

## 增养殖生物种质资源的保护\*

## PROTECTION OF BROODER STOCK FOR PROLIFERATION OF AQUACULTURE ORGANISMS

王可玲

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

\* 20 世纪由于人口快速增长和人类经济活动的不断加剧,对生物资源无止境的索取、掠夺式的开发利用,导致全球性的资源衰竭和环境恶化,生物多样性也遭到了严重的破坏。全世界每天灭绝的动植物物种高达 160 种!这一趋势如果得不到控制,今后 25 a 将有  $15 \times 10^5$  种生物告别人类。联合国环境规划署在“1991 年世界环境报告”中预测 1990~2000 年间,世界生物种类的 5%~15% 将消灭,每年可能失去 15 000~50 000 个物种。据最近报道,世界物种估计有  $1 \times 10^7 \sim 8 \times 10^7$  种(以前估计为  $50 \times 10^5 \sim 30 \times 10^6$  种),已经定名的仅  $14 \times 10^5 \sim 17 \times 10^5$  种<sup>[5]</sup>。因之,自然界中很多物种未被发现或定名即已灭绝。与物种多样性丧失的同时,生物遗传多样性也在急剧地丧失。大自然中许多基因无法再现,物种正在以空前的速度消亡。生态系统和人类生存的基础正在被逐渐地瓦解。生物多样性,尤其是遗传多样性的保护已迫在眉睫。

海洋水产资源是有生命的资源,它本身具有更新和再生的能力。如果在适宜的环境中和人类能够合理地利用与保护,便可以保持生物资源的生态平衡并不断地再生、繁衍,供人类持久地开发利用。鱼、虾、贝、藻都是可再生的海洋生物资源,是人类可持续利用的巨大的食物宝库。但近 30 a 来,破坏性的渔业生产,大量的工业污水以及沿海部分海区增养殖业过饱和地发展,虾、贝、鱼养殖的废水不经处理随处排放,使生物赖以生存的环境进一步恶化,生态平衡遭到破坏,生态系统的功能,大面积地在退化。与此同时,人类自身也尝到了许多苦头,受到了惩罚(大面积的减产、绝产)。

上述种种大多是在人类的生产和生活中可以见到的现象,因而也较容易引起人们的注意和反思。然而与这些现象同时发生的生物遗传多样性的丧失和它们对增养殖生物种质资源的危害与影响,却仍在被

人们所忽视。并且当前正在推行的某些增养殖举措中尚存在与增养殖业的根本利益、与种质资源保护有抵触甚至背道而驰的现象。

人类为了生存必须增强对生物多样性和种质资源保护的认知和理解,尽快地走出误区,改变过去掠夺式的生产经营方式,为生物资源的持续利用创造条件。本文简单介绍一些有关资料旨在帮助人们增强对种质资源保护的认知与理解,呼吁有关单位把种质资源问题提到议事日程并采取有效措施加以保护。

## 1 生物多样性与种质资源

生物多样性是指一个区域内所有生物及其参与的生态过程;这里的生物可以是任何有生命特性的实体,包括基因、细胞、群落、种群、物种、生态系统乃至景观<sup>[1]</sup>。其中研究较多的还是基因、物种和生态系统。因而生物多样性可分为遗传多样性、物种多样性和生态系统的多样性。也有人认为,生物多样性的含义为各种生命形式的资源及所有生物种间、种内遗传变异和生存环境的总和以及它们所拥有的基因和它们与环境所组成的生态系统。生物多样性的研究是生物资源的永续利用和环境保护的核心内容。遗传多样性的丧失将产生种质的同质化,生产性状衰退如抗病力差、繁殖力下降等不良后果。高水平的种群内和种群间的遗传变异是物种适应多变的环境条件、维持生存和进化的遗传基础,从而使物种能够在环境压力下维持群落和生态系统的相对稳定。遗传多样性也是在不同水平上表达的。每一个物种都具有其特有的基因库,每一个物种由不同的种群组成,它们之间也有明显的遗传差异。而种群内的任何两个个体(除无融合

\* 国家攀登计划 B 资助项目(PDB6-5-2);  
中国科学院海洋研究所调查研究报告第 3365 号。  
收稿日期:1998-01-19

生殖和卵生双胞胎外),也没有完全相同的基因组。因之,遗传多样性的基本内容即种内水平的遗传多样性——种群内和种群间的遗传差异。这些就是生物多样性的最基础和最重要的部分,也是评价种质资源的主要依据。换言之,保护生物多样性的核心就是保护种质资源,其中最重要的内容即是保护种质资源的遗传多样性,保存群体的基因种类和保存其特有的基因组合体系,让物种具有丰富的遗传变异。

关于种质资源的保护在国际上也只是在80年代以来才引起了人类的重视。1980年1月在瑞典斯得哥尔摩召开了“天然鱼类种群遗传保护——鱼类基因库的国际会议”;同年6月在意大利召开了鱼类遗传保护咨询会议。1988年美国设立了全球遗传资源管理委员会着手进行水生和陆生动物的遗传保护工作。近几年,生物多样性的问题已引起了国际社会的极大关注。1992年“生物多样性公约”被联合国环发大会批准。“公约”的目标规定为“保护和可持续地利用生物多样性及其组成部分,公平分享利用遗传资源带来的惠益”。我国已批准加入了该项公约并与1992年底成立了5人的工作组。1994年国际上又提出了“2000年系统学议程”。该议程有三大任务,即发现生物多样性、了解生物多样性及管理系统的知识,目的仍是为了持续利用生物的多样性。1995年由6个国际组织——国际科联,国际生物科学联合会、环境科学委员会、联合国教科文组织、国际地圈——生物圈计划和国际微生物学联合会推出了 **Diversitas** 计划新方案。该计划几乎涉及了全球主要的生物及环境科学方面的计划,并首次提出了生物多样性学科。1996年又进行了修改并提出了项目实施计划。现在国际上和各大国都成立了相应的机构,开展了大量的研究,建立种质库、基因库等并出版了大量学术刊物。在我国,生物多样性研究及其相关的各项工作也取得了一些进展。如“中国生物多样性保护行动计划”的发布,一系列学术活动的展开等。中国科学院成立了生物多样性委员会,出版了生物多样性杂志。我国也组织了一些基础研究,如淡水鱼类的“长江、珠江、黑龙江鲢、鳙、草鱼种质资源研究”,国家攀登计划开展了“海水增养殖生物优良种质与抗病力的基础研究”等等。

## 2 影响遗传变异的主要因子

近20 a来,进化生物学的最重要的发现之一即是查明了多种生物的群体中有很高水平的遗传异质性,从而贮存了大量的遗传变异,为生物对环境变化的适

应性和进化提供了物质基础<sup>[2,3,6,8-10]</sup>。自从1859年达尔文提出进化论之后的100多年来,人类是在物种的水平上进行的研究。20世纪初显微镜的发明,促进了染色体和细胞遗传学的研究,使生物多样性的研究深入到种下和种内的细胞水平。但染色体作为众多基因的大包装,人们看不到它内部的每个基因变化的细节;对染色体形态和数目都相同的同一种群的不同个体,就失去了分辨能力。20世纪50年代以来,分子生物学的发展,特别是同工酶和DNA技术的开发应用,则有可能把生物多样性的研究深入到个体间的分子水平,从而揭示出种群内和种群间丰富的遗传变异,进而探讨了它们与环境和自然与人为的干扰对生物的生长、繁殖等的影响。丧失遗传变异的主要影响是增大了同质性,降低适应力,失去加性遗传方差以及增多有害的隐性基因等等。所以保存群体的遗传变异即保护群体的遗传性能。影响群体遗传变异的原因是多方面的,主要因子有4个<sup>[4,7,11-17]</sup>。

### 2.1 瓶颈或建立者效应

“瓶颈”是指群体数量大量减少的现象。由于瓶颈的发生,一个较大的基因库只剩下少数个体,总变异因而大大减少。经过瓶颈的群体虽然以后可能在数量上能够得到恢复,但遗传变异将大大减少,在很大程度上改变了群体中的等位基因频率,尤其是会丧失一些稀有的等位基因。经过一次瓶颈后数量性状保留比例大体是  $1 - \frac{1}{2N_e}$  (式中  $N_e$  为存留尾数)。若保留2尾鱼约可保留75%,留存10尾鱼约可保留95%。瓶颈效应将导致特殊的等位基因丧失。尽管这些等位基因在群体内的频率并不高,但对整个基因库却是重要的。如果这种损失重复多次,后果更为严重。Cross等比较了大西洋鲑野生种群和人工繁殖5代的群体同工酶的差异。发现人工繁殖种群平均杂合度由0.24降至0.18~0.21,等位基因数由2.00降至1.67~1.83。

### 2.2 遗传漂变

亦称随机遗传漂变,指在小型群体中基因频率出现的随机涨落对于一个过小的群体要保持恒定的遗传组成是困难的。当鱼类的小群体同原群体离开时,它往往不具备该物种或原种群所有的基因类型。经过几个世代之后,这一游离的小群体可能变得与众不同。遗传漂变可认为是一种延长的瓶颈。群体越小,漂变时间越长,损失的变异也越多。一个10尾鱼的群体,10代保留的遗传变异为60%,而含100尾的鱼群体,10代后保存的变异是95%。

### 2.3 近交衰退

动植物因近亲繁殖出现的生活力、适应性减退的现象称为近交衰退。近亲间,尤其是兄妹间交配的危害性更为严重。近交会增加群体中纯合子的频率使某些有害的隐性基因由于纯合而表现出来。它主要表现在生长速度、繁殖能力与适应能力的降低。近交数每增加10%,将损失某一繁殖特性(如产卵量)的5%~10%。大体上5~6尾亲鱼随机交配的第一代和25尾亲鱼随机交配的第5代,可使养殖性能降低8%左右。

### 2.4 杂交和渐渗

杂交系指群体间个体的交配。两个遗传组成不同的个体之间交配产生了杂种后代。杂交的结果使得基因从一个基因库带到另一个基因库中。物种内的基因由于杂交及回交而与另一物种的基因库相融合称为遗传渐渗。它可分成同地渐渗(由渐渗性所产生的各种新旧基因共存)及异地渐渗(由渐渗性所产生的新基因型与原有旧基因型存在于不同的群体中)。这就使得原来遗传差异较大的两个群体在遗传组成上变得越来越相似,这本身即为遗传多样性的丧失。养殖生物的优良品种或品系,无论是原有的、引进的还是新培养出来的,一旦因杂交而丧失了它们原有的基因配套,就很难恢复。因而保存原始的优良种群或地方种群是保护生物种质资源的重要措施之一。

## 3 环境恶化与人为干扰对种质资源的影响

过度捕捞和环境剧变(含环境污染)等等自然或人为的干扰都能形成由于瓶颈效应等造成的遗传变异丧失和大量个体的死亡,导致了群体大幅度缩小,因而使群体遗传结构中的等位基因频率发生了改变或是丢失了稀有的等位基因。海洋由于水体大环境相对稳定。但环境的污染特别是工业产生的有害废水和养殖废水对环境的污染,范围大毒性强,已构成了对海洋生物种质资源的严重威胁。经过瓶颈而存活的个体伴随着随机的遗传漂变而使其遗传多样性进一步降低,群体越小,效果越显著。同时,瓶颈效应的另一个后果是在小群体内发生近交,从而进一步加剧了遗传变异的丧失,严重地影响群体的生化遗传结构,自然群体很可能会因此而绝灭<sup>[10,18-20]</sup>。美国亚利桑那的一个浮鲱鱼的群体,检测了25个位点,无一多态,即 $H = 0.0\%$ ,而且无论在自然条件或是人工培养条件

下都表现为最差的生长性状。Sugama报道在人工繁殖真鲷时尽管亲鱼数为130尾,但后代却丧失了40%的多态位点,12.2%的等位基因数及18%的杂合度。亲鱼数量多少与繁育群体的有效大小是两个不同的概念。有效群体的大小受性比、后代的配子分布以及群体的数量变动等影响很大,上述130尾的真鲷测定其有效群体不超过16尾。我国海鱼人工繁殖中这类问题普遍存在,使用亲鱼数为20~30尾者甚至仅使用几尾亲鱼者到处可见。我国东方鲀的育苗,由于亲鱼(特别是雌鱼)数量不多,难于收集,因之在人工育苗时多数情况下仅有几尾雌鱼进行人工授精。我国海湾扇贝由于移殖亲本数量少(26个),近亲多代繁殖的后果使个体变小,适应性差,扇贝柱越来越小,产量下降,病害多等不良后果,现在不得不采取“复壮”措施。近几年国内出现了一股“引进”热,动物、植物都在引进新品种。鱼类方面近几年海洋和淡水鱼类也引进了不少品种。引进亲本的数量不够多。我国南方普遍养殖的革胡子鲶是1981年从埃及引进11尾鱼繁殖起来的。我国海洋鱼类引进的美国的红鱼和英国的大菱鲆等引进数量亦不够多。某些种类引进后受客观条件的影响或管理没有跟上去等等原因,最终用于繁殖的亲鱼仅几尾或十几尾。显然瓶颈效应、近交和遗传渐渗等不良影响将随之而来。当前解决这些问题尚存在困难,有的单位已认识到问题的严重性正在努力争取采取必要补救措施;但目前仍有相当多的单位仍熟视无睹听之任之,后果令人担忧。

捕捞过度等可通过选择作用产生另一类型的基因频率的变化,并造成稀有基因的丧失。现在许多种鱼类在体重很小时就达到性成熟,淡水鱼如鲤鱼和罗非鱼等,海水鱼类如带鱼、大、小黄鱼等。它们在达到渔业规格之前就停止了生长而转为性腺的发育,反映在遗传结构上是这些有利于性腺早熟的基因在选择作用下得以固定,以有效地保护后代的生存和种群的延续。一种罗非鱼(*Tilapia nilotica*),1960年时22cm体长的雌鱼达到性成熟的比例不到10%,而在1971~1972年时,此体长的雌鱼已100%的成熟(1960年时28cm体长才能达到这一成熟的比例)。这时被淘汰的是对人类有利的基因型,它将减少对人类的利用价值。这种现象在我国的多种经济鱼类中重演过。伴随着资源衰减和捕捞个体变小,其种质资源的状况日渐恶化。表1列举了中国真鲷的3个群体与日本群体的比较<sup>[3]</sup>。

表1 中国真鲷与日本真鲷种质资源状况比较

种群	中国			日本
	广西	福建	山东	
多态位点比例 $P$ (%)	27.3	21.9	18.8	70.8 (35.9*)
平均杂合度 $H$ (基因多样性)	0.082	0.075	0.078	0.090

\* 多态标准 95% 计算结果。

从表中可见中国真鲷以广西种群的种质资源状况较好, 山东种群最差, 这与目前它们的资源状况和群体大小是一致的。众所周知, 山东种群早在 20 世纪 40 年代已遭破坏; 福建种群也因近 20~30 a 来的滥捕现已形不成渔业, 比较起来广西种群尚有一定的规模。但中国的 3 个种群与日本种群相比种质资源状况则显然差得很多。表中日本真鲷资料中把肌浆蛋白也作同工酶统计, 显然不妥, 因而其中数值的绝对数会受到影响, 但  $P$  值为相对数, 其  $P$  值明显偏高的事实仍是肯定的。实际上日本的真鲷种群资源状况也的确比我国的 3 个种群好得多, 而他们人工养殖的真鲷却与我们的自然种群种质状况类似。

#### 4 增养殖业的种质资源保护

引种和放流是增加自然群体的有效方法, 但必须在充分认识到其可能产生的后果并采取相应措施的前题下方可实施。这方面的报道已较多, 具体例子不再列举了。引种可能出现 4 种不同的结果: (1) 生态位相近的本地种类灭绝; (2) 杂交导致遗传渐渗从而使原种群的遗传结构改变; (3) 引种种类由于竞争而绝灭; (4) 引种种类占据了一个空白的生态位与当地种类共存, 因之在操作前除对其所在环境物种之间的关系等加以考虑外, 从遗传结构和种质资源的角度, 还必须了解原种种群和引种、放流种群的遗传组成背景。前述的美国浮鲷只有引入高遗传变异的群体, 进入其  $H = 0$  的群体才是有效保护这濒危群体的办法。同理, 人工繁殖提供的引种、放流种类必须要有与自然群体相当的遗传变异, 才可起到扩大而不是遗传污染的效果。我国北方牙鲆人工育苗时由于营养和育苗环境条件等不良影响常培育出相当高比例的“白化苗”, 这些白化苗将来养成后市场不欢迎, 因之用户不愿购买。目前许多人育苗单位把这些白化苗放入海中, 主观愿望是好的, 而实际上却污染了牙鲆的自然群体, 应予制止。

目前保护种质资源的办法大致有: 设置自然保护

区、禁渔区, 种质群体的人工选择、人工繁殖、杂交、扩大种群以及低温保存遗传资源等等。科学地合理地选择种质群体或亲体, 可以得到遗传和性状都表现优良的后代, 再加上低温保存精子, 建立原种种群亲鱼基地等措施, 目的是构建并保持具有高度遗传变异和优良性状的种质资源库。

在进行人工繁殖时, 要重视人工养殖群体的遗传保护。首先应强调人工繁殖必须有足够的亲本的数量。这方面情况在中国对虾和贝类等的育苗尚好, 而鱼类和从国外引进的虾、贝等的人工繁殖的亲本往往没有提供足够的数量。即使从近期(二、三代)利益出发, 亲鱼的有效大小亦应在 50 尾以上, 亲鱼群体的数量从长远利益考虑应在 500 尾以上, 并且雌: 雄应为 1: 1。此外, 应注意定期更换亲鱼群体, 定期引入天然种群。同时应注意亲鱼群体只能使用一代(可使用 3~5 a), 但不应再使用它们的后代作为亲鱼。所谓“全人工养殖”指从人工育苗养至成鱼, 再把它们培育成亲鱼, 并以它们再繁殖下一代。从强调人工培养的技术来说是有意义的, 但如果从种质资源的角度出发, 则不是值得提倡和褒奖的。因为这一些亲鱼产生的后代经过一次瓶颈, 又产生了近交, 随之而来的也要发生遗传漂变。用人工繁殖的后代作亲鱼应大量补充自然种群的个体, 单用它们作亲本数量再多也是会出现近交衰退等一系列不良后果的。再者, 科学地进行杂交和选育, 如长江的鲢鱼与珠江的鲢鱼杂交可提高生长速度 5%, 反之, 如同胞近交则可能降低生长速度 5%。另外, 为保存种群间的变异应在不同地点分别保存亲本; 利用低温保存精子、卵子及至胚胎以及使用现代育种技术等, 使有益的纯系交配从而获得杂合性的变异和杂种优势等等。当前在诸多有效的保护种质资源的措施尚不能展开的情况下, 利用少数亲本及其后代进行人工育苗的现象必须采取有效的举措加以制止。

众所周知, 我国种质资源状况不容乐观, 尤其是我国海洋生物, 许多经济种类的种质资源状况已相当恶化, 而正在推行的一些增养殖措施中也存在一些较为严重的问题。但目前多数单位的领导乃至科研和技术咨询部门中的一些同志, 对生物多样性和种质资源保护尚没有给予足够的重视, 或虽有一定认识但没有把它们提到议事日程上来, 对存在的问题熟视无睹。针对我国生物多样性和种质资源保护中存在的诸多问题, 应该说目前已经到了非抓不可、需要采取应急或补救措施的时候了。从管理的角度出发应加强调查研究, 摸清种质资源现状, 拟订保护对策, 有针对性地

制订相应的法规,成立相应机构或责成有关部门加强管理,监督执行。

#### 主要参考文献

- 1 王中仁。生物多样性,1994,2(1): 38~ 43
- 2 王可玲、张培军等。海洋学报,1994,16: 835~ 853
- 3 吴谩奇、王可玲等。海洋与湖沼,1998,29(5): 512~ 518
- 4 李思发、吴力钊等。长江、珠江、黑龙江鲢、鳙、草鱼种质资源研究。上海:上海科学技术出版社,1990。第171~ 179页
- 5 陈灵芝(主编)。中国的生物多样性:现状及其保护对策。北京:科学出版社,1993
- 6 Alberts, B. Bray, D. *et al.*. Molecular Biology of cell, Garland Publishing. New York London, 1994, pp.115~ 120
- 7 Audo, C. M. and Diehl, J. W. . *Heredity* , 1995, 75: 589 ~ 598
- 8 Beaver, J. A. *et al.*. *Theor. Appl. Genet* , 1995, 90: 847 ~ 852
- 9 Brown, L. D. . *Marine Biology* , 1995, 123: 89~ 93
- 10 Joolivet, D. *et al.*. *Heredity* , 1995, 74: 376~ 491
- 11 Machon, N. M. *et al.*. *Heredity* , 1995, 74: 39~ 47
- 12 Manchenko, G. P. *et al.*. *Mar. Biol.* 1996, 125: 687~ 691
- 13 Petit, R. J. *et al.*. *Heredity* , 1995, 75: 382~ 389
- 14 Su, G. S. *et al.*. *Aquaculture* , 1996, 142: 139~ 148
- 15 Szm idt, A. E. *et al.*. *Heredity* , 1996, 76: 412~ 420
- 16 Takagi, M. *et al.*. *Suisanzoshoku* , 1995, 43: 491~ 497
- 17 Taniguchi, N. *et al.*. *Nippon Suisan Gakkaish* , 1995, 61: 717~ 726
- 18 Vicario, F. . *Theor. Appl. Genet* , 1995, 90: 1 012~ 1 018
- 19 Wilkin sm, N. P. *et al.*. *Aquaculture* , 1995, 137: 77~ 85
- 20 Zanetto, A. and Krem er, A. . *Heredity* , 1995, 75: 506 ~ 517