

牙鲆的营养需求研究与饲料应用

Nutritional requirement study on flounder, *Paralichthys olicaceus*, and its diet application

张岩¹, 王琛², 陈四清¹, 张鑫磊¹, 于东祥¹

(1. 中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 山东 青岛 266071; 2. 青岛市卫生学校, 山东 青岛 266071)

中图分类号: S963

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2005)09-0092-05

20世纪90年代我国开始进行牙鲆(*Paralichthys olicaceus*)人工育苗和人工养殖,1992年以后牙鲆人工养殖发展迅速,目前山东、辽宁、河北、江苏、浙江、甚至福建沿海等地都开展了牙鲆的人工养殖。

由于开展牙鲆养殖的时间不长,对牙鲆营养研究还有许多不足,许多营养素的适宜需求量还有待于进一步研究确定,尤其是各种微量元素和维生素的营养需求还有许多空缺。目前牙鲆营养特别是仔、稚鱼的营养与饲料问题较突出,虽然已有部分国产饲料应用于生产,但是仍有许多生产单位育苗时依靠进口饲料。作者对目前牙鲆蛋白质和氨基酸、脂肪和脂肪酸、维生素、激素、矿物质和微量元素等方面的营养需求及目前的研究情况进行介绍,为牙鲆营养需求研究和人工饲料的开发提供参考。

1 牙鲆的营养需求及研究现状

1.1 蛋白质和氨基酸需求

蛋白质不仅为牙鲆生长所必需,而且作为主要的能源物质,对保证其能量供应有着尤为重要的意义^[16]。牙鲆属肉食性鱼类,对蛋白质的需求量较其它鱼类高^[5],一般需要40%以上的饲料蛋白。李爱杰等^[13]发现,当幼鱼饲料中蛋白质质量分数为52.78%时,鱼体质量增长率最高,而在蛋白质质量分数为57.35%时,质量增长率反而明显下降。菊池弘太郎的结果表明,质量增长率和饲料转化率在任何发育阶段都随饵料蛋白质含量的增加而上升,张显娟等^[17]研究认为牙鲆稚鱼蛋白质的需求为52.78%,郝玉江^[19]认为牙鲆稚鱼对饲料蛋白质需求在50%左右,幼鱼对饲料蛋白质的需求在44%~50%。日本金沢昭夫的研究认为,牙鲆仔、稚鱼饲料中所需蛋白质的基础为60%。Sang-Minal等^[9]认为,牙鲆饲料中的蛋白质最适需要量为50%。

不同的作者对牙鲆蛋白质需求的研究结果不尽相同,因为牙鲆对蛋白质的需求量常因不同的发育阶段、不同水温、盐度等而有所变化。一般规律是个体越小,其代谢越旺盛,对蛋白质的需求量越高,水温越高,对蛋白质的需求量越高,在适宜牙鲆生活的盐度范围内,对蛋白质的需求随盐度的增加而增大。另外饲料本身的营养组成也能影响牙鲆对蛋白质的需要量。根据以上的研究结果,牙鲆不同时期对饲料蛋白质的需要量在44%~60%之间。

由于牙鲆对蛋白质的需要量很高,饲料中鱼粉用量很大,饲料成本较高,所以从成本和经济角度考虑,寻找合适的替代蛋白源受到人们的重视。有研究表明北洋鱼粉和乌贼粉分别作为饲料蛋白源时,鱼质量增长、饲料转化率和蛋白质效率比最高,大豆次之,羽毛粉和卵蛋白粉最差^[11]。Yamamoto用麦芽蛋白粉(MPE)代替鱼粉蛋白源投喂牙鲆幼鱼,结果发现,麦芽蛋白粉为10.4%的饲料与对照组的增重、饲料利用率差别不大,麦芽蛋白粉含量再增加,上述参数变化明显^[11]。Kikuchik用羽毛粉作蛋白源,当质量分数在12%时,牙鲆体质量、蛋白质利用率均略高于对照组,而饲料转化率较低^[11]。

饲料中必需氨基酸的适宜比例能反映饲料及其蛋白质的质量,因此,饲料中必需氨基酸的适宜含量和比例对动物的生长发育要比饲料中蛋白质的适宜含量更加重要^[7]。金沢昭夫用放射性同位素追踪试

收稿日期:2005-04-26;修回日期:2005-06-28

基金项目:上海水产大学重点学科建设专项科研项目(03SC01),青岛市科技发展项目(02-1-kchhh-51)

作者简介:张岩(1963-),女,山东青岛人,副研究员,硕士,现从事水产动物养殖和海水养殖标准化工作

验得出,牙鲆所需的必需氨基酸有 10 种:赖氨酸、苏氨酸、蛋氨酸、精氨酸、组氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、酪氨酸与苯丙氨酸。日本中央水产研究所在 1991~1996 年将天然牙鲆和人工养殖牙鲆肌肉中的游离氨基酸作了比较,结果有很大差别,天然牙鲆肌肉中牛磺酸的含量明显高于人工苗种,而人工苗种中丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸和非必需氨基酸含量比天然牙鲆高,研究表明肌肉中氨基酸组成不同是因饲料质量不同引起的^[11]。

1.2 脂肪和脂肪酸需求

脂肪是一种容易利用的能量物质,不仅可以提供必需脂肪酸,提高饲料转化率,改善饲料适口性,同时也是脂溶性维生素的溶解介质。山本修报道,牙鲆饲料中脂肪适宜含量,稚鱼期为 7%,幼鱼养成期为 10%~13%,养成销售前为 14%;张显娟^[17]研究认为牙鲆稚鱼脂肪的需求为 8.78%;郝玉江^[19]认为牙鲆稚鱼对脂类的需求在 8%~15%。

近年来大量研究表明,n-3 系列高度不饱和脂肪酸(n-3HUFA)是海水仔、稚、幼鱼的必需脂肪酸。有研究表明,牙鲆必需的 3 种不饱和脂肪酸有亚油酸、亚麻酸、花生四烯酸,牙鲆不同的发育期对必需脂肪酸有着不同的需求,牙鲆仔稚鱼期对卤虫中 n-3HUFA 的需求量(干质量)在 3.5% 以上,并且 DHA 的营养价值高于 EPA^[4]。金沢昭夫的研究认为,牙鲆仔、稚鱼对 n-3 系的高度不饱和脂肪酸的需求量为 0.8%~1.0%,而且饲料性磷脂质对牙鲆仔、稚鱼和成鱼的生长有很大关系。根据日本黑木的报告,牙鲆对饲料中高度不饱和脂肪酸的需求量为 1.1%~1.8%。刘镜格等^[9]的试验表明,在牙鲆仔、稚鱼微颗粒饲料中添加 2% 的大豆卵磷脂和 8% 的富含 n-3HUFA(特别是 DHA)的鳀鱼油,牙鲆仔稚鱼的白化率降为 1%(投喂活饵料的对照组白化率为 10%)。许多研究表明,缺乏 n-3HUFA 或缺少 EPA(二十碳五烯酸)和 DHA(二十二碳六烯酸)二者之一的饲料都有可能致鱼体生长缓慢、食欲不振、死亡率高。在饲料中添加 DHA 可以改善鱼类生长、存活,Izquierdo 等^[2]的研究表明牙鲆对必需脂肪酸的需要量为 18~35 g/kg 饲料。张显娟的试验研究表明,饲料中添加 0.5% EPA,1.5% DHA,牙鲆幼鱼生长最好,体重质量增长率为 119.67%。鱼体快速生长时,常表现出鱼体总脂含量的增加和水分含量的下降,在投喂不含 EPA 和 DHA 的饲料 1 周后,鱼体水分由 80.12% 升至 84.72%,脂肪含量由 20.36% 降至 15.73%,表明牙鲆对饲料中必需脂肪酸的含量极为敏感。薛敏^[20]研究认为牙鲆幼鱼饲料中含 0.5% 的

EPA 和 0.1~1.5% 的 DHA 能保证牙鲆幼鱼的最适生长,鱼体水分最低,肝体脂肪数最小,肝脏极性脂肪中 EPA 和 DHA 达到最大积累。Izquierdo 等^[2]在饲料中添加 3%~5% HUFA,结果牙鲆生长良好,若在饲料中添加 6%~9% HUFA 则效果不是很明显。不饱和脂肪酸对亲鱼的营养也有重要作用,Furuita^[1]认为,在牙鲆亲鱼饲料中的 n-3HUFA 对牙鲆卵和鱼苗的质量有影响,牙鲆正常仔鱼的百分数及孵化后 3d 的存活率以及仔鱼对饥饿的忍耐指数(SAI)与饲料中的 n-3HUFA 水平相关,SAI 会随着 n-3HUFA 水平的增加而改善,但是假如过量的 n-3HUFA 可能会对鱼苗存活产生负面影响,他还认为牙鲆卵中的 AA 含量高,则卵的质量就好。

刚开口摄食的海水鱼苗必须依靠强化活饵料(轮虫和卤虫等)提供必需脂肪酸,Izquierdo^[2]的研究表明,投喂 n-3HUFA 质量分数为 3.5%~4% 的卤虫,仔鱼的全长和体重明显增加,另外在仔鱼的中性和极性脂肪中发现不少 22:5n-3,它在牙鲆仔鱼的脂肪代谢中起重要作用。

用富含 n-3HUFA 的油脂强化活饵的主要问题之一是强化剂在充气条件下极易氧化,通常采用添加天然或(和)人工抗氧化剂(如维生素 E、维生素 C、乙氧基喹啉和丁化羟苯甲酸等)的方法来延长强化时间。鱼类对 n-3HUFA 的需要量越高,强化过程中抗氧化剂的添加量就越高。卵磷脂既是天然乳化剂,又是抗氧化剂,在富含 22:6n-3 的鱼油中添加 10% 卵磷脂,就无需添加其他抗氧化剂。对体重 7.84 g 的牙鲆的喂养试验表明,鱼卵卵磷脂优于大豆卵磷脂,大豆卵磷脂的营养价值比油菜籽卵磷脂和鸡蛋卵磷脂高。

1.3 碳水化合物需求

碳水化合物作为能源物质,不仅可节约蛋白源,也可作为饲料中的一种粘合剂。肉食性鱼类对碳水化合物的需求不高,饲料中含量一般不会高于 30%^[7]。李爱杰研究表明,当饲料中碳水化合物为 15.80% 时,牙鲆幼鱼的增重率最高。张显娟^[17]研究认为牙鲆碳水化合物的需求为 15.8%。郝玉江^[19]认为牙鲆稚鱼对糖的需求在 18% 以上。

1.4 维生素需求

鱼的维生素需要量很少,但自身不能合成,必须从食物中摄取,缺乏时会出现维生素缺乏症。山本刚史报道,用维生素强化的轮虫投喂牙鲆,对变态的白化现象有一定抑制作用。三木教力报道,每升轮虫培养水中投入维生素 A, D, E 分别为 0.15, 0.625 和 20 mg/L 时,防止仔鱼白化的效果比较明显。

维生素 A, D, K 对牙鲆的体长、体质量增长有影响, 牙鲆维生素 A, D 的适宜量为 8 780, 2 480 IU/kg, 维生素 K 为 11.7 mg/kg 饲料。当维生素 E 质量分数为 186 mg/kg 饲料时, 对防止牙鲆无眼侧出现的体色异常(黑化)是有效的^[13]。

在牙鲆饲料中添加生物素, 其增重率有明显提高, 适宜需要量为 1.91 mg/kg 饲料, 添加不同剂量的叶酸虽对其增重影响不大, 但有一定影响, 其适宜量为 1.91 mg/kg 饲料^[13]。在饲喂牙鲆幼体时, 饲料中维生素 C 添加量为 400 mg/kg 饲料时, 牙鲆成活率有一定提高, 其增重也有显著提高; 对于牙鲆成鱼的体质量增长率、维生素 C 在肝脏中的含量变化和碱性磷酸酶活性观察, 维生素 C 的适宜添加量应为 600~800 mg/kg 饲料, 该水平未考虑牙鲆所处的恶劣环境条件以及疾病等负面因素, 在实际生产中维生素 C 的需要量可能会大大增加。对于容易溶失的维生素 B₃, 李爱杰^[13]的研究认为经过处理的难溶于水的维生素 B₃ 可提高牙鲆的体质量增长率, 建议饲料中难溶于水的维生素 B₃ 添加量为 50 mg/kg, 同时认为其量相当于水溶性的维生素 B₃ 60 mg/kg。还有试验表明, 水溶性的维生素 B₃ 适宜添加量为 60 mg/kg 饲料, 而使用水不溶性的维生素 B₃ 饲喂牙鲆, 其适宜添加量为 45 mg/kg 饲料^[12]。

1.5 矿物质需求

目前已有实验研究了牙鲆对锌、铁、铜、锰、钴等矿物质的营养需求^[21~24]。

铁: 牙鲆饲料中适当添加铁可以增加牙鲆幼鱼肝脏中过氧化氢酶的活力, 魏万权^[21]的研究认为, 幼鱼饲料中铁元素的含量对牙鲆幼鱼的成活率和生长没有显著影响, 说明铁的营养作用缓慢而不强烈。牙鲆幼鱼对铁的需要量为 373 mg/kg 饲料, 由于鱼粉中含有一定量的铁, 因此饲料中适宜添加量为 50 mg/kg 饲料左右, 高于 50 mg/kg 饲料时鱼体生长缓慢, 而且牙鲆肝脏过氧化氢酶活性受到抑制。

锌: 锌是大多数生物所必需的微量元素, 具有重要的生物功能, 它是许多酶的组成成分或激活剂。魏万全^[22]研究认为, 饲料中添加锌对牙鲆鱼苗的成活率影响不明显, 但对生长具有促进作用, 以鱼粉为基础的试验饲料中(锌质量分数为 37.5 mg/kg), 如果不添加锌, 鱼体质量增长率、肝脏锌含量、肠粘膜碱性磷酸酶的活性都低, 当添加锌 0~80 mg/kg, 这些指标随着锌添加量的增加而增大。魏万全等^{[21]、[22]}研究认为, 为了达到较大生长率和保持鱼体组织中正常锌水平及酶活性, 牙鲆实用饲料中锌添加量应大于 80 mg/kg, 使锌的总质量分数在 119.2 mg/kg 以

上。

铜: 铜具有多种生物功能, 与许多生化过程密切相关。魏万全等^[23]的研究表明, 短期内铜元素对于牙鲆幼鱼的成活率和生长的影响不大, 但是铜元素有促进肝脏铜锌超氧化物歧化酶(Cu, Zn-SOD)活性上升的作用, 其质量分数为 1.5~3.0 mg/kg 时, 牙鲆肝脏铜锌超氧化物歧化酶活性显著提高, 肝脏和肌肉中铜的含量, 也随着饲料中铜的含量升高而升高, 牙鲆幼鱼饲料中铜总量以 5.6 mg/kg 左右为宜。

锰: 锰是鱼类的必需微量元素, 对动物生长、发育、繁殖、造血、成骨和维持中枢神经系统的正常功能等有着十分重要的作用。饲料中添加适量的锰, 对牙鲆幼鱼的成活率没有显著影响, 但对牙鲆的生长具有促进作用, 当添加量为 10 mg/kg 时体质量增加最快, 但添加 30 mg/kg 时体质量增长率反而下降, 饲料中锰的适宜添加量为 10~20 mg/kg^[24]。

钴: 钴是维生素 B₁₂ 的组份, 鱼类肠道中微生物群落能够利用钴合成维生素 B₁₂, 饲料中缺乏钴, 肠道中 B₁₂ 的合成就会严重降低。魏万权^[24]的研究表明, 饲料中添加钴, 对牙鲆具有增重作用, 但不显著, 添加 0.8 mg/kg 饲料时, 饲料中钴的质量分数达 2.23 mg/kg, 幼鱼体质量增长率最高。

硒: 硒元素在 0.4 mg/kg 饲料时鱼体质量增加明显, 但在 0.8 mg/kg 饲料时鱼体质量急速下降至最低点^{[21]、[24]}, 因此其适宜添加量为 0.8 mg/Kg 饲料以下。

综上所述, 牙鲆幼鱼饲料中各种微量元素的适宜添加量分别为: 铁 50 mg/kg、锌 80 mg/kg、锰 10~20 mg/kg、铜 1.5~3.0 mg/kg、钴 0.8 mg/kg、硒 0.4 mg/kg。

2 牙鲆的饲料

牙鲆的饲料有微颗粒饲料、硬颗粒饲料、膨化颗粒饲料、软颗粒饲料、鲜杂鱼生鲜料、全价粉末饲料等多种。微颗粒饲料主要用于苗种生产, 硬颗粒料由于配方和工艺等方面有待提高, 目前使用不是很广泛。鲜杂鱼生鲜料是最原始的一种饲料形式, 但是在目前商品饲料研究开发不足的情况下, 仍有广泛的应用, 可单独投喂或掺入一部分全价粉末料投喂。全价粉末饲料实际是配制软颗粒饲料的配料。膨化颗粒饲料有利于直接观察鱼类摄食情况, 但是在加工过程中对维生素及一些促生长因子有破坏作用, 同时由于淀粉比例偏高, 会产生一些营养性疾病, 还应从鱼类的营养需求等方面综合研究改进加工工艺。目前生产上效果比较好的是用全价粉末饲料与冰鲜杂鱼混合

配置的软颗粒料,软颗粒料中添加的鲜杂鱼生鲜料增加了饲料的诱食性,缺点是不易储存,需冷冻贮存和运输。

在牙鲆的育苗、生产过程中,应结合不同生产阶段的特点,选用不同的饲料,采取不同的投喂方法,下面结合养殖过程介绍一下各种饲料的应用。

2.1 亲鱼培育期的饲料应用

鲜杂鱼是目前使用最普遍的饲料种类,大多数育苗场采取平时投喂鲜杂鱼,催产前期和产卵期添加各种营养添加剂的投喂方式,由于添加剂的添加量和鱼体的摄入量都很随意,往往导致饵料营养单一,亲鱼摄食营养不平衡,从而影响亲鱼性腺的发育和精卵的质量。

软颗粒饲料是亲鱼培育过程中值得提倡的饲料种类,它可以根据养殖环境的变化及亲鱼性腺发育的营养需求及时调整,添加适宜的营养强化剂,营养配比均衡稳定,易于消化吸收,对水质的污染也远远低于鲜杂鱼,有条件的养殖场应提倡采用,也可以混合投喂鲜杂鱼。

由于目前的硬颗粒饲料营养配比等方面还有待改进,因此牙鲆的亲鱼一般不采用硬颗粒饲料。

2.2 苗种培育期的饲料应用

随着对营养研究的不断进展,饲料加工技术的提高,目前已能生产出替代轮虫和卤虫的人工配合微颗粒饲料。但生产中前期主要还是投喂轮虫和卤虫无节幼体,孵化 15d 后逐渐投喂微颗粒配合饲料。由于轮虫的培育特别在冬季波动性较大,此时,可用粒径小于 80 μm 的微颗粒配合饲料完全或部分替代轮虫。

2.3 牙鲆养成期的饲料应用

目前我国的牙鲆养殖主要有工厂化养殖、网箱、池塘养殖和港湾养殖等几种方法,其中,牙鲆工厂化养殖由于生产稳定,受自然灾害影响小,经济效益可观,是目前牙鲆的主要养殖形式。

工厂化车间养殖牙鲆的饲料以硬颗粒饲料、膨化颗粒饲料和软湿颗粒饲料为主。目前,10 cm 以下牙鲆幼鱼的硬颗粒饲料由于使用效果良好而得到了普遍的应用,但大规格牙鲆鱼硬颗粒饲料和膨化颗粒饲料饲料效果不佳,还有待进一步改进提高。软湿颗粒也有广泛的应用,生产上一般是将全价粉状饲料按一定比例与水或鲜杂鱼混合制粒,直接投喂或冷冻投喂,冷冻后投喂可以减轻对水体的污染,应用效果更好。

目前供牙鲆养成期间使用的硬颗粒饲料、膨化

颗粒饲料还存在适口性差,牙鲆生长速度慢等问题,因此牙鲆的网箱养殖、池塘养殖和港湾养殖,目前仍以投喂冷冻软湿颗粒饲料和鲜杂鱼为主,硬颗粒饲料和膨化颗粒饲料使用较少。由于池塘养殖水体交换有限,投喂鲜杂鱼往往造成病害的发生,严重影响了养殖收益,相信随着牙鲆营养研究和饲料质量的进一步提高,硬颗粒饲料、膨化颗粒饲料等终将会在牙鲆养殖中得到更进一步的推广应用。

参考文献:

- [1] Furuita H, Tanaka H, Yamamoto T 2000, Effect of n-3HUFA levels in broodstock diet on the reproductive performance and larval quality of the Japanese flounder: *Paralichthys olivaceus* [J]. *Aquaculture* 2000, 187:387-398.
- [2] Izquierdo M S. Effect of n-3HUFA levels in *Artemia* on growth of larval Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) [J]. *Aquaculture*, 1992, 105:73-82.
- [3] Sang-Minl. Effect of dietary protein and energy levels on growth and body composition of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus* [J]. *J World Aquac Soc.* 2000, 31(3):306-315.
- [4] Watanabe T. Prospects in larva fish dietetics [J], *Aquaculture*, 1994, 124:223-251.
- [5] 王吉桥. 海水和半咸水主要养殖鱼类对营养物质的需要 [J]. *大连水产学院学报*, 2000, 15(3):215-222.
- [6] 王吉桥, 张欣, 刘革利. 海水鱼类必须脂肪酸营养与需要的研究进展 [J]. *水产科学*, 2001, 20(5):39-43.
- [7] 刘焕亮. 关于中国水产养殖动物对营养物质需要量的研究 [J]. *大连水产学院学报*, 2002, 17(3):187-195.
- [8] 刘镜格, 陈晓琳. 海水仔稚鱼的必需脂肪酸-n-3 系列高度不饱和脂肪酸研究概况 [J]. *青岛海洋大学学报(自然科学版)*, 2002, 32(6):897-902.
- [9] 刘镜格, 张百刚, 陈剑慧, 等. 海鱼微粒饲料在牙鲆生产性育苗种的应用 [J]. *饲料工业*, 2001, 22(11):26-27.
- [10] SC/T2006-2001 牙鲆配合饲料 [S].
- [11] 李志华, 王军霞, 谢松. 牙鲆营养需要量的研究进展 [J]. *中国饲料*, 2003-17.
- [12] 李爱杰, 张道波, 任泽林. 牙鲆幼鱼对水难溶性维生素 B3 需要量的研究 [J]. *饲料工业*, 2001, 22(12):26-27.
- [13] 李爱杰, 张道波, 魏万全, 等. 牙鲆幼鱼营养需要的研究 [J]. *浙江海洋学院学报(自然科学版)*, 2001, 20(增刊):6-10.
- [14] 陈四清, 张岩, 于东祥. 牙鲆的养殖与饲料 [J]. *齐鲁渔业*. 2002, 21(4):8-10.
- [15] 陈四清, 于东祥, 马爱军, 等. 牙鲆饲喂湿颗粒饲料的应用研究 [J]. *海洋科学*, 2002, 26(7):59-61.



- [16] 陈四清, 常青. 海水养殖动物营养与饲料配置技术 [J]. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1998.
- [17] 张显娟, 李爱杰, 薛敏. 牙鲆稚鱼对蛋白质、脂肪及碳水化和物营养需要的研究 [J]. 上海水产大学学报, 1998, 7(增刊): 98-103.
- [18] 张辉. 配合饲料快速养殖鱼虾蟹的试验研究 [J]. 江西水产科技, 1998.
- [19] 郝玉江. 牙鲆配合饲料研究进展 [J]. 饲料世界, 2002, 3: 37-38.
- [20] 薛敏, 张显娟, 李爱杰. 牙鲆幼鱼对 EPA 和 DHA 的营养需求 [J]. 水产学报, 2004, 28(3): 285-291.
- [21] 魏万权, 李爱杰, 李德尚. 饲料中添加锌对牙鲆生长和生化指标的影响 [J]. 青岛海洋大学学报, 1999, 29(1): 60-66.
- [22] 魏万权, 李爱杰, 李德尚, 等. 饲料中添加铁对牙鲆幼鱼生长的影响 [J]. 水产学报, 1999, 23(增刊): 100-103.
- [23] 魏万权, 李爱杰, 李德尚. 牙鲆幼鱼饲料中铜的适宜添加量研究 [J]. 海洋湖沼通报, 2001, 2: 54-59.
- [24] 魏万权, 李爱杰, 李德尚. 牙鲆幼鱼饲料中锰、钴适宜添加量的初步研究 [J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2001, 20(增刊): 83-87.
- [25] 殷禄阁, 官春光. 牙鲆的亲鱼培育技术 [J]. 河北渔业, 2002, 2: 15-16.

(本文编辑: 刘珊珊)