

水产动物诱食剂的研究进展

王安利¹, 苗玉涛², 王维娜², 胡俊荣³

(1. 华南师范大学 生命科学学院, 广东 广州 510631;

2. 河北大学 生命科学学院, 河北 保定 071002; 3. 华南师范大学 图书馆, 广东 广州 510631)

摘要:在水产动物饲料中适量添加诱食剂可提高饲料的利用率并防止水环境污染, 从而促进水产养殖动物的生长、减少疾病发生。水产动物诱食剂种类很多, 本文阐述了氨基酸及其衍生物、生物碱、脂肪、糖类、有机酸、含硫有机物、动植物组分以及中草药等诱食剂对水产动物的诱食效果及有关研究进展, 并认为深入研究水产动物的诱食剂对世界水产养殖业的发展具有很大的推动作用。

关键词:水产动物; 诱食剂; 饲料

中图分类号: S963.73

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737(2002)03-0265-04

由于饲料或水产动物自身等因素的影响, 投喂的饲料往往不能被迅速摄食和吸收利用。为了提高水产动物对配合饲料的利用效率, 不仅需要研究各种水产动物的营养需求, 配制适合的饲料, 还需在饲料中添加能促进水产动物摄食的引诱物质(即诱食剂), 从而提高水产动物的食欲并促进其摄食进程。随着现代水产养殖业的不断发展, 诱食剂在配合饲料中的地位愈加明显, 并已成为水产动物营养学家极为关注和努力研究开发的重要课题。本文就国内外诱食剂的研究进展作一系统评价, 旨为水产动物诱食剂的开发及全价配合饲料生产提供有益参考。

1 氨基酸及其衍生物

L-氨基酸已被公认为是引诱鱼类、甲壳类及其他水产动物最有效的化合物之一^[1], 主要包括甘氨酸(Gly)、L-丙氨酸(Ala)、谷氨酸(Glu)、L-组氨酸(His)、L-脯氨酸(Pro)、L-缬氨酸(Val)、精氨酸(Arg)、酪氨酸(Tyr)、L-蛋氨酸(Met)、L-亮氨酸(Leu)、苯丙氨酸(Phe)、赖氨酸(Lys)、鸟氨酸(ornithine)和由氨基酸合成的谷胱甘肽(GSH)等。原田胜彦^[2]在26种L-型氨基酸中确定组氨酸、精氨酸、赖氨酸和鸟氨酸均具活性, 尤其是组氨酸和赖氨酸能明显唤起泥鳅(*Misgurnus anguillicaudatus*)的摄食行为, 大约半数中性氨基酸具有引诱活性, 酰胺、酸性及亚氨基酸中仅天冬酰胺(Asn)诱食作用明显。Coman等^[3]在结晶氨基酸作为斑节对虾(*Pe-*

naeus monodon)诱食剂研究中发现, 氨基酸能促进斑节对虾较高速率的触角拍动, 步足活动。其中谷氨酸盐和牛磺酸(Tau)是最有效的单一化合物, 并且在 10^{-6} mol/L以上能明显激发斑节对虾的高活动性, 低浓度下会持续激发对虾觅食反应^[3]。饲料中添加牛磺酸使斑节对虾增重明显($P < 0.05$), 饲料转换率和蛋白质效率也增加了^[4]。Higuera等^[5]进行赖氨酸缺乏试验, 发现受试鲤(*Cyprinus carpio*)具较低水平的摄食、增重和饲料转化率, 而添加包被赖氨酸显著增加了蛋白质合成速率。

关于氨基酸类物质用于诱食剂研究的报道很多, 徐增洪等^[6]在河蟹(*Eriocheir sinensis*)基础饲料中添加0.6%复合氨基酸(甘氨酸、丙氨酸、谷氨酸)、0.15%甜菜碱和0.5%风味素, 河蟹增重率为120.5%, 脱壳率也相应高达70.8%, 饵料系数为5.1。在中国对虾(*Penaeus chinensis*)基础饲料配方中添加牛磺酸和甘氨酸的混合物, 30 min后有半数对虾摄食, 说明该混合物对中国对虾具有一定诱食效果^[7]。

不同氨基酸对同一水产动物诱食活性不同; 不同水产动物对同一氨基酸反应也有较大差异甚至有完全相反的反应。伍一军^[8]发现, 丙氨酸+精氨酸+甘氨酸对鲫鱼表现不同程度的抑制反应, 而对泥鳅则表现较强的引诱反应($P < 0.01$)。与此相反, 精氨酸+甘氨酸对鲫鱼为引诱反应($P < 0.05$), 但对泥鳅为抑制反应($P < 0.01$)。丙氨酸(0.005 mol/L)对泥鳅具有明显的引诱作用, 而甘氨酸对它则为明显的抑制作用。梁萌青等^[9]证实, 不同氨基酸对真鲷(*Pagrosomus major*)诱食效果差异很大, L-甘氨酸、丙氨酸、精氨酸、组氨酸对其有较强的引诱性, L-脯氨酸则对其有抑制作用, 并发现甘氨酸+丙氨酸对真鲷诱食作用较强, 核苷酸+氨基

收稿日期: 2001-03-09.

作者简介: 王安利(1956-), 男, 教授, 博士, 从事鱼虾营养与病害研究。

酸不如单用氨基酸效果好。

2 生物碱

生物碱中研究和应用最广泛的是甜菜碱(Betaine),甜菜碱又名甘氨酸三甲胺内盐,是一种季铵型生物碱。现已证实甜菜碱具有诱食、促生长效果,同时作为甲基供体有促进脂肪代谢、缓和应激反应、调节渗透压、稳定维生素、提高饲料利用率等功能^[10]。Penaflorida等^[11]在斑节对虾植物蛋白不同的饲料中添加甜菜碱,结果对虾获得较高增重,其他指标随植物蛋白种类和添加剂的变化而有差异。他们认为化学诱食剂不能增加斑节对虾摄食量但可引起饲料消化加快,使饲料在水中分解较少,从而减少营养散失。

国内学者将甜菜碱用作水产动物诱食剂的研究也很多。阎锡柱在鲤^[12-14]和尼罗罗非鱼(*Tilapia nilotica*)饲料中添加不同水平甜菜碱的实验中证实,添加甜菜碱能使鱼类增重明显,降低饵料系数,提高经济效益。并且甜菜碱除了对尼罗罗非鱼能促生长外,还能明显降低鱼体肌肉中脂肪含量。闫有利^[15]报道鲤配合饲料中分别添加0.3%甜菜碱,0.5%甜菜碱盐酸盐粗品,0.3%甜菜碱盐酸盐精品能较明显促进鲤鱼摄食与增重(分别增加49.32%,41.78%,43.84%)并降低饵料系数(分别降低24.16%,22.13%,14.13%)。沈美芳等^[16]认为添加甜菜碱、甜菜碱与4种氨基酸复合物对暗纹东方鲀(*Fugu obscurus*)诱食促生长作用不明,而高尚治等^[17]报道的甜菜碱与4种氨基酸复合物是红鳍东方鲀(*Fugu rubripes*)很好的摄食促进物质。中国对虾饲料中添加甜菜碱,增重率比对照组提高6%~8%,甜菜碱可以较好的促进对虾的存活和生长^[18]。在日本沼虾(*Macrobrachium nipponense*)饲料中添加甜菜碱对其有明显促进生长作用,可显著提高体重和体长的增长率,甜菜碱适宜添加量为0.75%^[19]。

3 脂肪

脂肪是水产动物饲料的主要营养成分和脂溶性维生素的载体,对水产动物摄食引诱和刺激均有显著效果。安藤靖浩等^[20]在盘鲍饲料中添加卵磷脂观察研究其诱食性,发现1,2-双亚油酰-Sn-甘油磷酸胆碱显示出最高活性,含不饱和脂肪酸的分子比只含饱和脂肪酸的分子活性高,不饱和度不同的分子种间活性差异明显。他还认为不但分子内的极性部分与卵磷脂的促摄食活性有关,非极性部分(饱和脂肪酸)也有关系。Cheshmedzhieva^[21]在虹鳟(*Salmo gairdneri*)饲料中添加向日葵油残余中的磷脂浓缩物,发现添加6%时鱼体肌肉和肝脏中的油脂达到最佳水平。同时指出,适宜n-3或n-6不饱和脂肪酸保证了虹鳟肌肉中n-3不饱和脂肪酸水平,不会引起n-3不饱和脂肪酸的饲料营养指标下降。Brigs等^[22]证实斑节对虾日粮添加胆固醇能明显提高其生长速度、饲料利用率、存活率和产量,并认为胆固醇可用作斑节对虾摄食、生长和存活的促进剂。另外,向斑节对虾幼体

和后期幼体饲料中添加卵磷脂,其表现出明显高的生长速度和存活率,低盐度条件下摄食含1%胆固醇饲料的后期幼体比对照组有明显高的耐受性($P<0.05$)^[23]。

4 糖类

糖类对水产动物的诱食活性极大,可以认为无阻碍作用。原田胜彦^[24-25]用甘味性植物生药的配糖体卡哈以苷的水提取液对黑鲷(*Haliotis nigra*)幼体、泥鳅成鱼及黄尾鲷(*Seriola aureovittata*)稚鱼进行实验,证实具有较强诱食活性并且和浓度变化相关。研究表明糖类对鱼类、棘皮动物、节肢动物、软体动物具有促摄食活性。有关学者^[26]1995年证实,单糖中的葡萄糖、果糖、半乳糖、木糖和鼠李糖,双糖中的麦芽糖和乳糖,糖醇类的山梨醇和甘露醇,核苷类的甘草甜、卡哈以苷、叶甜素,人造甜味剂中的糖精等对鲷有较好的引诱作用。其中甘草甜和麦芽糖对鲷的吸引能力随浓度增加而增强。他们分析预测,如果在捕捞渔业中使用合适的糖,可吸引大量的鱼向作业水域集中,从而大大提高渔获量。

5 有机酸

有机酸对水产动物具有良好的诱食效果。鱼类和其他水生生物组织水提取物中有丰富的有机酸,柠檬酸、乳酸可诱导罗非鱼和鳟类摄食,其他一元羧酸也可提高鳊鱼(*Anguilla japonica*)等的摄食活性。Hidaka等^[27]用24种有机酸及醇解糖和柠檬酸中间代谢产物对黄尾鲷幼鱼的味觉器官进行试验,根据神经反射记录可知在浓度 10^{-2} mol/L, pH 7.0~8.0条件下, L-乳酸、DL-甘油酸、丙酮酸、乙二醇酸、D-2-磷酸甘油酸、草酰乙酸和丙酸均有一定作用。其中乳酸反应阈值浓度为 10^{-6} mol/L,相当于脯氨酸。单个神经纤维中有些纤维对L-乳酸、丙酮酸和二醇酸均有反应,但许多神经纤维对此类物质无反应,表明各单元神经纤维敏感性不均^[27]。原田胜彦^[24]认为有机酸类对水产动物既有正面活性作用,也有负面阻碍,应视种类而定。

6 含硫有机物

Nakajima等^[28]报道,在二甲基-β-丙酸噻亨(DMPT)、二甲噻亨、二甲亚砷和二甲基砷等含硫化合物中,DMPT对鲫和鲤摄食刺激作用最强。在配合饲料、半天然饲料和天然饲料中掺入1 mmol/L的DMPT,使鲤和鲫摄食频率提高0.3~0.6倍^[28];添加5 mmol/L DMPT使真鲷、鲷和牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)的增重率比对照组分别提高2.5、4.5和1.3倍^[29];添加DMPT能促进金鱼和虹鳟生长,并增强其在水化学条件变化的忍耐力^[30]。DMPT对鲑中的一些种类也能刺激食欲和促进生长^[31]。二甲亚砷(DM)是小分子化合物,对鱼类诱食作用明显高于许多大分子物质,试验证实DM不仅对鱼类有诱食作用,而且对日本沼虾也是一种较有效的诱食和促生长物质^[19]。

7 动植物组分

7.1 动物组分

竹田正彦等^[32]在鳊鲴饲料中添加沙蚕精,能提高鳊鲴对饲料的嗜好指数和摄食量,并且增重率、饲料效率和蛋白质效率均有增加。他们还证实添加沙蚕精提高了鳊鲴消化管内的消化酶活性,增强了鳊鲴的消化吸收和代谢。Uikawa等^[33]用磷虾(*Euphausia* spp.)的水解蛋白作为诱食剂饲喂虹鳟幼鱼,结果显示,幼鳟对水解蛋白呈正性反应,尤其是水解蛋白用作表面被覆,可改变幼鳟的摄食行为并减少浪费。黄粉虫幼虫是罗非鱼的有效摄食引诱物质,试验中以2%虫糜添加效果最佳。因此,葛建忠等^[34]推荐鱼饲料中应添加1%~2%的黄粉虫幼虫糜。蚕蛹粗提物对鲤和鲫有明显引诱作用,田螺粗提物对鲤有强烈引诱作用;蚯蚓粗提物对鲤基本上无作用,而对鲫有明显引诱作用^[35]。蛤蜊提取液和乌贼内脏对真鲷、红鳍东方鲀和条纹鲈(*Morone chrysops*)有较强诱食活性,尤其是蛤蜊提取液,对红鳍东方鲀和条纹鲈的诱食活性最强^[9]。

7.2 植物组分

Harada等^[36-37]使用36种食物对黑鮰、泥鳅和黄尾鲈进行诱食研究,发现大豆(*Glycine max*)对黑鮰诱食活性最强,卷心菜(*Brassica oleracea*)对泥鳅诱食活性最强,洋葱(*Allium cepa*)对黄尾鲈诱食活性最强,并且它们的诱食活性依诱管剂浓度变化而改变。研究表明苹果(*Pyrus malus*)、欧洲梅子(*Armeniaca mume*)、日本楂果(*Crataegus japonica*)、蜜桃(*Amygdalus persica*)、葡萄(*Vitis vinifera*)、猕猴桃(*Actinidia japonica*)、西瓜(*Citrullus lanatus*)和柿子(*Diospyros kaki*)对黄尾鲈诱食性强烈,其中苹果和日本楂果诱食作用最强,并且随着使用浓度增加诱食活性增强。吴永沛^[38]采用自由择食和非自由择食的方法研究了5种海藻对虹鳟的诱食作用,结果表明,5种海藻的诱食作用极显著性差异($P < 0.01$),其中以红藻(*Porphyra columbina*)的诱食作用最大。林焱等^[39]研究证实花粉不仅是对虾饲料良好的营养成分,而且有利于促进对虾生长,提高对虾抗缺氧能力,有一定防病作用。花粉诱食效果好,不易霉变,降低了饵料系数和饲料费用。

中草药集调味增香、抗菌抗氧化、抑菌防病、调节机体功能、改善肉质等功能于一体^[40]。我国中草药资源丰富、种类繁多,用其作为饲料添加剂有广阔的前景。研究证明,饲料中添加0.5%~3%的大蒜粉,其强烈气味可刺激鱼类嗅觉,这对鲫最明显,也适用于虹鳟、鲤等^[41]。实验证实,添加大蒜制成的颗粒饲料在味觉上对鲤苗具有显著诱惑力,使其抢食激烈,摄食率高,鱼种生长速度明显加快,比对照组提高15%^[42]。用阿魏(*Ferula asafoetida*)和辟汗草配合其他原料诱捕淡水虾、小杂鱼、黄鳝(*Monopterus albus*)和墨吉对虾(*Penaeus merguensis*),具有明显的诱食效果。王振龙等^[43]按饲料重量的1%添加中草药,经64 d投喂,3只试验箱罗

非鱼增重较对照组分别提高12.3%、19.5%、16.0%,饵料系数下降14.1%~16.7%。

8 其他物质

核苷酸对水产动物也具诱食活性,研究表明,肌苷酸(测定中包括氨基酸、肌苷酸和其他物质)是竹荚鱼(*Trachurus japonicus*)最有效的摄食促进物质,肌苷酸(IMP)、腺苷二磷酸和腺苷三磷酸对鳊有诱食活性,对真鲷具诱食活性的有肌苷酸、腺苷二磷酸和腺苷一磷酸,而肌苷酸、肌苷二磷酸、肌苷、1-甲基鸟苷对大菱鲆(*Scophthalmus maximus*)具有诱食活性^[44]。Ikeda等^[45]也证实5'-单磷酸次黄嘌呤核苷添加在石斑鱼饲料中,促进了摄食并提高了血液生理指标(血红蛋白、红细胞数量)。

在现代水产养殖业迅猛发展的今天,诱食剂以其在配合饲料中的优势地位及其强大的生命力为许多专家学者所瞩目。在饲料中添加诱食剂,可以改善低鱼粉甚至无鱼粉饲料的风味,有望为世界普遍存在的蛋白源紧张问题开辟新的途径。国外学者对诱食剂的研究起步较早,形成了一套成熟的测定摄食促进物质的方法,20世纪90年代以来关于鱼类嗅觉和味觉生理的研究已达到分子水平^[46]。国内这一领域的研究也取得了一定的进展,但仍不够广泛与深入。笔者认为目前需要深入研究的问题如下:

(1)不同水产动物对诱食剂种类和诱食活性成分含量的需求不同。对同种水产动物,一种有效的诱食剂使用的最适量不会对其生长发育造成不良影响;而对于同种水产动物的不同发育阶段,应分别寻找诱食剂的最适活性含量,并检测不同阶段使用不同诱食剂的效果。

(2)研究水产动物对诱食剂产生效应是嗅觉还是味觉感觉在起主要作用,并以此作为筛选诱食剂的重要依据。

(3)观察不同诱食剂配合使用的效果。如存在协同增效的功能,则需要找出它们的最适配比以及相互作用机理。

(4)研究影响诱食剂对水产动物作用的外部条件,以使诱食剂避开不利条件,充分发挥作用。

(5)充分利用我国丰富的中草药资源,筛选高效诱食剂。

(6)选取价廉易得的原材料研制高效人工合成诱食剂,并使之形成工业化生产,获得最佳配方。

参考文献:

- [1] 黄峰,严安生,牟松.水产动物饲料诱食剂及其应用[J].中国饲料,1998(14):13-14.
- [2] 原田胜彦.氨基酸和碱对泥鳅的摄食引诱活性[J].日水志,1985,51(3):461-466.
- [3] Coman, G J, Sarac H Z, Tbornem. et al. Evaluation of crystalline amino acids, betaine and AMP as food attractants of the giant tiger prawn (*Penaeus monodon*) [J]. Comp Biochem Physiol, 1996, 113A(3):247-253.
- [4] Shiao S Y, Chou B S. Grass Shrimp, *Penaeus monodon*, growth as influenced by dietary taurine supplementation[J]. Comp Biochem

- Physiol, 1994, 108A(1): 137-142.
- [5] Higuera M, Garzon A, Hidalgo MC, et al. Influence of temperature and protein-turn over rates in the white muscle of carp[J]. Fish Physiology and Biochemistry, 1998, 18(1): 85-95.
 - [6] 徐增洪, 石文雷, 陆 鹭. 河蟹配合饵料添加诱食剂的研究[J]. 淡水渔业, 1997, 27(2): 16-17.
 - [7] 常 青. 不同添加物对虾诱食活性的影响[J]. 饲料工业, 1999, 20(6): 19-20.
 - [8] 伍一军. 氨基酸对鲫鱼、泥鳅的诱食活性[J]. 水产学报, 1993, 17(4): 337-339.
 - [9] 梁萌青, 于 宏, 常 青, 等. 不同诱食剂对3种鱼类诱食活性的研究[J]. 中国水产科学, 2000, 7(1): 60-63.
 - [10] 阎锡柱. 鱼类饲料添加剂甜菜碱的作用及其机理[J]. 饲料研究, 1997(7): 2-4.
 - [11] Penafiora V D, Virtanen E. Growth, survival and feed conversion of juvenile shrimp (*Penaeus monodon*) fed a betaine amino acid additive[J]. Isr J Aqua Bamidgeh, 1996, 48(1): 3-9.
 - [12] 阎锡柱. 甜菜碱对鲤鱼诱食促生长的研究[J]. 水产学杂志, 1996, 2(9): 31-34.
 - [13] 阎锡柱, 邱岭泉. 饲料添加甜菜碱对尼罗罗非鱼蛋白酶、淀粉酶活性的影响[J]. 中国水产科学, 1997, 4(1): 88-92.
 - [14] 阎锡柱. 饲料中添加甜菜碱对尼罗罗非鱼生长、肌肉组成和消化率的影响[J]. 水产学报, 1998, 22(2): 1-4.
 - [15] 闫有利. 甜菜碱及其盐酸盐用作鲤鱼饲料添加剂的初步研究[J]. 水产科学, 1994, 13(2): 13-15.
 - [16] 沈美芳, 殷 悦, 周宝庆, 等. 几种饲料添加剂喂养罗非鱼效果的研究[J]. 饲料研究, 1999(3): 29-31.
 - [17] 高冈治, 龟井健二, 中村元二, 等. トウフクヒによる摂食促進物質の固定[J]. 日本水产学会志, 1995, 61(6): 959.
 - [18] 梁萌青, 季文娟. 6种促生长剂对中国对虾生长的试验比较[J]. 饲料工业, 1999, 20, (6): 18.
 - [19] 韩希福, 王军萍, 张建晖. 甜菜碱和二甲基砷对日本沼虾生长的影响[J]. 河北大学学报(自然科学版), 1995, 15(2): 67-70.
 - [20] 安藤靖浩, 中村顺一, 太田亨. 卵磷脂分子中对盘鲍的摄食刺激活性[J]. 日本志, 1998, 64(1): 153.
 - [21] Cheshmedzhieva S. The effect of sunflower phosphatide additive on the fatty acid composition of muscle and liver tissue of fattening rainbow trout[J]. Zhivotnov dni Naubi, 1996, 33(7/8): 46-50.
 - [22] Briggs M R P, Brown J H, Fax C J. The Effect of dietary lipid and lecithin levels on the growth, survival, feeding efficiency, production and carcass composition of post-larval *Penaeus monodon* Fabricius[J]. Aquacul Fish Man, 1994, 25(3): 279-294.
 - [23] Paibulkichakul C, Piyatiratorakuls, Kittakop P, et al. Optimal dietary levels of lecithin and cholesterol for black tiger prawn *Penaeus monodon* larvae and post larvae[J]. Aquaculture, 1998, 167(3/4): 273-281.
 - [24] 原田胜彦, 宫崎泰幸, 田村幸吉. 配糖体哈以昔对水产动物摄食的诱导活性[J]. 日本志, 1993, 59 (11): 1 995.
 - [25] 原田胜彦. 糖类和有机酸给鱼类摄食行为带来的效果[J]. 水产技术经营, 1995, 41(4): 14-31.
 - [26] 王 勇. 糖及类糖对鲈鱼的引诱作用[J]. 水产增养殖, 1995, 43(1): 51-55.
 - [27] Hidaka I, Zeng C K. 鲈对有机酸的味觉反应[J]. 日本志, 1992, 58(6): 1179-1187.
 - [28] Nakajima K. A new feeding attractant, dimethyl- β -propiethetin for freshwater fish[J]. Jap Soc Sci Fish, 1989, 55(4): 689-695.
 - [29] 中岛谦二, 内田有恒. 添加摄食引诱物质 DMPT 对海水鱼生长影响[J]. 河北渔业, 1992(2): 16-19.
 - [30] Nakajima K. 短期添加二甲基- β -丙酸噻唑对金鱼和虹鳟的刺激效果[J]. 日本志, 1992, 58(8): 1 453-1 458.
 - [31] Knut H, Robert L, Monahan F U. Salmon Aquaculture[M]. Brain: Hartnolls Ltd. Bodmin, 1993. 111.
 - [32] 竹田正彦, 渡井健三. 向鳊鲮饲料中添加摄食诱导物质的效果[J]. 养殖, 1987, 24(3): 109-112.
 - [33] Uikawa C K, Junch B E. A method for assessment of the efficiency of feed attractant for fish[J]. Progressive Fish-culturist, 1997, 59(3): 213-217.
 - [34] 葛建忠, 葛盛芳, 阮圣义. 黄粉虫幼虫对尼罗罗非鱼摄食引诱作用初探[J]. 淡水渔业, 1997, 27(2): 10-11, 15.
 - [35] 伍一军. 几种氨基酸和动植物粗提物对鱼类诱食活性的初步研究[J]. 水产学报, 1996, 20(1): 58-60.
 - [36] Harada K, Migasaki T, Karimata A. Attractant activities of terrestrial vegetable extracts for aquatic animals[J]. Fisheries Science, 1996, 62(5): 675-682.
 - [37] Harada K, Miyasaki T. Attraction activities of fruit flesh water extracts for yellowtail seriola quinqueradiata[J]. J Shimonoseki Univ of Fish, 1994, 42(2): 73-80.
 - [38] 吴永沛. 五种海藻对虹鳟的诱食作用[J]. 台湾海峡, 1999, 18(2): 181-185.
 - [39] 林 点, 王显仓, 韩立本. 花粉提取物用于对虾饲料的研究[J]. 饲料工业, 1991, 12(2): 22-24.
 - [40] 余伯良. 食用香料植物在饲料上的应用[J]. 饲料研究, 1998(8): 12-13.
 - [41] 张 乔, 苏晓晓, 钱 浩, 等. 饲料添加剂大全[M]. 北京: 北京工业大学出版社, 1994. 6.
 - [42] 张艳萍. 饲料中添加大蒜对鱼类生长的作用[J]. 科学养鱼, 1997(11): 39.
 - [43] 王振龙, 朱德恩, 张方武. 中草药添加剂饲喂罗非鱼初步试验[J]. 水利渔业, 1995(3): 36.
 - [44] 荻野珍吉. 鱼类营养和饲料[M]. 北京: 海洋出版社, 1987. 13-33.
 - [45] Ikeda I, Shamata K, Kimura M, et al. The effect of feeding stimulants on growth factors of the marbled rakkfish hematological characteristics improved[J]. J Nat Fish Univ, 1998, 46(4): 209-214.
 - [46] 蔡春芳, 施美华, 殷建新. 水产动物摄食促进物质的研究进展[J]. 水产养殖, 1998(4): 21-23.

(For English abstract see P272)