

海南大学学术著作出版基金资助

点带石斑鱼生物学研究与养殖

尹绍武 陈国华 张 本 编著

中国科学技术出版社

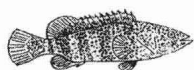
· 北 京 ·

第一章 总 论

一、石斑鱼遗传多样性的研究进展

遗传多样性 (genetics diversity) 又称基因多样性 (genes diversity)。它不仅是生物多样性的核心组成部分, 而且是物种多样性和生态系统多样性的基础, 也是生命进化和物种分化的基础, 更是评价自然生物资源的重要依据。通常所说的遗传多样性是指种内不同种群之间或一个种群内不同个体之间遗传变异的总和, 其表现是多层次、多水平的, 主要包括表型多态、染色体多态、蛋白质多态以及 DNA 多态。鱼类遗传多样性是鱼类生存与遗传进化的基础。开展鱼类遗传多样性的研究不仅有利于渔业资源的管理与保护, 而且为鱼类遗传育种提供科学依据。

石斑鱼是重要的世界性海水经济鱼类, 也是海水增养殖的对象之一。近年来, 由于人类活动的不断加剧, 掠夺性开发、过度捕捞、海洋环境的污染和破坏、养殖群体的近亲繁殖、外来种侵入等原因, 鱼类资源日益衰退; 许多重要的经济鱼类已经不在形成鱼汛, 而且种质资源在不断退化。石斑鱼的种质资源现状如何? 如何有效地保护与开发? 这些问题都值得我们去探讨。本节分别从表型、染色体、蛋白质、DNA 四个层次上简要概述国内外石斑鱼遗



传多样性的研究进展，以期为今后开展石斑鱼的种质资源保护和遗传育种提供参考。

(一) 石斑鱼的种类、分布及生态概要

石斑鱼是石斑鱼属 (*Epinephelus*) 鱼类的统称，在分类学上隶属于鲈形目 (Perciformes)、鲈亚目 (Percoidae)、鲈科 (Serranidae)、石斑鱼亚科 (Epinephelinae)。石斑鱼的种类较多，全世界已记录有 100 多种，我国记录有 46 种，常见的有赤点石斑鱼 (*E. akaara*)、青石斑鱼 (*E. awoara*)、点带石斑鱼 (*E. malabaricus*)、斜带石斑鱼 (*E. coioides*)、巨石斑鱼 (*E. tauvina*)、鲑点石斑鱼 (*E. fario*)、云纹石斑鱼 (*E. moara*)、七带石斑鱼 (*E. septemfasciatus*)、鲑形石斑鱼 (*E. salmorroides*)、褐点石斑鱼 (*E. fuscoguttatus*)、小齿石斑鱼 (*E. microdon*)、条带石斑鱼 (*E. fasciatus*)、纳苏石斑鱼 (*E. striatus*)、棕点石斑鱼 (*E. suillus*)、鲈滑石斑鱼 (*E. laurina*)、宝石石斑鱼 (*E. areolatus*)、网纹石斑鱼 (*E. chlorostigma*)、小点石斑鱼 (*E. epistictus*)、布氏石斑鱼 (*E. bleekeri*)、指印石斑鱼 (*E. megachir*)、纵带石斑鱼 (*E. latifasciatus*)、镶点石斑鱼 (*E. amblycephalus*)、鞍带石斑鱼 (*E. lanceolatus*) 等。石斑鱼是暖水性、广盐性、岛礁性鱼类，生长的适宜海水温度为 22 ~ 30℃，以 24 ~ 28℃ 最适；适宜盐度为 11 ~ 41，以 20 ~ 32 最适。主要分布于印度洋和太平洋的热带、亚热带海域，我国主要分布在南海和东海南部。在自然环境中，石斑鱼喜欢生活在近海大陆架的多岛礁海区，栖息于珊瑚礁、岩礁的洞穴中，其栖息具有明显的地域性，而且



有集群繁殖的特点。石斑鱼由于具有生长快、适应能力强、饲养成活率高、经济价值高等特点，已经成为重要的海水鱼类养殖对象，主要在中国、泰国、菲律宾等国沿海进行网箱养殖。目前已成功进行人工繁殖的种类有 13 种以上。James (1999) 等通过对褐点石斑鱼 (*E. fuscoguttatus*) 与细齿石斑鱼 (*E. polyphkadion*) 的杂交潜力研究，认为石斑鱼种间杂交是可以实现的。Glamznina 等 (2001) 进行了地中海石斑鱼 (*E. costae*) × 东大西洋石斑鱼 (*E. marginatus*) 的研究。曾文阳等 (1979) 和 Tseng 等 (1983) 分别进行了镶点石斑鱼 (*E. amblycephalus*) × 赤点石斑鱼 (*E. akaara*) 的研究；宋盛宪等 (1987) 对赤点石斑鱼 (♂) × 青石斑鱼 (♀) 研究都取得初步成功。另外，石斑鱼也是人工放流增殖的鱼类之一。日本是目前石斑鱼人工放流增殖较成功的国家之一。在我国，薄治礼等 (2002) 学者也进行过石斑鱼的放流试验。

近年来，由于过度捕捞，石斑鱼资源日益衰退，主要表现在雌雄比例、捕捞数量、个体大小、种群规模、种群年龄组成的变化上。石斑鱼网箱养殖群体也由于近亲繁殖等原因，种质问题不容忽视。有幸的是，国内外许多学者已认识到保护石斑鱼资源的重要性与紧迫性。

(二) 石斑鱼遗传多样性的研究概况

1. 表型水平

从形态学或表型性状上来检测遗传变异是最古老也是最简便易行的方法。通常所利用的表型性状主要有两类，一类是符合孟德尔遗传规律的单基因性状（如质量性状、



稀有突变等)；另一类是由多基因决定的数量性状（如大多数形态性状、生活史性状）。与其他生物相比，鱼类的性状是多变的，多数性状属于数量性状，而且我们对控制鱼类性状的基因了解不多。鱼类种内遗传变异是广泛、多水平的，体现在不同的地理种群间和群体内、不同个体间和个体内、不同性状在不同水平上的变异程度不同。石斑鱼的表型多样性丰富，主要体现在不同水平上的种群大小、地理分布、形态特征、生长发育、繁殖周期、产卵量、抗逆性等方面。

石斑鱼形态多样，种类繁多，分布广泛，遗传多样性极其丰富。石斑鱼尾鳍的形状、体侧和鳍上斑点的颜色及形状大小、体侧有无横带或纵带及条带的数量和形状、胸鳍的长度等形态特征都是石斑鱼种类的主要分类依据。如网纹石斑鱼(*E. chlorostigma*)尾鳍近截形、体侧和鳍上具小于瞳孔的六角形斑点；宝石石斑鱼(*E. areolatus*)尾鳍凹形，体侧和鳍上具有大于瞳孔的六角形斑点；赤点石斑鱼(*E. akaara*)尾鳍圆形、体及奇鳍具有橙黄色斑、仅背鳍基底具有一大黑斑；鲑点石斑鱼(*E. fario*)体及奇鳍具红色斑、背鳍基底及尾柄具3个大黑斑；体侧具纵带的是纵带石斑鱼(*E. latifasciatus*)，体侧横带明显、边缘镶有黑斑的是镶点石斑鱼(*E. amblycephalus*)，体侧横带不甚明显、由较大的斑点排列成带状的是点带石斑鱼(*E. malabaricus*)；云纹石斑鱼(*E. moara*)体侧具有6条横带、各带多中断、前2条斜向前下方，而青石斑鱼(*E. awoara*)体侧具有6条横带、各带不中断、前2条横带不斜向前下方；小点石斑鱼(*E. epistictus*)胸鳍长等于或



小于眼后头长、体侧上半部具有稀疏黑斑，而指印石斑鱼（*E. megachir*）胸鳍长大于眼后头长、体侧具有指印状大斑。世界上石斑鱼种类有 100 个种以上，是鱼类中种质资源极其丰富的鱼类之一，分布于中国、印度、美国及东南亚各国沿海的热带、亚热带暖水海域。

石斑鱼的表型多样性还体现在体型大小、繁殖季节、产卵周期、产卵量等方面。石斑鱼为雌雄同体、雌性先熟鱼类，雌鱼达一定年龄及大小时发生性转化。从体型大小分，石斑鱼可分为大型和小型两种：小型的如赤点石斑鱼（*E. akaara*）和青石斑鱼（*E. awoara*），2~3 龄体重达 0.3~0.5kg 时，可发现性腺成熟的雌雄个体。大型的如巨石斑鱼（*E. tauvina*）、云纹石斑鱼（*E. moara*）、七带石斑鱼（*E. septemfasciatus*）等。巨石斑鱼的体重一般雌性 4.8~15.2kg，雄性 5.7~29.5kg。云纹石斑鱼及七带石斑鱼的体重则分别为 2.5~30.0kg 和 2.5~6.5kg。石斑鱼的繁殖季节一般从春夏之交开始，盛夏间结束。但也因地域、环境不同而有所不同。如赤点石斑鱼在中国浙江为 5~7 月，福建为 5~9 月，台湾为 3~5 月，香港为 4~7 月，海南为 3~8 月；青石斑鱼在浙江为 4~6 月，在海南为 3~7 月。石斑鱼产卵的周期可分为 2 种类型。一种类型是以赤点石斑鱼及巨石斑鱼为代表，于一年的某段时间内持续产卵一二月。另一种类型是以小齿石斑鱼（日本冲绳）、条带石斑鱼（小笠原群岛）、棕斑石斑鱼（中国台湾、菲律宾）为代表，以月龄为周期产卵，即于 5~8 月间，每个月的新月前后 3~4 天内集中产卵。石斑鱼的产卵量因种类不同差异很大。大型的一季可产上千万粒



卵，小型的只产几十万粒。如云纹石斑鱼，体长 95cm 的亲鱼，在一个繁殖季节可产卵 2710.8 万粒。但同种石斑鱼会因亲鱼的来源、年龄、个体大小、饲养条件、营养状况不同，产卵量而不相同。如赤点石斑鱼每尾亲鱼的产卵量少则有 7.6 ~ 93.3 万粒，多则有 369.8 ~ 556.4 万粒。国内学者王涵生等（1997）还对赤点石斑鱼捕捞群体的年龄组成以及生长发育做了初步研究。

2. 染色体水平

染色体是遗传物质的载体，是基因的携带者。染色体的变异必然导致遗传变异的发生，是生物遗传多样性的重要来源。染色体变异主要表现在染色体组型特征的变异，包括染色体数目变异（整倍体、非整倍体）和染色体结构变异（缺失、易位、倒位、重复）。另外，染色体水平上的多样性还表现在染色体的形态（着丝点位置）、缢痕和随体等核型特征上。

国内外从 20 世纪 60 ~ 70 年代开始进行鱼类染色体研究。先后有学者用压片法、胚胎细胞 - 低渗 - 空气干燥法、外周血淋巴细胞（或肾短期）培养 - 低渗 - 空气干燥法、肾细胞 PHA 活体注射 - 空气干燥法（或火焰干燥法）等多种方法用于鱼类染色体标本制备，使鱼类染色体的研究工作得到迅速发展，同时各种显带技术 C 带、Ag - NORs、Q 带、G 带应用到鱼类染色体研究中，特别是荧光原位杂交技术（FISH）的应用，为鱼类染色体变异、种间杂交相关研究、Ag - NORs 多样性研究提供了很好的技术手段。随着染色体压片技术、染色体显带技术、原位杂交技术的应用与发展，在染色体水平上将揭示出更



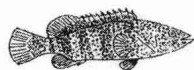
加丰富的遗传多样性。

近二三十年来，国内外在石斑鱼的核型研究上做了不少工作。在国内，杨俊慧等（1988）对广东湛江地区青石斑鱼染色 C 带带型和 Ag - NORs 进行分析研究；李锡强等（1994）对斑带石斑鱼与黑边石斑鱼、陈毅恒（1990）对鲑点石斑鱼和六带石斑鱼、丁少雄等（2004）对斜带石斑鱼、王云新等（2004）对斜带石斑鱼与赤点石斑鱼的染色体及其核型分别进行了研究。国内还有云纹石斑鱼（*E. moara*）的染色体研究报道。在国外，De - Aguilar 对黄腹石斑鱼（*E. guaza*）的核型及着丝粒缢痕上的异染色体片段的分析；Sola 等（2000）应用荧光染色技术、原位杂交技术等对东大西洋石斑鱼（*E. marginatus*）进行核型、细胞标记等研究。目前的研究表明：石斑鱼的染色体数目都为 48，在自然中没有多倍体现象，染色体形态多数是端部、亚端部着丝粒染色体，而中部、亚中部着丝粒染色体较少。许多学者认为 $NF = 48 \sim 62$ ， $2n = 48t$ 是石斑鱼属染色体基本核型。但研究还缺乏种间及种内各地理种群的比较研究，更没有这些细胞遗传学研究与石斑鱼良种选育之间的内在联系。

3. 蛋白质（酶）水平

蛋白质（酶）多态性研究主要是运用蛋白质电泳技术从基因的表达产物—蛋白质水平探讨遗传变异。鱼类的蛋白质遗传多样性的研究主要集中在同工酶、血清蛋白、血红蛋白、肌肉蛋白等，其中同工酶分析技术应用较为广泛。

虽然同工酶电泳技术已被广泛应用于鱼类遗传多样性



的研究,但关于石斑鱼遗传多样性的研究报道并不多。洪满贤(1996)研究过网纹石斑鱼乳酸脱氢酶同工酶。邓思平等(2004)运用聚丙烯酰胺垂直梯度凝胶电泳法对赤点石斑鱼7组织的4种同工酶(EST、LDH、MDH、ME)进行了初步研究,并对4种酶的同工酶位点及酶谱表型进行了分析。结果表明,赤点石斑鱼的4种同工酶系统具有明显的组织特异性;EST由4个基因位点编码;LDH酶带多于典型的5条酶带;MDH具有线粒体型(m-MDH)和上清液型(s-MDH)两种类型;7种组织只检测到一种类型的ME。丁少雄等(2003)应用聚丙烯酰胺凝胶和淀粉凝胶技术对台湾海区斜带石斑鱼的遗传结构和遗传多样性水平进行了等位酶分析。共对18种酶系统27个等位酶基因座位进行检测,表明ADH-1、ODH-2、FDH-2和Est-3等5个基因座位具多态性,其群体的多态位点百分率P为18.5%,有效等位基因平均数 N_e 为1.185,平均杂合度的观测值 H_o 为0.0469,预期值 H_e 为0.0662,反映了该群体的遗传多样性水平在鱼类中处于中等程度,而其Hardy-Weinberg遗传偏离指数(D)为-0.246,表明该群体仍存在着明显的杂合子缺失现象。意大利学者Innocentiis(2001)等利用等位酶技术对地中海10个地区的石斑鱼种群进行遗传结构的初步分析。

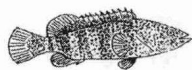
4. 分子(DNA)水平

DNA是生物遗传的本质,遗传信息就是DNA的碱基排列顺序。因此,直接对DNA碱基序列的分析和比较是揭示遗传多样性最理想的方法。在DNA水平检测遗传多



样性的方法有两种。一是直接测序，但由于鱼类的基因组过于庞大，直接测序显然很不实际。目前直接测序的主要集中在比较保守的 DNA 序列，如 rDNA，Rubisco 大亚基基因等。另一种是基于 DNA 的特殊序列位点的分析技术。主要有常用的 RFLP 技术、基于 PCR 的各种检测方法和重复序列分析技术，如 RAPD、DAF、AFLP、微卫星 DNA 分析技术等。目前这些方法已经广泛用于鱼类的遗传多样性研究。

鱼类的 DNA 遗传多样性包括线粒体 DNA 遗传多样性和细胞核 DNA 遗传多样性。鱼类线粒体 DNA (mtDNA) 是一种大小约 17kb 的共价双链闭环分子，其编码着大约 22 个 tRNA，2 个 rRNA 和 13 个疏水性的蛋白质多肽；这些多肽包括细胞色素 b (Cytb)、ATP 酶的亚单位、细胞色素 C 氧化酶的亚单位等。mtDNA 在研究鱼类的遗传变异、系统进化、遗传多样性等方面都有广泛的应用。美国学者 Gold 和 Richardson 等 (1994) 在对黑缘石斑鱼 (*E. morio*) 的 mtDNA 多样性水平的检测中发现 *E. morio* 稚鱼及成鱼由于穴居习性，致使群体间基因流不畅，其 mtDNA 多样性水平是已报道过 mtDNA 检测的海水鱼中最低的。这至少说明了 *E. morio* 过去或最近发生过遗传上的瓶颈事件。他们还应用 RFLP 技术分析 mtDNA，以揭示种群结构特征。法国学者 Gilles 等 (2000) 对地中海西部的 29 尾东大西洋石斑鱼 (*E. marginatus*) 通过 PCR 技术对其 Cytb 核苷酸序列进行扩增，并结合所得数据进行分析，结果发现这种处于濒危的鱼种却具有丰富的遗传多样性，而且在地中海地区分布广泛。他们认为，这种现象的存在



不排除其他种石斑鱼基因渗透的可能性。

细胞核 DNA (nDNA) 是遗传物质的最主要的载体, 是双亲遗传, 能反映真正的进化历程。因此用 nDNA 来分析和比较是揭示生物遗传多样性最理想的材料。郑莲 (2002) 对湛江沿海野生蜂巢石斑鱼 (*E. merra*) 进行 nDNA 的 RAPD 分析。结果表明种群多态位点比例 (P) 为 65.58%, 平均个体间遗传相似系数 (S) 为 0.7887, 平均个体间遗传距离 (D) 为 0.2113, 遗传多样性指数 (H) 为 0.1776, 种群遗传多样性较高。印度学者 Govindaraju 等 (2004) 用 4 个引物对印度东南岸和西南岸 7 种石斑鱼做了 RAPD 分析, 并得到了所有种的特征性标记, 为石斑鱼的分类与鉴别提供分子依据。研究还表明这 7 种石斑鱼的种内平均遗传距离 (0.305) 明显低于种间平均遗传距离 (0.365)。意大利学者 Innocentiis 等 (2001) 利用 7 个微卫星、28 个等位酶对地中海 10 个地区的东大西洋石斑鱼 (*E. marginatus*) 种群进行遗传结构分析。结果表明这些地区间的石斑鱼有明显的遗传差异, 说明这些地理种群之间不是随机交配的。香港学者 Rhoes (2003) 对利用微卫星分子标记技术分析来自太平洋中西部 5 个群岛的石斑鱼种群, 认为它们可分为 3 个不同的地理居群。Malia (2003) 分离了夏威夷石斑鱼 (*E. quernus*) 种群的 9 个微卫星用于种群遗传分析, 其中 6 个位点高度可变, 等位基因位点数 6~18 个, 杂合度 33.3%~91.7%。Zatcoff 等 (2004) 对黑缘石斑鱼 (*E. morio*) 的 4 个位点的微卫星检测来自美国东南岸和墨西哥湾的石斑鱼种群遗传结构, 认为这些种群间现有或者过去有过基因流。欧美学



者 (Yvonne 等, 1999; Wyanski 等, 2000; Gold 等, 1998; Richardson 等, 1997) 分别对拿索石斑鱼 (*E. striatus*)、伊氏石斑鱼 (*E. itajara*)、黑缘石斑鱼 (*E. morio*) 等石斑鱼开展了种质资源调查和部分分子遗传分析等方面的研究, 但对于遗传多样性的研究都不全面。

石斑鱼是世界重要的海水经济鱼类, 又是重要海水增殖养殖对象, 其种类多, 分布广。合理保护与开发石斑鱼资源具有不可估量的生态与经济地位。但就目前石斑鱼遗传多样性的研究还十分有限, 缺乏对石斑鱼的起源与进化、分类地位、不同的地理种群分化、养殖群体分化、种群结构等的系统研究。

二、石斑鱼的养殖概况

石斑鱼为名贵优质鱼类, 肉质鲜美, 营养丰富, 不仅含有丰富的蛋白质和脂肪, 而且还含有丰富的钙、磷、铁等物质, 是人们喜爱的高级水产品。石斑鱼常出现在高级宾馆和餐厅, 售价很高, 且供不应求。在经济利益的拉动下, 石斑鱼养殖业迅猛发展。目前已进行人工石斑鱼养殖的种类有十几种, 主要有赤点石斑鱼、褐点石斑鱼、鞍带 (龙胆) 石斑鱼、点带石斑鱼、斜带石斑鱼、青石斑鱼、鲑点石斑鱼、网纹石斑鱼等, 其中以点带石斑鱼、斜带石斑鱼、赤点石斑鱼、青石斑鱼的养殖规模最大。石斑鱼养殖主要集中在东南亚各国、中国 (含香港、台湾)。新加坡主要是利用网箱养殖龙胆石斑鱼。我国石斑鱼养殖最早、最多的是赤点石斑鱼。香港主要是养殖镶点石斑鱼, 台湾养殖赤点石斑鱼、镶点石斑鱼; 福建、浙江、广东主



要养殖赤点石斑鱼、点带石斑鱼、青石斑鱼、斜带石斑鱼；广西有养殖云纹石斑鱼；海南养殖点带石斑鱼、青石斑鱼。

石斑鱼养殖苗种的来源有两种：一是天然苗种，二是人工繁育苗种。近年来，虽然赤点石斑鱼、点带石斑鱼、斜带石斑鱼、鲑点石斑鱼、青石斑鱼等获得人工育苗成功，但苗种规模化繁育技术尚未稳定，多数处于中试阶段，苗种数量还不能满足养殖生产的需求。因此，苗种数量有限，养殖生产规模受到很大限制。如果是从自然海区钓捕的石斑鱼，需根据不同规格的石斑鱼分开饲养，新钓上的石斑鱼对新环境不适应，常静伏休息，开始 3~5 d 不吃饲料，逐渐适应暂养环境后慢慢摄食。人工饲养的石斑鱼也应按鱼种大小分别饲养。

石斑鱼养殖生产率很高，放养之初鱼苗平均体重为 100g/尾，养殖 6 个月，平均可长到 800g，而达到上市规格。新加坡的上市规格是 600~900g。新加坡养殖的巨石斑鱼是一种生长比较迅速的鱼类，100g 重的鱼种经 6 个月饲养，体重可达 800g，主要是以小杂鱼为饲料，头两个月的投饲量为鱼体总重的 10%，第 3~5 月为 5%，最后 1 月则为 3%，饲料系数为 3.5。

石斑鱼养殖的形式有土池养殖、水泥池养殖、筑堤式养殖和网箱养殖等，但以网箱养殖较为广泛。新加坡的网箱规格 5m×5m×3m，我国广东沿海的网箱为 3m×3m×3m。网箱上为木质筐架，用正方形塑料罐或金属圆桶当浮力，用聚乙烯绞丝网片缝制成网箱，箱底套挂一个镀锌管方框以保持网箱外形。常规使用的网目为 0.5cm、



3.0cm 和 5.0cm 三种，可按鱼苗大小选择；以不逃鱼和水流畅通为原则。这样的全套网箱，在广东、海南通称为“鱼排”。放养密度，开始时保持总体重 $8 \sim 12\text{kg}/\text{m}^3$ ，在养殖的头 2 个月内，按体重的 10% 投喂小杂鱼，第 3 个月按体重的 5% 投喂，收获之前的第 6 个月按体重的 3% 投喂。饵料转换率在新加坡为 1:4.5，而在我国南方沿海，目前为 1:(6~7)。养殖期间的管理工作：一是要注意在生长差异及时分选分养；二是适时更换网箱及清除附着生物；三是经常检查网箱安全、水质质量和鱼体健康等情况；四是预防鸟害和台风灾害。

石斑鱼池塘养殖的养殖池面积不宜过大，667 ~ 6670 m^2 为宜，池子需设备齐全，以便于涨落潮时换水，池内要放置一些利于石斑鱼栖息、隐蔽的物体，如管道礁石等。也有和黑鲷、真鲷、黄鳍鲷、罗非鱼混养的例子。管理上，要注意密度不宜过大，加强分选和水质检测并及时换水等。

三、点带石斑鱼研究进展

点带石斑鱼 (*Epinephelus malabaricus*) 属鲈形目 (Perciformes)、鲈亚目 (Percoidei)、鲷科 (Serranidae)、石斑鱼属 (*Epinephelus*)。点带石斑鱼因生长速度快、对环境的适应能力相对强，适合人工养殖。点带石斑鱼是我国广东、福建、海南沿海重要的养殖对象，也是海南分布最广、数量最多的海水养殖鱼。由于点带石斑鱼具有很高的经济价值，许多水产机构对其人工繁殖和人工育苗进行了研究。



(一) 点带石斑鱼的人工繁育研究

1. 点带石斑鱼的性转变诱导

由于石斑鱼的性转变特点，在人工繁殖中经常碰到没有雄鱼的情况，需要人工诱导石斑鱼提前完成性转变，得到功能性雄鱼用于人工繁殖。陈国华等（2001）采用埋植 17α -甲基睾丸酮的方法，成功地诱导点带石斑鱼完成性转变，得到功能性雄鱼用于人工繁殖，培育出批量鱼种；认为埋植外源激素诱导石斑鱼性转化的方法操作简便，效果稳定可靠，能得到批量的功能性雄鱼，满足点带石斑鱼人工繁殖生产的需要。邹记兴（2003）用外源混合激素药条也成功获得了功能性点带石斑鱼雄鱼，并且认为点带石斑鱼的性转变机制为类固醇依赖型，外源雄性激素通过抑制“雌性相关基因”的表达，而成为石斑鱼性转变的启动因子，诱发卵巢退化和精巢的发育。

2. 点带石斑鱼亲鱼培育、产卵和孵化

国内不少学者已成功进行点带石斑鱼人工繁殖（陈国华，2001；邹记兴，2003），并能达到批量生产。在海南省，点带石斑鱼的年育苗产量已经达到 500 万尾以上。

成熟良好的点带石斑鱼亲鱼可用于人工催产。催产剂有鲤鱼脑垂体（CPG）、绒毛膜促性腺激素（HCG）、促黄体激素释放激素类似物（LRH-A）和 LRH-A + PG 的混合物等 4 种。人工繁殖的效果很大程度上决定于亲鱼性腺的成熟度，所以在诱导产卵前，加强亲鱼的培育、促进性腺发育至关重要，再加上每日换水和吸污，亲鱼不用



激素催产就能自然产卵受精，获得优质的受精卵。陈国华等（2001）的试验中，点带石斑鱼在正常培育条件下能够自然产卵，产卵量也比较大。还发现，亲鱼在产卵期间不便于抓捕。因此，在点带石斑鱼的人工繁殖中，产卵前一个月左右就将亲鱼放到产卵池进行强化培育，让其自然产卵，不主张在生产中进行人工催产。

石斑鱼卵为浮性卵。在盐度为 30 ~ 33 的海水中，点带石斑鱼受精卵呈浮性，未受精卵和死去的卵呈沉性。人工孵化过程中，停止充气未受精卵或死胚胎会沉于孵化器底部，利用这个特性，可以在人工孵化时将未受精卵或死胚胎排除。陈国华等（2001）提出在生产中还可以利用这个特性以不同胚胎发育时期的浮卵率估算受精率和孵化率，即以原肠中期浮卵率作为受精率，以仔鱼即将出膜时的浮卵率作为孵化率。

$$\text{浮卵率} = (\text{总卵重量} - \text{死卵重量}) / \text{总卵重量} \times 100\%$$

在一定的温度范围内水温越高，点带石斑鱼胚胎发育时间越短。水温 20 ~ 21℃ 时，孵化时间为 48 小时 40 分钟；25.5 ~ 28.5℃ 时为 21 小时 53 分钟；30 ~ 32℃ 时为 19 小时 7 分钟。在 24 ~ 28℃ 条件下孵化的仔鱼，育苗的成活率较高，在适宜的孵化温度范围内，从仔鱼开始出膜到全部孵出有一个延续时间，大约是整個胚胎发育时间的 1/10 左右。

盐度对点带石斑鱼的胚胎发育有明显的影响，孵化用水的盐度为 33 时孵化率为 48.7%，盐度为 30 时为 33.0%，盐度 27 时为 21.3%，盐度 24 时为 23.0%。



3. 点带石斑鱼的苗种培育及早期形态发育研究

目前石斑鱼育苗大都采用室内水泥池育苗和室外池塘育苗两种方式。陈国华等(2001)从室内育苗池要求、水处理、育苗环境条件、饵料及投喂方法、水质管理以及进排水、吸污、转池、收苗的操作与各阶段的养殖密度等技术作了详细的论述,并指出点带石斑鱼的人工育苗存在三个危险期:第1危险期在4日龄到10日龄,这期间的成活率很低,认为可能的原因包括卵质不良、先天性畸形不能开口摄食等,认为饵料中缺乏必需的生物生理活性物质,仔鱼很难完成内源性营养到外源性营养的过渡,是仔鱼成活率不高的重要原因;第2危险期是在后期仔鱼阶段,这时鱼已经长出长的背棘和腹棘,内部器官进一步发育,外部形态也发生很大的变化,观察到这个阶段的仔鱼全身产生黏液,由于趋光性彼此集群在一起,过度密集,窒息致死;第3危险期是在进入稚鱼期后,身体开始出现花纹时,这期间点带石斑鱼互相残食现象相当严重,经常可以观察到个体大小差不多的鱼,一尾咬着另一尾的头部,两尾鱼一起死去。他们就三个危险期提出一些解决办法。邹记兴(2003)也对点带石斑鱼仔稚幼鱼的发育和生长指标的变化做了详细的记录。点带石斑鱼仔鱼发育过程中长棘的功能可能是惊吓敌害生物、逃避捕食。

4. 点带石斑鱼人工繁育存在的问题

点带石斑鱼的人工繁育包括三个主要技术环节:一是得到功能性雄鱼,从已有的技术看,用埋植外源性激素的方法基本上可以得到解决;二是得到受精卵,点带石斑鱼