

单胞藻培养中一敌害纤毛虫——具沟急游虫的生态习性及其形态学初探*

类彦立 徐奎栋 宋微波

(青岛海洋大学国家教委水产养殖开放实验室, 青岛 266003)

摘要 对采自青岛一养鲍池中的单胞藻天敌——具沟急游虫(隶属纤毛门, 寡毛目)的摄食和生态习性, 对盐度、pH值的忍受限, 与海生残沟虫、细菌及小球藻的关系做了初步探讨。研究同时还对其活体形态学及纤毛图式进行了观察和揭示, 探讨了其分类地位, 清理了迄今有关该种鉴定的混乱并对其同物异名进行了合并。

关键词 具沟急游虫, 海洋纤毛虫, 海生残沟虫, 生态习性, 形态学

寡毛类纤毛虫在养殖水环境微生物食物环的物质循环和能量流动中起着显著作用^[10]。它们作为养殖水体重要饵料来源和能量枢纽——从细菌到较高等生物的食物通路, 经常以优势种的形式存在。本研究所涉之具沟急游虫(*Strombidium sulcatum* Claparède & Lachmann)及与之相关的海生残沟虫(*Oxyrrhis marina* Dujardin)均属单胞藻类饵料培养中的主要敌害生物, 由其造成的污染和危害常造成饵料培养的失败。因此, 对其生物学, 尤其是生态习性和种类鉴定的深入了解对于水产养殖业和水域生态学研究都是十分必要的。

材 料 和 方 法

(一) 形态学部分

标本采于青岛郊区一养鲍池(1995年5月)。工作方法及描述名词详见文献^[1,2]。图文使用下列缩写词: BAM, 口区小膜; CAM, 领区小膜; Ex, 射出体; G, 环带; GK, 赤道体动基列; L, 壳室; Ma, 大核; Mem, 小膜; Mi, 小核; PK, 赤道后体动基列; PM, 口侧膜。

(二) 生态学实验

1. 为获取具沟急游虫(下简称急游虫)和海生残沟虫(下简称残沟虫)的种间关系, 将其分成若干单独培养组(各20个虫体)和混合培养组(每种各放10个虫体)放入2.5ml的消毒海水

收稿日期: 1995-12-13。

* 国家杰出青年基金课题, 项目编号 39425002。感谢本校俞开康教授帮助采样和潘克厚老师给予许多有价值的建议。

培养液中,一次性投喂细菌(使其密度达到 2.9×10^6 个/毫升)或小球藻(密度达 3.8×10^5 个/毫升),在 12.5°C , 8W 日光灯的培养箱中培养,设平行组。对照组虫体置于不投饵的消毒海水中。实验起始盐度:31, pH:8.8; 终末盐度:35, pH:8.3。

2. 当每个单独培养组的种群崩溃后,立即将 50 个急游虫及残沟虫分别投入该水体(2.2ml),同时一次性投入细菌(使密度达 5.6×10^5 个/毫升),每天观察记录种群存活情况,以测试崩溃水体对生物的毒性作用。

3. 在室温 $22^\circ\text{C} - 27^\circ\text{C}$, 自然光照并以米粒繁殖细菌为饵料,分别采用缓慢自然蒸发(盐度每天约增加 0.9)和逐渐滴加淡水(盐度每天降低约 0.8)的方法,获取急游虫对盐度的耐受限度。设盐度为 31 的对照组。

4. 在室温 $22^\circ\text{C} - 27^\circ\text{C}$, 自然光照并以米粒繁殖细菌为饵料,以盐酸和氢氧化钠调节水体的酸碱度,得到具沟急游虫对 pH 的耐受范围。设 pH 值为 8.3 的对照组。

5. 在盐度 31, pH 8.3, 温度约 25°C 的恒温箱中,以米粒繁殖细菌为饵料,将急游虫按不同密度培养(分别为 1、3、5、10、20、30 个/毫升),8 小时后计数。通过公式, $N = N_0 \cdot 2^n$ (N_0 : 投放虫体数量, n : 繁殖代数, N : 最终虫体数量),以获得其无性繁殖的世代时间。设平行组。

结果和讨论

(一)具沟急游虫的形态学

有关本种的形态学国外虽已有不少报道^[5-8,10],但国内尚未有描述。为国内同行鉴定起见,结合本观察结果,现将其主要形态特征补充简述如下(图 1)。

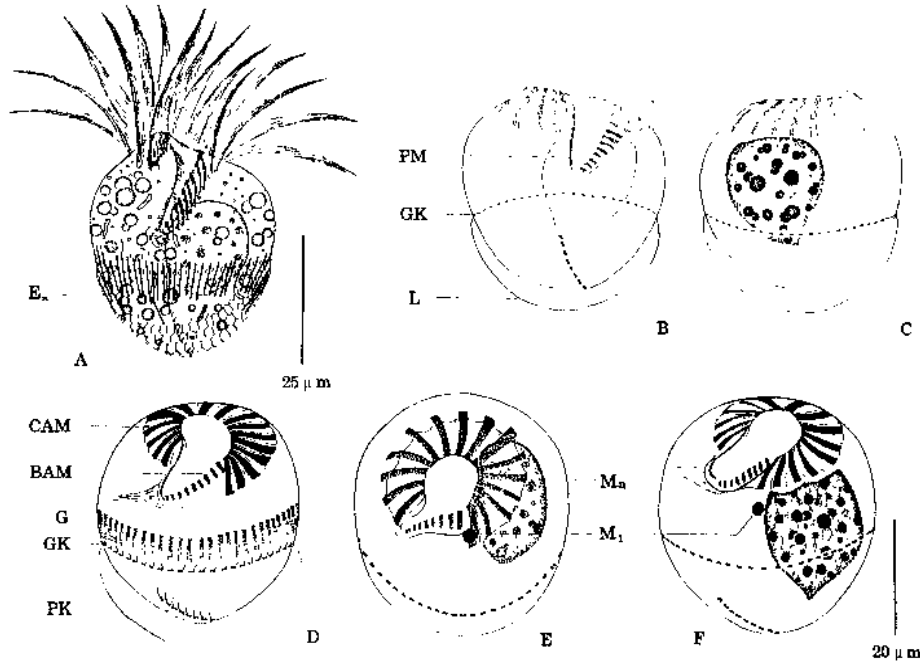


图 1 具沟急游虫的形态学

Fig.1 Morphology of *Strombidium sulcatum*

A. 活体腹面观; B-F. 示染色个体的纤毛图式(B, D, F. 腹面观; C. 背面观; E. 示口器, 顶面观)

A. Ventral view in vivo; B-F. Infraciliature (B, D, F. Ventral view; C. Dorsal view; E. Showing oral apparatus, top view)

虫体近椭圆形,围口小膜(Mem,长约 25μ)围绕突起的领部,游动时向前辐射状展开(图1 A)。活体可见大量杆状(长约 20μ)射出体(Ex)规律地环绕于赤道区,并向虫体尾部汇聚状“插入”。虫体表膜薄,体后部为一层近六角形龟裂纹的壳层(L)。虫体较透明,内质充满内储颗粒和吞噬的细菌。食物泡不常见,存在时多内含小球藻等生物。虫体后方常可见一个直径约 10μ 的空泡,但未见伸缩。大核(Ma)恒为1枚,椭圆形(长约 $15-23\mu$),位于虫体左中部。球形小核(Mi)直径约为 $2-3\mu$,紧挨在大核中上方(图1 E, F)。

染色标本体长为 $36-44\mu$ 。体宽 $32-41\mu$ 。领区小膜(CAM, 14-16片)和口区小膜(BAM, 7-9片)每片均由三列毛基粒组成,其中口区小膜陷于口沟内,其右侧为单列的口侧膜(PM)。由于染色后壳层与胞体收缩程度不同,故常与内质脱离(图1 B-D)。赤道体动基列(GK, 46-54对毛基粒)为双动基系,其上生有短的纤毛,与之呈“T”形排列的赤道后动基列(Pk, 7-12对毛基粒)也为双动基系。纤毛环上方的环带(G)为射出体露出表膜的端头(图1 D)。

急游虫属(*Strombidium*)的主要分类依据是虫体外形(即有无领部突起,射出体的有无及壳层结构等)、领区小膜及口区小膜数量、赤道体动基列和赤道后动基列的结构和排列特征等^[7]。自Claparède & Lachmann建立该属并首次描述具沟急游虫以来,对采自不同生境的种群之形态描述已有多次。据本作者的意见,本种至少包括一个同物异名即倾斜急游虫(*S. inclinatum* Montagnes, 1990),二者在主要形态特征及统计数据上均无显著差异。Montagnes以倾斜急游虫染色标本领部略倾斜且不见突起而将其与具沟急游虫分开。但作者在制片中发现,具沟急游虫活体可见的突起一经染色便大部分难以发现,而且从其倾斜急游虫的活体照片中亦可清楚看到虫体的领部突起,故二者应归为一种。

由于标本的生境、食物条件和固定染色方法等的不同,常可造成不同种群间的形态差异。作者在对急游虫耐盐阈值实验中发现,在低盐环境中虫体变得膨大,后部钝圆,有时出现2-3个直径达 $15-18\mu$ 的空泡;而高盐环境中的虫体后部则变得较尖细,个体变小,甚至可缩至正常个体的1/2左右,且镜检时空泡不出现,内质变得较透明。由此可见,环境条件变化确可造成个体形态的外观改变。

(二)生态学

1. 摄食习性

在食物充足时,投喂小球藻的单独培养水体中急游虫和残沟虫密度增长最快,投喂细菌的水体次之;而对照组(不投饵)因受食物因子限制而增长最慢(见图2)。由图4可见,投喂细菌的两组较投喂小球藻的存活期长,急游虫分别存活114天,75天,残沟虫分别为142天,104天,而对照组则分别为57天,136天,且投喂小球藻的残沟虫均较投喂细菌及对照组虫体存活期短(分别相差38天,32天)。一个合理的解释为小球藻虽然较细菌更适于两种生物生长,但据研究报道它可产生一种称为小球藻素的“抗生素”^[3],能抑制原生动物的后期增长繁殖,从而导致二者较早消亡。另一方面,本实验也表明残沟虫均较同步实验的急游虫存活期长,即具有更强的环境耐受力,这也可以说明为何残沟虫常常在养殖水体中发展为优势类群,甚至形成局部性赤潮。

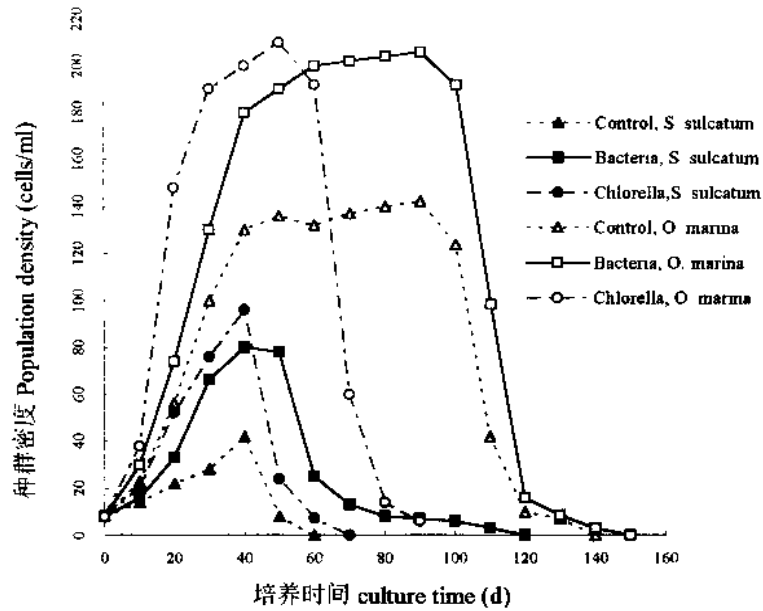


图2 不同食物条件下急游虫和残沟虫单独培养时的密度变化曲线

Fig.2 Density curves of *S. sulcatum* and *O. marina* under single cultivation of different food conditions

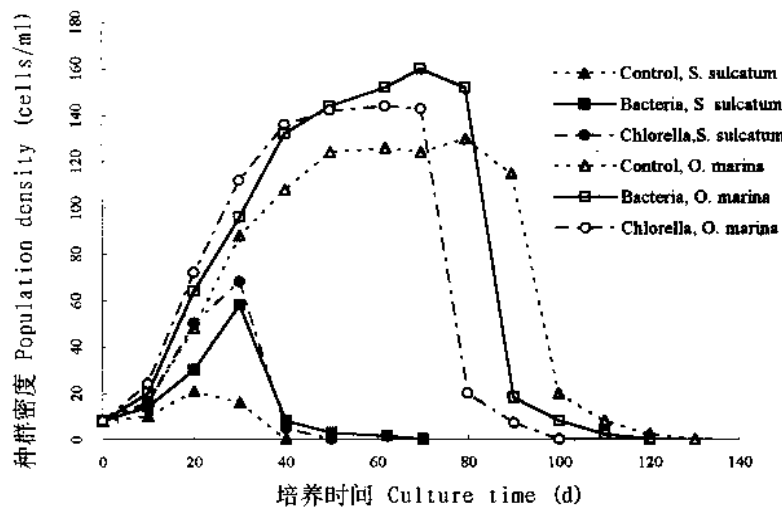


图3 不同食物条件下急游虫和残沟虫混合培养时的密度变化曲线

Fig.3 Density curves of *S. sulcatum* and *O. marina* under mixed cultivation of different food conditions

混合培养时,两种生物在最初食物充足的小球藻培养液中密度增长均很快,投细菌的次之,对照组最慢(见图3)。两种生物间的竞争在不同的条件下表现出不同的形式^[4]:a,初期饵料充足,两者间表现为相互抑制,急游虫始终不能形成优势种而最终在残沟虫的竞争抑制

下较早消亡,同时残沟虫也因急游虫的存在而较单独培养的存活时间短。b,后期饵料缺乏,两种虫体数量剧减,并出现了生存空间的分离,残沟虫主要集中在水体表层,而急游虫只在底层活动,结果仍是急游虫先消亡。由图 5 可见,对照组的急游虫在混合培养中受食物限制和残沟虫的抑制仅存活 37 天,此后残沟虫因失去竞争抑制得以较长时间存活,达到 125 天的最长时间。混养中投小球藻的急游虫因残沟虫的存在而难以形成优势种,随着时间的推移,由于食物因子限制及残沟虫的抑制,导致急游虫较投细菌的混合组中的先消亡。残沟虫

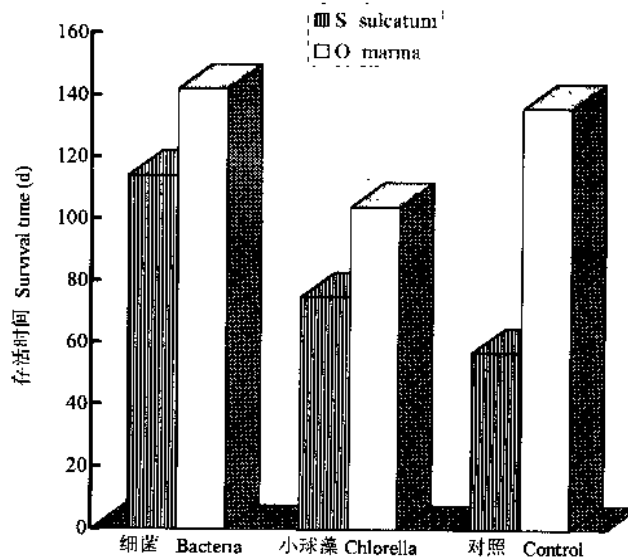


图 4 不同食物条件下急游虫和残沟虫单独培养时的存活时间

Fig. 4 Survival time of *S. sulcatum* and *O. marina* under single cultivation of different food conditions

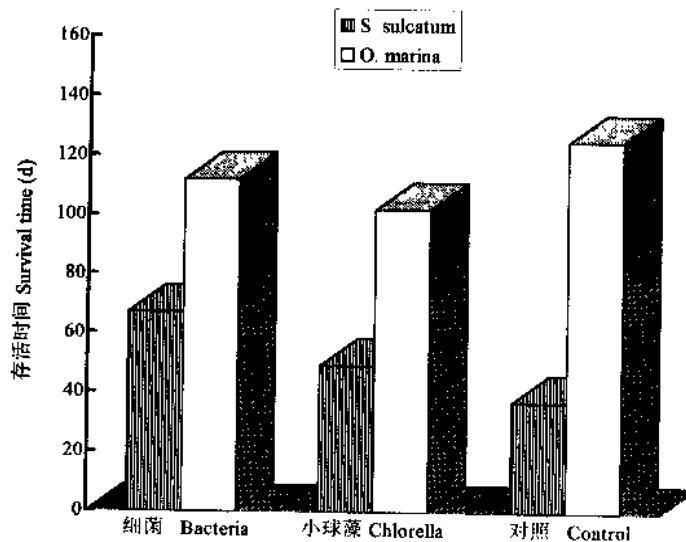


图 5 不同食物条件下急游虫和残沟虫混合培养时的存活时间

Fig. 5 Survival time of *S. sulcatum* and *O. marina* under mixed cultivation of different food conditions

在投小球藻的单独及混合培养组中的存活时间接近,说明在提供“适当”饵料时,急游虫对其存活影响不显著。三种食物条件下混合培养的两种生物的竞争结果是急游虫首先被排挤掉,而后是残沟虫因恶劣的食物和水质条件而相继崩溃。

2. 崩溃水体的毒性实验

当把残沟虫和急游虫分别投入已崩溃的急游虫单独培养液时,两种生物都有少量个体很快死亡,而存活下来的个体仍可逐渐发展成一定密度的种群,但种群存活时间明显缩短(见图6)。这说明急游虫的代谢产物以及水质条件的恶化对生物的生长繁殖产生了影响,这尤其是在原投喂小球藻的培养液中更甚,急游虫在此仅存活了15天,表明小球藻素起了决定性作用。

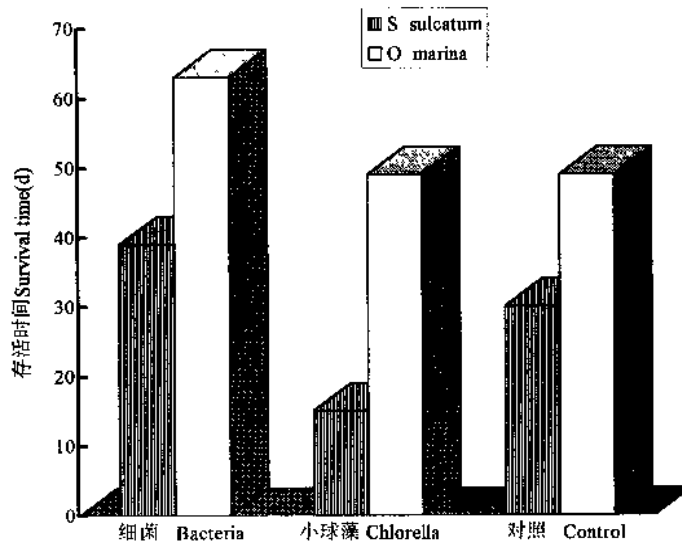


图6 急游虫和残沟虫在培养急游虫的崩溃水体中的存活时间

Fig.6 Survival time of *S. sulcatum* and *O. marina* in collapsed cultural water of *S. sulcatum*

当把急游虫和残沟虫分别投入已崩溃的残沟虫单独培养液时,两种生物绝大部分个体立即死亡,仅有极少数个体尚可存活数天。由图7可见两种生物的存活时间已显著缩短,其中在原投喂小球藻的培养液中的急游虫仅存活3天,表明崩溃的原残沟虫培养液中的毒性物质累积相当大,水质已严重败坏。可见,因残沟虫产生的大量代谢产物及死亡个体的分解产物,可对其他生物产生严重危害,这是其作为一种危害较重的赤潮生物的原因。对比各组实验结果发现,原水体饵料为细菌的几组生物存活时间最长(图5中对照组除外),可能是细菌作为饵料来源,其有限的资源量(较小球藻而言)限制了两种生物的繁殖速度,使后者不至于形成暴发之势,从而推迟了终极时刻的到来。

3. 盐度耐受范围

实验中发现,急游虫在盐度从31渐降为13时仍有少量个体存活,当盐度降至8时种群经18hr后全部消亡,而对照组个体生长旺盛。采用自然蒸发获得,急游虫在盐度为50时仍可进行正常的生长繁殖,升至58时仍维系存活,在盐度约为64时种群消亡,对照组则依然保持着较高密度。可见,急游虫对盐度变化的耐受范围很广,在盐度约13-58的范围内仍

能存活,这也是急游虫在自然界分布广泛并成为世界性种的主要原因。但其在盐度过低或过高的环境中所发生的形态变化,往往给生态学和分类鉴定带来一定困难,因此涉及此类的工作应考虑到相应的生境特征。

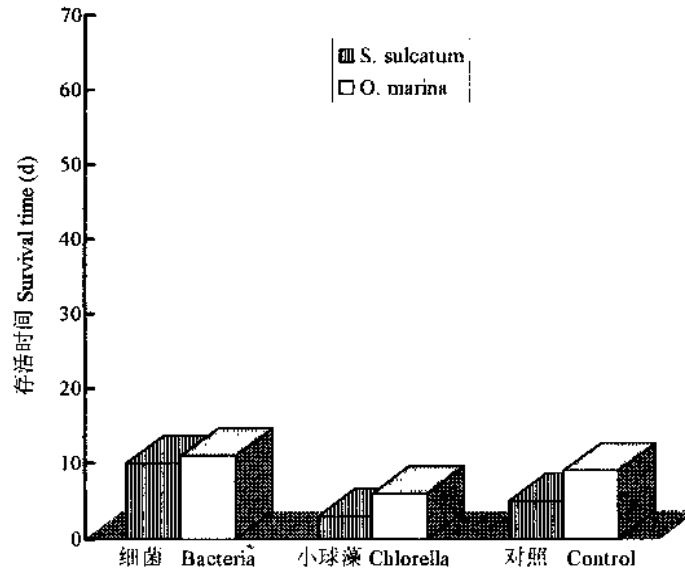


图7 急游虫和残沟虫在培养残沟虫的崩溃水体中的存活时间

Fig.7 Survival time of *S. sulcatum* and *O. marina* in collapsed cultural water of *O. marina*

4. 对 pH 值的忍受限

本实验结果,急游虫在 pH 值 6.3-9.8 的变化范围内能够生存,低于 5.8 或高于 10.0 时,种群存活不超过 24 hr。实验发现,急游虫在 pH 值从 8.3 逐渐(改变 0.2/次·天)升至 9.8 时,仍可长期存活。当 pH 值从 8.3 直接降至 7.0 时,开始虫体活动异常,但很快恢复正常并维持生存。pH 值从 7.0 渐降(改变 0.1/次·天)至 6.3 时虫体仍可存活,此后随着 pH 值降低变得更为敏感并逐渐死亡。此结果表明,急游虫对碱性环境较酸性环境适应性强,在酸性环境中的适应幅度较小,这也是酸性水域中原生动物区系贫乏的主要原因。

5. 世代时间实验

具沟急游虫在 25℃ 时的无性繁殖平均世代时间约为 5.7 hr。由图 8 可见,密度为 1 个/ml 的实验组世代时间最短,为 5.05 hr,其他几组时间较长,且呈现出较大的一致性。实验还发现,在其他因子相同的条件下,急游虫在 18℃ 时经 6.5 hr 后计数,结果未见增长,而在 30℃ 左右时,其世代时间仅为 2 hr。可见,温度在急游虫的无性繁殖中作为主要的生态因子可对其世代时间产生显著性影响,直接加速或延缓其个体发生。

小 结

1. 具沟急游虫和海生残沟虫单独培养时发现,后者在三种食物条件下(分别投喂细菌,小球藻及不投饵的对照组)均较前者存活期长。两种生物初期在投小球藻的培养液中增长最快,

但较投喂细菌组存活期短,且因小球藻素的抑制作用,残沟虫较同培养的其他两组消亡早。

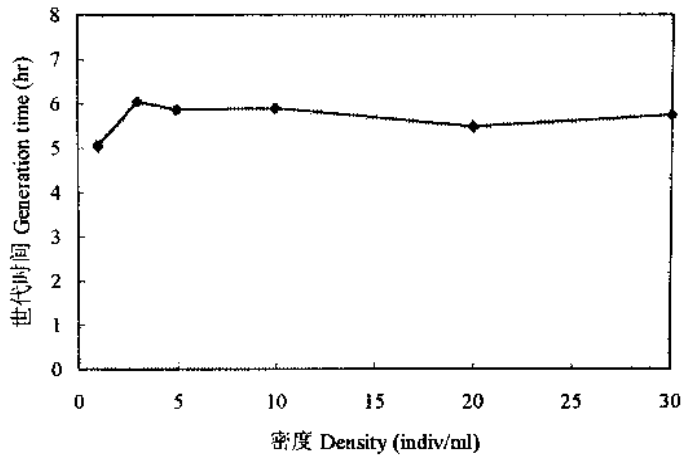


图8 不同密度下的具沟急游虫无性生殖世代时间

Fig.8 Generation time of *S. sulcatum* in different densities during asexual reproduction

2. 混合培养时,两种生物初期的密度增长与单独培养相近,但最终存活时间均较单独培养短,二者存在相互竞争抑制。
3. 将两种虫体分别投入原培养急游虫的崩溃水体时,二者均有少量个体很快死亡,而存活下来的依然可维持生存,但存活期明显缩短。
4. 将两种虫体分别投入原培养残沟虫的崩溃水体时,绝大部分个体立即死亡,仅有少数个体尚可存活几天,存活期显著缩短。
5. 实验发现急游虫的盐度阈值约为8-64,适宜范围13-58。而pH适宜范围为6.3-9.8,低于5.8或高于10.0时,种群存活不超过24 hr。
6. 25℃时,急游虫的无性繁殖世代时间约为5.7 hr,实验证实温度对其世代时间有显著影响。

参 考 文 献

- [1] 宋微波、徐奎栋,1994。纤毛虫原生动动物形态学研究的常用方法。海洋科学,6:6-8。
- [2] 宋微波等,1994。南极海胆体内的共栖纤毛虫原生动动物。南极研究(中文版),6:53-61。
- [3] 湛江水产专科学校主编,1987。海洋饵料生物培养,88-89。农业出版社。
- [4] 李博,1990。普通生态学,85-93。内蒙古大学出版社。
- [5] Faure-Fremiet, E. & Ganier, M. - Cl., 1970. Structure fine du *Strombidium sulcatum* CL. et L. (Ciliata, Oligotrichida). Protistologica, 6:207-223.
- [6] Kahl, A., 1932. Urtiere oder Protozoa I Wimpertiere oder Ciliata (Infusoria. 3. Spirotricha. In: Dahl, F. (ed.), Die Tierwelt Deutschlands und der Angrenzenden Meeressteile. Gustav Fischer, Jena, 25: 399-650.

- [7] Lynn, D.H., *et al.*, 1988. Taxonomic descriptions of some conspicuous species of the family Strombidiidae (Ciliophora: Oligotrichida), from the isles of shoals, gulf of maine. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 68: 259 - 276.
- [8] Maeda, M. & Carey, P.G., 1985. An illustrated guide to the species of the family Strombidiidae (Oligotrichida, Ciliophora), free swimming protozoa common in the aquatic environment. *Bull. Ocean Res. Inst., Univ. Tokyo*, 19:68pp.
- [9] Martin, A.J. & Montagnes, D.J.S., 1993. Winter ciliates in a British Columbian Fjord; six new species and an analysis of ciliate putative prey. *J. Euk. Microbiol.*, 40:535 - 548.
- [10] Montagnes, D. J. S., *et al.*, 1990. *Strombidium inclinatum* n. sp. a reassessment of *Strombidium sulcatum* Claparède and Lachmann (Ciliophora). *J. Protozool.*, 37: 318 - 323.

ECOLOGICAL AND MORPHOLOGICAL STUDIES ON *STROMBIDIUM SULCATUM*, A HARMFUL CILIATE DURING ALGAE CULTIVATION

Lei Yanli Xu Kuidong Song Weibo

(Open Laboratory on Aquaculture, Ocean University of Qingdao, 266003)

ABSTRACT Ecological and morphological studies on the harmful ciliate, *Strombidium sulcatum* Claparède & Lachmann, 1858 (Ciliophora, Oligotrichida) were carried out with respect to the relationship to the flagellate *Oxyrrhis marina* under different food and ecological conditions, and the tolerance to the salinity and the pH. The results revealed that *O. marina* could survive longer than *S. sulcatum* when feeding on bacteria or *Chlorella* sp., but the latter survived longer when feeding on bacteria rather than *Chlorella*. The tolerance of the ciliate to salinity was between 13 and 58, and pH between 6.3 and 9.8. The generation time of *S. sulcatum* during asexual reproduction was about 5.7 hours at the temperature of 25°C. Additionally, the morphology and taxonomic position of the ciliate and its synonym are presented and discussed in this paper.

KEYWORDS *Strombidium sulcatum*, Marine ciliate, *Oxyrrhis marina*, Ecology, Morphology