

亚东鲑的研究现状及展望

王万良¹, 牟振波¹, 曾本和¹, 王金林¹, 王且鲁¹, 古桑德吉^{2*}

(1. 西藏自治区农牧科学院水产科学研究所, 西藏 拉萨 850032; 2. 西藏自治区农牧科学院, 西藏 拉萨 850032)

摘要:亚东鲑是亚东县四大产业之一, 具有极其重要的经济价值。近些年, 随着经济社会的飞速发展, 其自然资源量急速锐减。本文主要从亚东鲑的生物学特性、肌肉营养成分、分子生物学、养殖及资源状况进行综述, 以期为进一步人工选育及资源保护工作提供借鉴。

关键词:亚东鲑; 生物学; 营养成分; 养殖; 资源

中图分类号:S948 **文献标识码:**A

Research Status and Prospects of *Salmon trutta*

WANG Wan-liang¹, MOU Zhen-bo¹, ZENG Ben-he¹, WANG Jin-lin¹, WANG Qie-lu¹, Gusangdeji^{2*}

(1. Institute of Fisheries Science, Tibet Autonomous Region Academy of Agriculture and Animal Husbandry, Tibet Lhasa 850032, China;

2. Tibet Autonomous Region Academy of Agriculture and Animal Husbandry, Tibet Lhasa 850032, China)

Abstract: *Salmon trutta* is one of the four major industries in Yadong County and has extremely important economic value. In recent years, with the rapid development of the economy and society, its natural resources have rapidly decreased. This paper summarizes the biological characteristics, muscle nutrient composition, molecular biology, culture and resource status of Yadongdong, in order to provide reference for the next step of artificial breeding and resource conservation.

Key words: *Salmon trutta*; Biology; Nutrient components; Culture; Resource

亚东鲑(*Salmon trutta*)又名河鲑、猫鱼, 原产于欧洲、西亚和非洲北部地区, 隶属于鲑形目(*Salmoniformes*)、鲑科(*Salmonidae*)、鲑属(*Salmon*), 于19世纪由英国人引进到西藏日喀则市亚东县, 距今有150年历史^[1-4]。基于亚东鲑能够长期在亚东河中自然生长和繁育, 并建立相对稳定的居群, 已成为一个地方性品种。亚东鲑属于冷水性鱼类, 因其肉质细嫩、肌间刺少、味道鲜美、营养丰富、深受消费者喜爱。由于亚东鲑具有很大的商业价值, 西藏自治区政府大力扶持发展亚东鲑养殖产业, 已成为亚东县四大特色产业之一。

1 亚东鲑的生物学特性

1.1 亚东鲑的形态特征及生活习性

亚东鲑体形侧扁, 呈纺锤形, 端位口, 上下颌等长。牙齿尖锐短小, 舌宽大, 具有发达的假鳃。体被小圆鳞, 头部和体侧有蓝色小圆斑, 侧线及其以下为红宝石小圆点, 腹部银白色。臀鳍位于脂鳍基前端的下方, 背鳍基前端位于胸鳍和腹鳍中间^[5]。亚东鲑喜好栖息于水温较低的淡水中, 主要分布于西藏亚东河下司马以下河段, 多在砾石底质的河滩活动, 以食水生昆虫为主, 秋冬在缓流浅水处产卵。有研究报道了褐鳟最适生长水温为13~18℃, 通过设置不同水温对亚东鲑鱼苗生长试验, 发现15℃左右亚东鲑生长速度最快, 而亚东河夏季最高水温为15℃, 最低9℃, 冬季最高水温为7℃, 最低为1℃, 生存海拔为2700~3700 m, 因此, 亚东鲑的快速生长主要集中在夏季。

1.2 亚东鲑的年龄生长与繁殖生物学

常见的鲑科鱼类产自海洋, 由于其生长速度相

收稿日期: 2019-06-12

基金项目: 西藏自治区自然科学基金“亚东鲑幼鱼饥饿后的补偿生长及其补偿机制研究”(2016ZR-NK-15)

作者简介: 王万良(1987-), 男, 甘肃陇西人, 助理研究员, 硕士, 研究方向: 西藏土著鱼类开发及保护利用, Tel: 0891-6863234, E-mail: qxlslzlfyzz@163.com, *为通讯作者: 古桑德吉, 女, 助理研究员, 研究方向: 科研管理, E-mail: xzscyjs@163.com。

对较快,个体都较大,已发现的大西洋鲑最大个体质量为 38 kg,全长 100 cm,哲罗鲑可达 80 kg,2 龄虹鳟可达 3.5~4.5 kg^[6]。目前发现褐鳟最长寿命个体为 20 龄,其寿命一般随纬度增加而延长,在英国为 3~5 龄,挪威北部为 8 龄^[7]。豪富华等^[8]于 20 世纪末至 21 世纪初利用鳞片首次对西藏本土亚东鲑的生长进行了分析,群体体长范围为 9.3~36.4 cm,对应年龄范围为 1~4 龄,以 15~25 cm 的个体为主,低龄鱼(1 龄)的数量占比很少,最大体长为 4 龄雌鱼,体长为 36.2 cm,体质量为 0.61 kg,雄鱼体长为 36.4 cm,体质量为 0.74 kg。可见,由于地理环境因素,野生亚东鲑小型化可能更有利于其生存。

亚东鲑每年繁殖季节从 10 月开始,主要集中在 11~12 月,性成熟雌鱼为 3~4 龄,雄鱼为 2~3 龄,2.5 kg 体质量雌鱼怀卵量为 1 万粒左右,选择发育良好的亲鱼进行人工繁殖,一般雌鱼体质量为 0.3~2 kg,雄鱼体质量为 0.26~2.8 kg;在平均水温 4.3℃条件下,胚胎发育过程经过 10 个分期,从受精卵到出膜大约 339.7~447.2 积温(度·日)不等,平均为 400 度·日,初孵仔鱼约为 1.31 cm。

2 亚东鲑的肌肉营养分析及品质评价

鱼类营养状况(Nutritional condition)是鱼体与其生存栖息地环境之间相互作用的综合表现,对鱼类正常生存和繁育至关重要。研究鱼类的营养状况,评价其营养成分和分析营养价值,对该鱼的开发和保护利用具有指导意义。王芳等^[9]对亚东鲑的肌肉营养成分进行了分析,发现肌肉中粗蛋白、粗脂肪、粗灰分和水分的含量分别为 70.81%、22.63%、4.91%和 1.8%。营养学家认为,食品中干物质的含量决定了营养成分的高低,鲤鱼、草鱼、鲮和鲫鱼等^[10-11](水分含量分别为 79.21%、81.59%、80.60%、79.70%)一般淡水经济鱼类水分含量高于亚东鲑;大西洋鲑是公认的世界性养殖鱼类,具有极高营养价值(水分、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分的含量分别为 73.62%、19.04%、4.52%和 1.93%),与其相比,亚东鲑粗蛋白和粗脂肪分别高 3.59%、0.39%,可见亚东鲑营养价值很高。国内外已经有很多鱼类肌肉营养成分的研究报道,发现脂肪是鱼类营养成分变动最大的成分,种间变动为 0.2%~64%之间,可见亚东鲑和大西洋鲑粗脂肪含量相差不大。亚东鲑氨基酸含量丰富,种类齐全,含有 17 种,包括 7 种常规必需氨基酸,EAA/TAA 比值为 41.52%,大于质量较好的蛋白质氨基酸 EAA/TAA

为 40%左右的标准。多不饱和脂肪酸(PUFA)是人体必需脂肪酸,亚东鲑含有 6 种,PUFA 中的 EPA 和 DHA 含量占总脂肪的 12.31%,是青鱼(1.4%)的 8.8 倍和草鱼(4.2%)的 2.9 倍。

3 亚东鲑的分子生物学研究

3.1 亚东鲑基因组 Tc1-like 转座子

转座子于 1951 年在玉米(*Zea mays*)基因组中首次发现,它是广泛存在于真核生物和原核生物基因组的可移动 DNA 原件^[12]。Tc1 属于 DNA 转座子,是 Tc1/mariner 超家族成员,硬骨鱼类基因组中 Tc1 类转座子占有较高比例,对其解析可以了解鱼类基因组的组成和结构。郭秀明等^[13]根据鱼类 Tc1-like 末端反向重复序列克隆出亚东鲑两条子序列,长度分别为 1607 和 1473 bp,命名为 Tbt1 和 Tbt2,通过分析,这 2 个转座子的转座酶编码区在进化的过程中各已积累了 4 和 9 个终止突变,均不能表达完整的转座酶。亚东鲑的 Tbt1 与大西洋鲑(*Salmo salar*) TC-Tss1、TC-Tss2、红点鲑(*Salvelinus namaycush*) Tsn1-3 的相似度分别为 61%、70%、70%,说明同为鲑科鱼类的 Tc1-like 转座子序列相似度并不高。虽然 Tbt2 与大西洋鲑和红点鲑的 Tc1-like 转座子相似度低于 30%,但是与金鱼 Tca2 转座子的序列相似度高达 98%,可见聚类分析二者亲缘关系极近。

3.2 亚东鲑线粒体 CO I 基因序列 DNA 条形码

DNA 条码是分类学面临巨大挑战,利用现代科学技术推动起来用于快速准确鉴别物种的方法^[14]。20 世纪 70 年代末,一些学者用线粒体 DNA(Mitochondrial DNA)作为分子系统中分类学研究的主导分子标记^[15]。一段合适的 DNA 条码标记基因必需满足两点准则,一是具有相对保守性,二是具有变异性,线粒体 CO I 基因满足这两个特性,具有较好的鉴别能力,准确率达到 99.99%。孟玮等^[16]测定了亚东鲑线粒体 CO I 基因为 638 bp 碱基序列,发现亚东鲑与大西洋鲑的遗传距离最小,为 0.0079,与红点鲑的遗传距离最大,为 0.12;通过构建 NJ 显示,亚东鲑与大西洋鲑先聚到一起,其次与红点鲑聚在一起,说明了基于 CO I 基因序列 DNA 条形码在鱼类分类鉴定中可行性和有效性。

3.3 亚东鲑的遗传多样性

许多研究表明,褐鳟具有极其复杂的种群遗传结构,目前公认地分为五大居群,包括地中海居群,大西洋居群、多瑙河居群、亚德里亚居群,斑鳟居群^[6]。户国等^[17]以野生亚东鲑和日本品系褐鳟为

研究对象,筛选了 8 对多态性较高的微卫星(SSR)标记对二者群体进行扩增,共检测出 62 个等位基因,各自均为 47 个,但等位基因的大小和分布在两个群体间差异很大,通过哈迪-温伯格(Hardy-Weinberg)平衡检验分析,野生亚东鲑和日本品系褐鳟群体间变异很小,群体内变异较大。通过构建 UPGMA 聚类图发现,日本品系褐鳟比野生亚东鲑群体有更多层次的遗传结构。另外基于线粒体 D-loop 测序分析,利用 MEGA 5 软件邻近发构建分子系统树,发现野生亚东鲑、日本品系褐鳟和大西洋居群褐鳟聚为一支,亲缘关系最近。李富贵等^[18]利用线粒体 CO I 与 CO II 基因对亚东鲑遗传多样性进行了分析,通过 Kimura 双参数模型构建 CO I 基因序列的系统进化树,发现野生和人工养殖亚东鲑序列完全相同,位于同一位置,说明野生和人工养殖基本无分化,还没有达到线粒体 DNA 水平较大变异;同样发现 CO II 基因序列仅有 2 个位点出现碱基变异,差异极小,导致种质资源退化引起遗传多样性降低可能与其近亲繁殖有关。

4 亚东鲑的养殖、资源现状及展望

4.1 亚东鲑养殖和资源现状

鲑科鱼类养殖产量仅次于鲤鱼和罗非鱼之后,是世界三大养殖鱼类种类之一^[6]。我国的养殖区域主要分布在黑龙江、吉林、辽宁和甘肃等地,养殖主要品种有哲罗鲑、虹鳟、白鲑和红点鲑,每年产量约为 1.6 万 t,占世界鲑鳟鱼产量的 0.77%,尚需进口 1 万 t 大西洋鲑以满足市场。亚东鲑作为西藏名优特产经济鱼类之一,是当地人走向发家致富的主要途径,2016 年人工繁殖鱼苗 300 万尾,每年可向市场供应 75 万 kg,单价为 400 元/kg,年产值为 3 亿元,有效推动了亚东县农业经济发展^[19-20]。虽然目前来看亚东鲑养殖的经济效益良好,但也存在很多问题:首先良种选育工作滞后,品种退化严重;其次产地和消费区脱节,运输风险过高;再次是病害频发,苗种培育死亡率较高;最后深加工产业不配套,造成产品单一,制约了养殖业良性发展。

目前,随着西藏经济社会与文化事业开放的快速发展,旅游产业和交通网络的不断完善,对西藏土著鱼类的需求量日趋增大,导致人为滥捕现象极其严重;另外在雅鲁藏布江干、支流及其附属水体上建立水电站,阻碍了鱼类洄游,破坏了部分产卵场;加之西藏本土文化因素,外来物种入侵现象十分突出,迫使西藏土著鱼类资源量急剧减少,有些鱼类处于濒危灭绝边缘。亚东鲑于 1992 被列为西藏自治区

二级重点野生水生动物,其资源量也正在面临锐减趋势,武云飞等^[5]于 20 世纪 90 年代初期对西藏亚东鲑进行实地调查,发现捕获物以 0.25 kg 以下为主,超过 0.3 kg 的个体数量很少。近几年,由政府主导开展亚东河进行了增殖放流活动,2014 年 6 月放流 5.5 万尾,10 月放流 2.5 万尾,2015 年放流 2 万尾,规格为 8 cm,对增加亚东麻曲河流域亚东鲑鱼群体数量,改善其种群结构,维护生物多样性将起到积极的作用^[21-22]。

4.2 展望

4.2.1 开展亚东鲑人工选育及家系建立 标记辅助的大规模家系选育技术,不仅具有选择效率高和可抑制遗传衰退的优点,还可作为进一步进行分子辅助育种的基础。国际上应用此技术,进行了大西洋鲑(挪威)、印度鲤鱼(印度)、罗非鱼(菲律宾)、虹鳟(美国)、海虾抗病(哥伦比亚)的选育工作,取得了较好的效果^[23-28]。近些年,我国也开展了水生动物选育及家系构建工作。李思发等^[29]对团头鲂进行双向选育研究,其中正向选育每代万分之四作为亲本培育,发现选育至第五代时,与对照系(原种)相比,成鱼阶段的平均日增重率提高 29.1%;另外发现逆向选育为全兄妹近交时,在近交系至第三代时,与对照系(原种)相比,成鱼阶段的平均日增重率降低 16.6%;由此可知,科学选育提高养殖性能,近交导致养殖性能下降。户国等^[17]开展了电子标记辅助的大规模虹鳟家系构建工作,以优良品系 G1 世代为基础群体,建立了 G2 世代全同胞家系 72 组,通过约为 850 日龄养殖,筛选了体质量、体长优良的 8 个家系,为构建 G3 世代储备了良好的物质基础。亚东鲑作为我国一个地方性鲑科鱼类品种,由于引进时间相对较长,从 1998 年开始,经过 20 年人工近亲繁殖,缺乏有效选育手段,导致亚东鲑生长速度缓慢、个体小型化、病害增多等现象时有发生,种质衰退现象十分严重。因此,采取有效系统的人工选育方法对亚东鲑进行遗传改良,利用家系选育方法可以培育生长速度快的专门化品系,继以育成的生长速度快的专门化品系进行种间杂交的配套系研究,从而筛选获得优质高产的杂交配套系,从根本上解决亚东鲑殖养产业的良种化问题,已成为当务之急。

4.2.2 建立野生亚东鲑资质资源保护区和国家级良种场 西藏水资源十分丰富,是亚洲的水塔。据统计,西藏有大小不等湖泊 2000 多个,湖泊总面积 24 000 多平方公里,约占全国湖泊总面积的 30%,流域面积大于 10 000 平方公里的河流有 20 余条,

大于 2000 km² 的河流在 100 多条,包括雅鲁藏布江、澜沧江、金沙江、怒江、森格藏布、朋曲等河,均发源或流经西藏^[30]。生态环境保护是国家可持续发展必须面临的问题之一,西藏作为国家生态安全屏障最主要防线,加之自然生态很脆弱,保护其物质多样性成为政府主抓的首要任务。截止 2007 年,农业部已审定 220 处国家级水产种质资源保护区,但迄今为止,巴松措特有鱼类水产种质资源保护区是西藏地区唯一的国家级水产种质资源保护区,保护的主要对象主要有拉萨裸裂尻,双须裂腹鱼和拉萨裂腹鱼等西藏特有裂腹鱼类。另外分别设有 1 处黑斑原鲌良种场和异齿裂腹鱼原种场。而亚东鲑作为我国唯一一种鲑科鲑属鱼类,保护其种质资源的行动已刻不容缓,建立保护区和国家级良种场,可以对其种质资源保护和走绿色、生态、安全之路具有重大意义。

参考文献:

- [1] Maccrimmon H R, Marshall T L, Gots B L. World distribution of brown trout[J]. Journal of the Fisheries Board of Canada, 1970, 27 (4): 811 - 818.
- [2] Nelson J S. Fishes of the word [M]. 3rd ed, New York: John Wiley and Sons, 1994: 91 - 105.
- [3] 张春霖, 王文滨. 西藏鱼类初篇[J]. 动物学报, 1962, 14 (4): 529 - 536.
- [4] 王万良, 周建设, 王建银, 等. 4 种水产药物对褐鳟 (*Salmo trutta*) 鱼苗的急性毒性试验[J]. 西北农业学报, 2016, 25 (7): 966 - 972.
- [5] 彭世盛. 西藏鱼类及其资源[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995, 43 - 44.
- [6] 孙大江, 王炳谦. 鲑科鱼类及其养殖状况[J]. 水产学杂志, 2010, 23 (2): 56 - 63.
- [7] 豪富华. 亚东鲑的生物学和遗传多样性研究[D]. 武汉: 中国科学院研究生院(水生生物研究所), 2006.
- [8] 豪富华, 陈毅锋, 蔡斌. 西藏亚东鲑的胚胎发育[J]. 水产学报, 2006, 30 (3): 289 - 295.
- [9] 王芳, 户国, 周建设, 等. 亚东鲑 *Salmo trutta fario* 肌肉营养成分分析和品质评价[J]. 水产学杂志, 2015, 28 (3): 21 - 25.
- [10] 程汉良, 将飞, 彭永新, 等. 野生与养殖草鱼肌肉营养成分比较[J]. 食品科学, 2013, 34 (13): 266 - 270.
- [11] 刘志皋. 食品营养学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1997: 35 - 37.
- [12] 马艳平, 刘永生, 张杰, 等. 转座子应用的研究进展[J]. 江西农业学报, 2009, 21 (5): 108 - 110.
- [13] 郭秀明, 李富贵, 蒋云霞, 等. 亚东鲑基因组中 *Tc1-like* 转座子的序列歧化特征分析[J]. 上海海洋大学学报, 2014, 23 (1): 15 - 21.
- [14] 莫帮辉, 屈莉, 韩松, 等. DNA 条形码识别码 I. DNA 条形码研究进展[J]. 四川动物, 2008, 27 (2): 303 - 306.
- [15] 牛屹东, 李明, 魏铺文, 等. 线粒体 DNA 用作分子标记的可靠性和研究前景[J]. 遗传 HEREDITAS, 2001, 23 (5): 593 - 598.
- [16] 孟玮, 杨天燕, 海萨, 等. 基于线粒体 CO I 基因序列的亚东鲑 DNA 条形码研究[J]. 水产学杂志, 2010, 23 (1): 6 - 10.
- [17] 户国, 谷伟, 王鹏, 等. 电子标记辅助虹鳟家系建立及快速生长家系筛选[J]. 中国水产科学, 2012, 19 (1): 77 - 83.
- [18] 李富贵, 邹署明. 亚东鲑线粒体 CO I 和 CO II 基因遗传多样性分析[J]. 安徽农业科学, 2014, 42 (26): 7710 - 7713.
- [19] 亚东. 亚东鲑的保护与开发利用[N]. 中国渔业报, 2012 (003).
- [20] 土艳丽. "移民"来的珍贵鱼类——亚东鲑[N]. 西藏日报, 2004 (002).
- [21] <http://www.xinnong.net/news/20141017/1208575.html>
- [22] <http://www.rkznmj.gov.cn/nmzf/334.html>
- [23] Gjerdem T. Genetic improvement of cold - water fish species[J]. Aquac Res, 2000, 31: 25 - 33.
- [24] Donaldson L R. Selective breeding of salmonid fishes. In Marine Aquaculture[M]. Oregon State University Press, 1968: 65 - 74.
- [25] Radice A D, Bugaj B, Fitch D H, et al. Widespread occurrence of the Tc1 transposon family; Tc1-like transposons from teleost fish[J]. Molecular and General Genetics, 1994, 244 (6): 606 - 612.
- [26] 胡红浪. 挪威大西洋鲑良种选育的发展历程[J]. 中国水产, 2003 (4): 84 - 85.
- [27] 刘超. 罗非鱼良种选育技术[D]. 北京: 中国农业科学院研究生院, 2010.
- [28] 范兆廷. 水产动物育种学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
- [29] 李思发, 蔡完其. 团头鲂双向选育效应研究[J]. 水产学报, 2000, 24 (3): 201 - 205.
- [30] 关志华, 陈传友. 西藏河流水资源[J]. 自然资源, 1980 (2): 25 - 35.