anoxia and hypoxia on the dormancy and survival of subitaneous eggs of *Acartia biflorosa* (Copepoda: Calanoidea) [J]. *Mar Biol*, 2004, 145 (4): 751-757.

[14] Uye S. Temperature-dependent development and growth of *Calanus sinicus* (Copepoda: Calanoidea) in the laboratory [J]. *Hydrobiologia*, 1988, 167/ 168:285-293.

[15] Omori M, Ikeda T. Methods in marine zooplankton ecology [M]. New York: John Wiley & Sons, 1984.

[16] Huntley M E, Cimmiello P, Lopez M D. Importance of food quality in determining development and survival of *Calanus pacificus* (Copepoda: Calanoidea) [J]. *Mar Biol*, 1987, 95:103 - 113.

[17] Carotenuto Y, Ianora A, Buttino I, *et al.* Is postembryonic development in the copepod *Temora stylifera* negatively affected by diatom diets? [J]. *J exp Mar Biol Ecol*, 2002, 276:49-66.

[18] Turner J T, Ianora A, Miralto A. Decoupling of copepod grazing rates, fecundity and egg-hatching suc-

cess on mixed and alternating diatom and dinoflagellate diets [J]. *J Mar Ecol Prog Ser*, 2001, 220:187-199.

pod hatching success in marine ecosystems with high diatom concentrations [J]. *Nature*, 2002, 419:387-389.

[19] Irigoien X, Harris R P, Vergeye H M, *et al.* Cope-

The effects of different diets on the survival and development of copepod nauplii

LI Jie^{1,2,3}, SUN Song¹, LI Chao-lun¹, PU Xin-ming³, ZHANG Zhan¹

(1. Key Laboratory of Marine Ecology and Environmental Science, Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Qingdao Technological University, Qingdao 266033, China; 3. Key Laboratory of Science and Engineering of Marine Ecological Environment, First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Qingdao 266061, China)

Received: Oct. 12, 2005

Key words: *Calanus sinicus*; *Acartia bifilosa*; diatoms; survival rate; development rate

Abstract: Under laboratory conditions, the influences of different diets on the survival and development of *Acartia bifilosa* and *Calanus sinicus* were investigated. The results showed that there is a positive relation between the survival of copepod nauplii and its development rate. Among all single species diets, the smaller particle size species (*N. oculata* and *P. tricornutum*) could support higher survival at first feeding duration, so did larger particle size species (*P. subordiformis* and *S. costatum*) during later development stage. In the same development duration, the ideal particle size scale of micro-copepod *A. bifilosa* was different from meso-copepod *C. sinicus*. The negative effects of single diet could be diminished efficiently by ingesting mixed food.

(本文编辑:刘珊珊)