

遍现象,但深海热液活动区的共生体却潜在着特别重要的意义。

更有意义的推测认为深海热液活动区可能是地球上生命的发源地,因为在此区域得到非生物结构的有机化合物。另一方面,在高温、高压下地热产生的有机化合物有助于兼性的化能自养菌和异养菌进入这一地区。关于热液活动区有机化合物的浓度数据是用一个专用海底取样器取样分析后得到的,但要区别生物溶解的有机化合物中哪一些是由细菌化学合成的有一定的困难,除非用碳同位素标记法来解决。在热液活动区发现还有一些重要的无机物也引起科学家们的关注,如在热液活动区发现了无机物焦磷酸,它是某些硫酸盐还原细菌的能源。而在深海热液活动区发现在高温下生长的硫酸盐还原细菌,同位素示踪法显示硫酸盐的还原作用可在 100°C 以上进行,最适温度是 $103\sim 106^{\circ}\text{C}$ 。这一发现把原先科学家认为深海底质中硫酸盐还原菌的最高适应温度 $85\sim 95^{\circ}\text{C}$ 提高 20°C 。另外得到这种嗜热细菌对于 100°C 以上的硫元素的生物地质化学过程有着潜在的重要性。

早期就发现有一种独特的微生物“古细菌”在热液活动区存在,这种细菌与甲烷菌、嗜酸菌、嗜热菌和

热泉中分离得到一热嗜酸菌,它们的生理生化特点与古细菌有相似之处,它们可以生长在 $\text{pH}4.5\sim 5.5$ 环境中,温度在 $85\sim 95^{\circ}\text{C}$ 的条件下,还可还原硫为 H_2S 。但因它们的碳源是有机物,所以它们的代谢类型是化能异养型。

热液活动区的微生物还有下列特殊性,研究发现从深海热液活动区分离得到的大多数好氧、厌氧、兼性或专性能自养细菌有相似的代谢形式。这并不奇怪,因为深海条件并不能破坏那些不断来自于海洋表层的微生物。而那些来自深海或浅海水中的微生物对高压有一定的承受力。另一方面化能自养细菌生命力很强,对深海的高压有一定的适应能力。某些异养细菌也有这一特点,所以深海异养细菌在某些小环境中有很高的密度。例如,底栖无脊椎动物消化道中和海底温度只有 2°C 的海水中也可以分离到异养细菌。另外在深海高压低温的环境中也可分离到具有嗜热特点的细菌。当然高压是深海热液活动区的一个共同特点。但深海热液活动区的微生物的特殊性仍是科学家研究的焦点,也是许多对热液活动区研究的科研计划的重点。

声波与水生生物

SOUND WAVE AND AQUATIC ORGANISM

王清池 周时强 李文权

(厦门大学海洋系 361005)

随着 21 世纪的来临,交叉学科的兴起与发展已成为科技发展的鲜明趋势,尤其是与生物学相关的交叉学科的发展更是显示出广阔的前景^[1]。近年来,声波对水生生物影响与作用的研究已引起国内外生物界和声学界的重视和兴趣。本文介绍国内外一些学者研究声波对水生生物的影响与作用及其应用的若干成果。

1 声波对水生生物的影响与作用

1.1 超声波对鱼卵孵化的影响

水生生物的特性阻抗(密度与声速的乘积)与水的特性阻抗相接近,因此,超声波对生物体活组织具

有相当强的穿透力。生物体活组织能够吸收透入到它内部的超声波高频振动能量而产生出各种生物效应。谢瑞生、章之蓉(1992)指出,一定频率(1 MHz, 2 MHz),与强度(声功率为 2.7 W)的超声波对金鱼(*Carassius auratus*)和大鳞副泥鳅(*Paramisgurnus dabryanus*)受精卵孵化具有良好的刺激作用,超声波可以促进受精卵的发育,使胚体提前出膜,时间集中,并且仔鱼初期饲养成活率高,可以提高较低水温下的大鳞副泥鳅受精卵的孵化率(达 50%)。

1.2 超声波对水生生物生长的影响

收稿日期: 1997-12-24

超声波辐照水生生物,刺激了水生生物的某些神经组织,导致整个机体的机能改善,从而促进个体的发育,在直径为 1.5 m 的圆形水槽中,用频率为 23 kHz,辐照面强度为 5~6 W/cm²,槽中心为 1.0~1.5 W/cm² 的超声波辐照俄国鲟 (*Adpenser guldenstadti*) 和欧洲鳊 (*Huso huso*) 的幼鱼,每隔 1 d 辐照 1 次,每次辐照 3~5 min,25 d 后进行仔鱼体重检查,俄国鲟仔鱼的平均体重为 736 mg,为对照组的 176%。欧洲鳊仔鱼平均体重为 816 mg,为对照组的 116% [2]。

1.3 超声波对海洋藻类生长的影响

在海洋单胞藻营养成分中,多不饱和脂肪酸 (PUFA) 是重要的生物活性物质,除了利用海藻多不饱和脂肪酸生产高级营养保健品和抗心血管药物外,生产鱼虾饲料添加剂是具有开发潜力和有高经济效益前景的海洋蓝色产业之一。然而,不同单胞藻多不饱和脂肪酸的成分与含量差异较大,而且与环境条件和生物的不同生长期有关。在确定藻类最佳生长期的基础上,如何通过改变培养条件来改变单胞藻多不饱和脂肪酸的成分和含量,是提高海藻饲料营养价值的重要研究课题。国外研究表明,只要超声波的能量和频率适当,则超声波的生物效应总是积极的。美国学者 S. R. Tilar 等人发现超声波可以加速蓝、绿藻细胞的生长,使细胞密度增加 30%~40%,蛋白质可以增加 2~3 倍,且未导致细胞形态上的任何变化。国内学者也利用超声波对亚心形扁藻 (*Platymonas subcordiformis*) 进行短期处理,在实验室条件下,得到比对照组高 30% 的细胞密度。厦门大学海洋系李文权教授等人承担的超声辐射法提高优质单胞藻多不饱和脂肪酸含量研究课题,确定海洋单胞藻生长繁殖的最佳超声辐射条件正在研究中。

1.4 超声波对单胞藻敌害的作用

随着水产养殖的发展,利用海洋藻类的营养成分生产海藻饲料作为人工养殖鱼虾饲料的添加剂是一种新的途径。然而,在饲料的培养过程中,敌害问题亟待解决,目前一般采用化学方法来对水质进行处理,然后用经过处理后的海水培养饲料,但使用化学方法对水质有不同程度的污染,对饲料的培养产生不良的后果。采用物理方法——超声波辐照处理海水可达到杀死敌害的效果,实验中用频率为 47.6 kHz 的超声波辐照培养液,当超声波作用 10 min 后,活体急游虫 (*Strombidium* sp.) 明显减少。当超声波作用 30 min 后,培养液中没有看到活体急游虫。超声波辐照可达到杀死敌害而又无损于有用的藻类,对于培养液不产生任何污染现象 [3]。因此,利用超声波杀伤饵料敌害是饵

料生产中一种新颖的方法,具有潜在的良好前景。

1.5 声波对真珠母贝生长的影响

据三章本真一 (1991) 报道,日本研制出一种能促进真珠母贝 (*Pinctada* sp.) 生长的超声波装置,该装置在不锈钢水槽中设有超声波发生器,频率为几十千赫,辐射出的超声波能刺激并促进真珠母贝的生长,提高真珠的质量,使真珠更加光泽明亮,并能杀死寄生虫,减少死亡率,缩短成珠的时间。

厦门大学曾于 1983 年 7 月采用次声波对华贵栉孔扇贝 (*Chlamys mobilis*) 进行辐照试验,获得可喜的结果,发现用次声波处理后,其存活率远较对照组高出 30%~40%。

1.6 次声波对缢蛏幼体生长、发育的影响

沈持衡教授等 (1985) 指出,利用次声波对缢蛏 (*Sinonovacula constricta*) 幼体进行刺激,由于次声波的作用,使水面做均匀的振动,幼体能与培养物和液体均匀接触,均匀地吸收养料,使个体能均匀地生长。实验表明,当幼体发育至有足面盘幼虫期时,用次声波作用,幼体的成活率达 86%,对照组为 6%;幼体进入变态稚贝期,在次声波的作用下,幼体的成活率为 61%,对照组为 16%。稚贝的成活率次声波组为对照组近 4 倍。因此,次声波辐照缢蛏幼体,对幼体所产生的生物效应是明显的,使缢蛏幼体的活力增强,成活率显著提高。

1.7 水声遥测海洋生物

许多海洋生物的活动规律是海洋生物工作者甚感兴趣的问题,然而又是长期没有解决的谜。在水声学发展后,许多问题就迎刃而解,只要在被跟踪的生物上安装一个小型的水声发射器,在船上再装一套接收装置就可以不断地跟踪生物,经过一段时间的跟踪,就能清楚地了解这种海洋生物的活动规律。这种水声发射器装置通常都装成很小的圆筒形,有发射换能器、发射电路和电池,有的还装有其他传感器,一般直径 10~20 mm,长度 40~200 mm,在水中的重量不过几克,频率 50~150 kHz,作用距离由几百米到几公里,工作时间可以从一天到几十天 [4]。

英国 Lowestoft 水产实验室 G. P. Arnold 等人,在北海南部,用扇形扫描声纳跟踪 24 只身上装有 300 kHz 声脉冲装置的鳕鱼 (*Gadus morhua*),跟踪 52 h,72 km,研究了北海南部普鳕与潮流有关的运动 [6]。

1.8 声波诱集、驱赶鱼群和声驯化

许多水生生物为了自身的生存,具有发声的行为。例如,为了探测追逐目标,探测水深、方向,寻找追

捕食物,许多水生生物要用自身的发音器官发射声波来判断探测目标的距离、方位、种类和大小;群游的水生生物在发现到食物和遇到敌害时要发送声音来进行通讯联络传递信息;不少水生生物为了寻求异性也要发出特殊的声音;有的水生生物在摄食时会发出咀嚼声和吞咽声^[7]。科学工作者通过对各种水生生物发声的频率、强度和它们对声音的反应行为特征,在渔业生产中,可采用人工模拟水生生物的声音来诱集、驱赶鱼群和声驯化。

1.9 超声波基因导入法

近年来,有人利用在强超声波作用下液体中产生空化的现象,利用声空化所产生的冲击波具有局部极大的破坏力来击破细胞外壳(膜)导入外源基因,而获得具有新性状的生物体。这种超声波基因导入法方法简单、处理量大、成功率高。中国科学院海洋研究所秦松博士等人于1992年1月~1994年4月,利用超声波处理方法制备钝顶螺旋藻(*Spirulina platensis*)部分原生质以作为基因工程受体并进行了制备单细胞用固体平板克隆化培养的研究^[5]。研究表明,超声波以20 kHz频率、15 W作用30 s,可使藻丝体断裂成 15.0 ± 1.6 个细胞长度;延长作用时间,至2~6个细胞长度时,细胞壁结构遭到破坏,形成部分原生质。超声波继续作用,可形成少量原生质,大量单细胞和断裂藻丝体。部分原生质,单细胞以及原生质体均可涂布于固体培养基上再生或生长。利用超声波作用击断藻丝体和破坏、去除细胞壁的生物效应有利于外源基因的导入。

路德明(1992)采用频率分别为46.6 kHz、48.2 kHz的超声波来破坏盐藻类。实验表明,在超声波辐照后的前10 min内盐藻破碎率最高。然后,每增加作用10 min,盐藻破碎率增加10%以上。随着超声波作用时间的增加,盐藻破碎率可达80%以上,这种方法为从盐藻中提取胡萝卜素探求了一种简便的新途径。

2 结束语

2.1 声水生生物学作为新的声学分支,研究声学在水生生物领域中的应用及水生生物在声波的影响

下产生相应的生物效应,为寻找对水生生物生长、繁殖、发育的有利条件示明了深远的意义和广阔的应用前景。

2.2 声波对水生生物具有较强的生物效应作用,生物机体对声波作用的反应是多方面的。因此,声波对水生生物的影响与作用的研究需要探讨的重要课题之一是研究在声波作用下,水生生物发生变异的机理。这是一个多学科交叉的研究问题。

2.3 声波透入到生物体组织产生各种效应,只要声波的能量、频率和作用时间是适当的,其效应所产生的结果将会是积极的。因此,在声波对水生生物的作用与影响的研究中,迫切需要一种功率、频率均可调的稳定可靠实用的超声波发生器。纵观目前国内生产的超声波发生器,其频率、输出阻抗是固定不变的,所配接的换能器固定于设备内部而不可随意移动,这种功率和频率的单一和不可调性不能满足不同频率、不同强度的声波对生物的影响和作用的研究,从而也难于寻找出声波对生物作用的最佳频率和强度,而且目前这些设备共同存在的问题是没有声学量的指示,特别是声功率或声强的指示,所以有不少发表的实验结果不能重复,不能相互比较,更难于推广使用。因此,合理设计一种频率、功率可调且具有声学参量的声波发生器是研究声波对生物影响急需解决的另一个重要课题。

参考文献

- 1 冯若等. 生物化学和生物物理进展, 1994, 21(6): 500-503
- 2 章之蓉、谢瑞生等. 水生生物与物理因子. 北京: 科学出版社, 1994. 110-112
- 3 路德明等. 应用声学, 1995, 14(1): 22-25
- 4 吴定华. 声与海洋. 北京: 海洋出版社, 1982. 171-173
- 5 秦松等. 海洋与湖沼, 1995, 26(1): 109-112
- 6 Arnold G. P., Walker M. G. et al. . *Ices Journal of Morice Science*, 1994, 51(2): 207-232
- 7 Popper A. N. . *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 1996, 27(1): 95-110