

大口黑鲈的营养需求研究进展

丁庆秋¹ 陈宇航² 曹双俊² 叶永青²

1. 水利部中国科学院水工程生态研究所, 武汉 430079;

2. 广东省佛山市德宁水生生物研究中心, 广东佛山 528036

1 大口黑鲈的养殖状况

大口黑鲈(*Micropterus salmoides*), 俗称加州鲈, 原产于美国加利福尼亚州, 隶属鲈形目(Perciformes)太阳鱼科(Ceutrarchidae)。大口黑鲈于 1894 年引入我国^[1], 由于其具有生长快、病害少、耐低温、肉多刺少、味道鲜美、营养丰富等优点, 已成为我国养殖的主要淡水鱼品种之一。目前, 我国大口黑鲈的年产量已达 16 万 t, 大口黑鲈养殖区域主要分布在广东顺德和南海、江苏吴江和南京、浙江湖州、四川等地。广东大口黑鲈养殖面积已达 2 600 hm² 以上, 产量占全国的 75%, 位列全国第一^[2]。广东大口黑鲈土塘养殖的放养密度为 2 万尾/667m², 每 667 m² 最多可产 5 t; 而同为大口黑鲈著名产区的浙江湖州平均每 667 m² 产量仅为 1 t。广东地区一般在 3—4 月份投苗, 此时部分养殖户会使用膨化饲料进行投喂; 到 7—8 月份高温季节鱼苗长至 150~200 g 时, 开始转投冰鲜鱼饵料。一方面每年 7—8 月份南海伏季休渔期结束, 冰鲜鱼饵料价格下降; 另一方面大口黑鲈此期对膨化饲料的摄食率明显降低, 生长速度下降, 且容易出现肝脏肿大、脂肪肝等病变^[3]。

2 大口黑鲈的营养需求

2.1 蛋白质

大口黑鲈属肉食性鱼类, 其对蛋白质的需求较高, 但许多报道并未得出一致结论, 且有关大口黑鲈蛋白质需求的报道多见于幼鱼阶段。Anderson 等^[4]使用鱼蛋白浓缩物、明胶、糊精、鲑鱼油、羧甲基

纤维素、 α -纤维素等原料配制饲料饲喂初重为 2.1 和 5.7 g 的大口黑鲈, 测定出其最低蛋白质需求为 40%~41%。Brecka 等^[5]使用商业饲料饲喂初始体长为 110 mm 的大口黑鲈, 结果表明, 饲喂冷水性鱼类饲料的大口黑鲈比饲喂普通鲈鱼饲料的大口黑鲈生长速度要快; 且对于初始体长为 98 mm 的大口黑鲈而言, 在饲料总能为 13.69 kJ/g 时, 其蛋白需求为 37%。Portz 等^[6]使用双因素设计法设计了 6 个蛋白水平和 5 个能量水平的饲料, 来探究初重为 14.46 g 的大口黑鲈的蛋白和能量需求, 结果表明, 当饲料蛋白水平为 43.59%、能量水平为 16.21 kJ/g 时, 大口黑鲈有着最好的生长和饲料转化效率。梁勤朗^[7]研究表明, 对于大口黑鲈幼鱼(10 g)而言, 其饲料蛋白水平在 45%~50% 较为适宜。对于大规格大口黑鲈(初重为 122 g 左右)而言, 其蛋白需求高于上述使用半精制饲料所得出的幼鱼期蛋白需求, Tidwell 等^[8]在池塘养殖条件下测出其蛋白需求为 47%, 而且此时该试验组所用饲料的脂肪含量只有 3.7%; 但是值得注意的是, 虽然随着饲料蛋白含量的升高大口黑鲈的生长速度加快, 但其蛋白质转化效率降低, 向水体中排放氨氮的量不断增加。综上所述, 对于不同规格的大口黑鲈来说, 随着规格的增大, 其蛋白需求有着升高的趋势, 但此推论还需进一步的试验证明。

动物对于蛋白质的需求, 其实就是对于组成蛋白质的氨基酸的需求, 特别是对必需氨基酸的需求。Coyle 等^[9]对初重为 36 g 左右的大口黑鲈进行研究, 发现饲料中蛋白含量为 46%~47%、脂肪含量为 9% 时, 饲料中 2.8% 的赖氨酸水平、1.9% 的蛋氨

酸水平已经能够满足大口黑鲈的生长需求。另一研究者使用折线模型对初重为 1 g 的稚鱼期大口黑鲈的赖氨酸需求作了研究,发现 2.1% (占饲料蛋白 4.9%) 的赖氨酸水平为该阶段大口黑鲈该阶段的赖氨酸需求。陈乃松等^[10]使用二次回归模型对初重为 37.88 g 的幼鱼期大口黑鲈的蛋氨酸需求进行研究,发现在半胱氨酸水平为 0.68% 时,1.22% (占饲料蛋白 2.75%) 的蛋氨酸水平为该阶段大口黑鲈的最适需求量。周恒永^[11]以特定生长率和氮保留率

对饲料中精氨酸水平作折线回归分析得出,大口黑鲈幼鱼饲料中适宜精氨酸需求量为 1.98% ~ 2.20% (占饲料蛋白 4.31% ~ 4.79%)。但另一研究者发现,大口黑鲈的生长速率随着饲料中精氨酸水平的升高而提高,在饲料中精氨酸水平为 3.01% (占饲料蛋白 6.97%) 时,有着最大的增重率。另外,Portz 等^[12]报道了不同生长阶段的大口黑鲈的体氨基酸组成。结合以上研究,用 A/E 比值可推导出不同规格大口黑鲈的氨基酸需求,详见表 1。

表 1 不同规格大口黑鲈的体氨基酸组成及对应饲料氨基酸推估值

%

种类	0.53 g 规格		60.96 g 规格		278.52 g 规格		844.42 g 规格	
	组成	占饲料蛋白比例	组成	占饲料蛋白比例	组成	占饲料蛋白比例	组成	占饲料蛋白比例
精氨酸	10.07	6.34	8.44	5.32	8.51	5.36	8.48	5.34
组氨酸	2.07	1.30	2.08	1.31	2.06	1.30	2.10	1.32
异亮氨酸	3.65	2.30	4.19	2.64	4.00	2.52	4.09	2.58
亮氨酸	6.76	4.26	8.13	5.12	8.02	5.05	6.90	4.35
赖氨酸	7.78	4.90	7.92	4.90	8.11	4.90	7.92	4.90
蛋氨酸	2.58	1.62	2.68	1.69	2.60	1.64	2.62	1.65
苯丙氨酸	3.95	2.49	4.07	2.56	3.98	2.51	4.13	2.60
苏氨酸	4.35	2.74	4.18	2.63	4.40	2.77	4.22	2.66
色氨酸	0.89	0.56	0.84	0.53	0.90	0.57	0.71	0.45
半胱氨酸	0.62	0.39	0.72	0.45	0.83	0.52	0.77	0.49
缬氨酸	4.21	2.65	4.68	2.95	4.63	2.92	4.45	2.80
酪氨酸	3.02	1.90	3.03	1.91	2.89	1.82	2.90	1.83
合计	49.93		50.93		50.91		49.27	

在美国,大口黑鲈商业饲料的粗蛋白含量多为 40% 以上,脂肪含量在 10% ~ 15%,蛋能比值约为 26 mg/kJ^[13],鱼粉含量在 25% 以上。

2.2 脂肪和脂肪酸

关于不同阶段的大口黑鲈对脂肪和脂肪酸的需求的报道很少,多数报道集中于不同脂肪源的替代研究。Bright 等^[13]使用脂肪含量分别为 7%、10%、16%、23% (饲料中的蛋能比分别为 32.72、28.66、25.54、20.54 mg/kJ) 的饲料饲喂初重为 16.3 g 的大口黑鲈,发现随着饲料中脂肪含量的增加,大口黑鲈的生长速度略为降低,但差异不显著;鱼体中脂肪的含量随着饲料脂肪水平的提高而显著增加,鱼体的脂肪转化效率下降。钱国英^[14]使用 L₉(3⁴) 正交设计得出,23 g 左右的大口黑鲈的饲料脂肪水平应大于 6%。

除了饲料脂肪含量,饲料中脂肪酸组成对动物的生长和健康也极为关键。Subhadra 等^[15]使用菜油、鸡杂油、鲱鱼油和 50% 鸡杂油 + 50% 鲱鱼油作为 5 g 左右的大口黑鲈饲料的不同脂肪源进行试验,另使用一组商业饲料作为对照。结果表明,不同脂肪源饲料不影响大口黑鲈的生长,但是商业饲料

组大口黑鲈的生长显著好于试验组。通过脂肪酸分析表明,商业饲料中含有更高的 n-3 HUFA 和 n-3/n-6;但是无鱼油组有着更低的饲料成本优势,这也意味着从成本考虑,可以降至大口黑鲈饲料中的鱼油水平,采用多种廉价脂肪源代替。Tidwell 等^[16]也采用鱼油、玉米油、葵花油、蓖麻油、藻油等不同脂肪源饲料饲喂 15 g 左右的大口黑鲈,结果表明,不同脂肪源饲料对大口黑鲈的生长没有显著影响,但饲料中的脂肪酸组成显著影响了鱼体中的脂肪酸组成,采用鱼油饲喂的鱼体 n-3 系列脂肪酸显著高于其他组。Laporte 等^[17]采用不同饱和程度的脂肪源饲料饲喂 1.6 g 的大口黑鲈,结果表明,鱼油、低四烯酸豆油、氢化豆油和饱和豆油对大口黑鲈的生长没有显著影响;含有饱和脂肪酸的豆油对鱼体脂肪酸组成改变最小,是一种适宜的脂肪源。Yun 等^[18]认为不同脂肪源饲料对大口黑鲈的生长不造成影响,但是饲料中脂肪源的氧化造成的生长抑制的危害会大于脂肪源本身(在其试验进行的前 8 周,大口黑鲈的生长不受脂肪源的影响,而到了后 4 周,不易于氧化的牛油组的大口黑鲈生长性能远远超过了鱼油、豆油、棕榈油和鸡杂油组)。而 Chen

等^[19]关于脂类氧化对 5 g 左右大口黑鲈造成的危害则有不同的观点,在其 12 周的试验中,随着鱼油氧化程度的升高,大口黑鲈的生长速度也有所提高;但是氧化鱼油会造成鱼体内的氧化负担,使鱼体内进行氧化代谢的酶类活力升高、维生素 E 沉积率下降、肝脏细胞出现空泡和核迁移。

综上所述,由于鱼粉中含有一定量的 PUFA,且试验结果表明大口黑鲈对 PUFA 的需求并不是十分迫切,笔者认为在高鱼粉(30%以上)为背景的配方中,多种脂肪源都可以应用于大口黑鲈饲料中,从而降低饲料成本且不会影响大口黑鲈的生长,但是不同脂肪源的氧化程度应当值得关注。

2.3 碳水化合物

糖类是饲料中重要的组成部分,相对于蛋白质和脂肪而言,糖类是一种廉价的能量来源,对饲料中的蛋白质和脂肪具有节约效应。关于大口黑鲈对于糖类需求的研究也不多,但总体上认为大口黑鲈对糖类的耐受十分有限。Goodwin 等^[20]将饲料中的碳水化合物水平从 27%降至 10%,有效地降低了大口黑鲈肝脏中肝糖原的水平并减少了脂肪积累,从而降低了肝细胞的空泡化率、促进了肝脏的健康。谭肖英等^[21]配制了碳水化合物水平分别为 23%、19%和 15%的配合饲料饲喂 8.1 g 左右的大口黑鲈,结果表明,碳水化合物水平为 19%组的大口黑鲈的特定生长率和蛋白质效率最高,鱼体肝体比和脏体比随着碳水化合物水平的升高而提高。Amoah 等^[22]使用 13%、19%、25%碳水化合物水平的饲料饲喂大规格(128 g)大口黑鲈,结果表明,随着碳水化合物水平的升高,大口黑鲈的增重显著下降、肝细胞空泡化的程度升高;13%碳水化合物水平组的大口黑鲈有着最快的生长和最好的生理指标。

胰岛素是由鱼类肝胰腺分泌的一种肽类激素,其主要作用在于调节血糖、促进糖的利用。动物摄食碳水化合物后血糖会升高,从而促进体内胰岛素的分泌,进而通过负反馈调节其摄食。Sink 等^[23]发现采用葡萄糖、配合饲料和饵料鱼饲喂大口黑鲈后,葡萄糖组的大口黑鲈血液中胰岛素上升最快,配合饲料组次之,饵料鱼组最慢。高碳水化合物导致的胰岛素水平快速上升会影响动物摄食,这也许是实际生产中使用冰鲜鱼饲喂大口黑鲈时,其摄食量高于膨化饲料的原因之一。因此,建议在配制大口黑鲈饲料时,碳水化合物的水平不宜超过 15%。对于

饲料中的纤维素水平,钱国英^[14]建议不超过 3.5%。

综上所述,有关饲料中大口黑鲈可利用糖类和不可利用的纤维素的使用上限,仍然需要进一步研究。

2.4 维生素及矿物质

关于大口黑鲈的维生素及矿物元素需求的研究还比较少,也不系统,仅某几种元素(包括胆碱、维生素 C 和硒)有零散报道。胆碱有助于鱼体内肝脏中脂肪的转运和吸收。周明研究认为,大口黑鲈饲料中胆碱的适宜添加量为 0.9%,并能降低脂肪肝发生的概率^[24]。谢一荣等^[25-26]研究表明,饲料中维生素 C 的添加量在 1 g/kg 以上时,能显著促进大口黑鲈的生长和非特异性免疫力,提高嗜水气单胞菌攻毒后的存活率。Zhu 等^[27]以亚硒酸钠为饲料主要硒源,4 g 左右的大口黑鲈为研究对象,发现当饲料中硒含量为 1.60~1.85 mg/kg 时,大口黑鲈有最快生长速度,此时饲料中维生素 E 的水平为 400 IU/kg。Chen 等^[28]以 α -生育酚乙酸酯为维生素 E 源、亚硒酸钠为硒源,设计不同水平的维生素 E 和硒,来探究两者对饲料中鱼油氧化的缓解作用,结果表明,于饲料中添加维生素 E(添加量为 160 mg/kg)和硒(添加量为 1.9 mg/kg),能在一定程度上减轻鱼油氧化带来的负面影响。

3 大口黑鲈饲料配方的改进

3.1 调控蛋能比

动物体从外界摄取营养物质的第一需要即是供给生命活动的能量需要,蛋白质、脂肪和碳水化合物分别能提供 23.61、39.52 和 17.21 kJ/g 的能量^[29]。而蛋白质又是饲料中最昂贵的营养成分,使用大量蛋白质去满足动物的能量需求会急速提升饲料成本。所以,通过在饲料中使用价格较低的脂肪和可消化糖类供能,可以起到节约蛋白质的作用。

Portz 等^[6]采用随机区组设计发现饲料能值水平和蛋白水平对 14 g 左右大口黑鲈的增重率和饲料转化率都没有交互作用,饲料蛋能比为 24.99 mg/kJ 时饲料转化率最高(为 0.96)。Bright 等^[13]固定饲料蛋白水平为 40%、以调节饲料脂肪水平来探究不同蛋能比对大口黑鲈的影响,结果发现,随着饲料脂肪水平的上升、蛋能比的降低,全鱼体脂肪含量显著升高,但是大口黑鲈的增重率和饲料效率没有显著变化,并推荐 16 g 左右大口黑鲈幼鱼的蛋能比为 25.32~32.73 mg/kJ。

由于鱼类特别是大口黑鲈对糖类耐受有限、消化吸收差,所以单纯的探究蛋白质和总能的比值会带来饲料中碳水化合物的负面影响,考虑蛋白质与脂肪的比值则显得更为精准。肖温温^[30]研究了饲料中不同脂肪与蛋白质水平对大口黑鲈生长、饲料利用的影响,以评定大口黑鲈对饲料中脂肪与蛋白质的最适需求量和比值。结果表明,饲料中蛋白质含量、脂肪含量、脂肪与蛋白质含量比分别为 48.20%、12.44%和 0.26 时,大口黑鲈的生长速度最快;饲料中蛋白质含量、脂肪含量、脂肪与蛋白质含量比分别为 46.42%、13.96%和 0.30 时,蛋白质沉积率最高。并建议大口黑鲈实用饲料的蛋白质和脂肪水平分别保持在 46.0%~49.0%和 11.5%~14.0%较为适宜。

3.2 替代鱼粉

鱼粉的氨基酸组成与水生动物体组成接近,且消化吸收好,是一种公认的优质水产饲料蛋白源;但是其价格昂贵,直接拉高了饲料成本。所以,使用动植物蛋白替代鱼粉,降低鱼粉的使用量,有着提高养殖效益和保持渔业可持续发展的重要意义。

Tidwell 等^[31]探究了动植物蛋白源代替鱼粉对大口黑鲈幼鱼(3.1 和 6.9 g)生长的影响,在第 1 个试验中使用了肉骨粉、豆粕、鸡肉粉、血粉/玉米蛋白粉(1:1)和水解羽毛粉/豆粕(1:1)替代饲料中 50%的鱼粉(对照组鱼粉比例为 30%),通过 12 周的生长试验发现,鸡肉粉组和血粉/玉米蛋白粉(1:1)组大口黑鲈增重率和饲料效率与对照组无差异;在第 2 个试验中,将鸡肉粉和血粉/玉米蛋白粉(1:1)替代鱼粉的比例提高至 75%和 100%(对照组鱼粉比例仍为 30%),通过 11 周的生长试验发现,鸡肉粉组大口黑鲈的增重率和饲料效率与对照组无差异,而加大血粉/玉米蛋白粉(1:1)的替代比例,大口黑鲈的增重率和饲料效率显著降低。表明鸡肉粉可以完全替代大口黑鲈饲料中的鱼粉,而不影响大口黑鲈的生长、饲料效率和体生化成分。Cochran 等^[32]采用动植物混合蛋白源替代鱼粉,在池塘中(养殖密度为 8 650 尾/hm²)研究了降低鱼粉使用量对 2 龄大口黑鲈(210 g)的影响。研究以一种商业饲料(46%蛋白质)为对照,鸡肉粉、豆粕、和血粉为替代蛋白源替代饲料中的鱼粉,使鱼粉含量从 45%分别降至 24%和 8%。结果发现,各试验组间增重率无显著差异,但均显著高于商业饲料对

照组;24%鱼粉组的饲料系数显著低于 45%和 8%试验组,与商业饲料组无显著性差异。对养殖成本的分析发现,自配饲料均低于商业饲料,且以 24%和 8%鱼粉饲料组最低。另外,各试验组大口黑鲈的出肉率及体组成均无显著性差异。因此,对于 2 龄大口黑鲈而言,其饲料中的鱼粉的用量可以降至 8%。Subhadra 等^[15]用鸡肉粉/血粉(52:12)组合完全替代大口黑鲈(3.4 g)饲料中的鱼粉,使用菜油、鸡杂油或菜油鸡杂油混合替代鱼油,以商业饲料为对照,发现替代组大口黑鲈的生长速度都低于商业饲料组,鸡杂油组大口黑鲈的生长速度略高于其他组,但仍低于对照组。其认为该结果是由于鸡肉粉中的氨基酸不平衡且血粉的适口性差造成的。

3.3 测定消化率

饲料原料的营养价值不仅取决于其化学组成,还取决于鱼类对这些养分的吸收和利用。因此,测定消化率是饲料营养价值评定的重要内容,也是配制平衡饲料的前提。关于大口黑鲈对饲料原料的消化率的研究不多,实验鱼的规格大小也不同。Portz 等^[33]使用 8 g 左右的大口黑鲈,Sampaio—Oliveira 等^[34]使用 27 g 左右的大口黑鲈,王广军等^[35]使用 98 g 左右的大口黑鲈,Masagounder 等^[36]使用 56 g 左右的大口黑鲈,分别对几种主要原料的表观消化率作了测定,表 2 汇总了大口黑鲈对不同原料成分的表现消化率。

4 展 望

对于大口黑鲈的营养需求已有一定的研究,但仍有很多不足,如饲料中必须脂肪酸、维生素、矿物质元素的需求量尚未见报道。因此,完善不同生长阶段大口黑鲈对营养物质的需求量,有许多工作要做。另外,现阶段研究多集中于大口黑鲈幼鱼阶段,对于 150 g 以上规格鱼种的营养研究较少。在实际养殖生产中,由于 150 g 以上规格的大口黑鲈具有独特的生理特性,大部分还是直接投喂冰鲜鱼或小杂鱼;但冰鲜鱼具有价格逐年上涨、来源易带病原、投喂污染水质、加重养殖者的工作强度等缺点,因此,完善大规格大口黑鲈的营养需求,研制出优质、实用的大口黑鲈配合饲料显得十分紧迫。由于大口黑鲈对碳水化合物耐受有限,今后在低碳水化合物水平饲料的加工工艺、培育高糖类耐受大口黑鲈品系方面,仍有许多工作要做。

表 2 大口黑鲈对常用饲料原料营养成分的表现消化率

%

成分	鱼粉	鸡肉粉	豆粕	肉骨粉	玉米	玉米蛋白粉
能量	78.3	85.2	75.4	63.1	—	76.5
干物质	70.0~72.7	82.6	68.3~70.4	52.9	—	75.3
蛋白	87.7	81.5	84.2~94.3	—	—	93.6
脂肪	98.2	98.2	81.2~93.3	—	—	83.4
钙	62.8	86.7	81.1	—	—	74.5
磷	72.3	93.9	88.0	—	—	82.8
精氨酸	92.5~93.2	82.8~91.2	97.3~97.8	82.8~97.8	95.3	98.4
组氨酸	90.1~90.6	87.6~93.1	91.0~95.5	87.6~91.0	94.8	91.9
异亮氨酸	88.3~91.1	84.2~85.8	93.2~96.5	84.2~96.5	92.1	94.9
亮氨酸	89.4~92.5	85.8~88.6	93.8~97.6	85.8~97.6	95.5	89.9
赖氨酸	92.2~94.5	86.7~90.8	96.0~96.1	86.7~96.1	90.3	95.9
蛋氨酸	86.4~91.6	71.3~86.3	80.3~94.4	89.1~71.3	94.4	83.1
苯丙氨酸	90.7	84.9~87.5	93.7~94.7	94.3~94.7	94.1	93.1
苏氨酸	86.1~92.3	83.1~86.1	91.9~96.3	85.2~96.3	88.3	95.5
色氨酸	92.8~93.8	51.5~90.1	86.6~96.3	86.6~89.0	—	80.0
缬氨酸	85.8~91.0	81.3~83.0	91.7~98.6	86.7~98.6	92.0	97.1
总必需氨基酸	89.8~92.3	86.9~89.0	94.9~95.9	89.1~95.9	93.2	93.6

参 考 文 献

[1] 刘淑梅,倪信岳.加州鲈不同发育阶段的食性[J].水产科技情报,1996(5):33-36.

[2] 李静红,雷光英,李丽雪,等.广东加州鲈产业现状及发展建议[J].科学养鱼,2012(8):2-5.

[3] 刘庆升.饲料厂抢滩加州鲈饲料市场[J].海洋与渔业·水产前沿,2010(6):19-20.

[4] 梁旭方.大口黑鲈和小口黑鲈的营养和饲料[J].水利渔业,1994(4):54-55.

[5] BRECKA B J, WAHL D H, HOOE M L. Growth, survival, and body composition of largemouth bass fed various commercial diets and protein concentrations [J]. The Progressive Fish-Culturist, 1996, 58(2): 104-110.

[6] PORTZ L, CYRINO J E P, MARTINO R C. Growth and body composition of juvenile largemouth bass *Micropterus salmoides* in response to dietary protein and energy levels [J]. Aquaculture Nutrition, 2001, 7(4): 247-254.

[7] 梁勤朗. 饲料蛋白质水平与必需氨基酸补充对大口黑鲈生长、体组成和免疫力的影响[D]. 上海:上海海洋大学, 2012.

[8] TIDWELL J H, WEBSTER C D, COYLE S D. Effects of dietary protein level on second year growth and water quality for largemouth bass (*Micropterus salmoides*) raised in ponds [J]. Aquaculture, 1996, 145(1-4): 213-223.

[9] COYLE S D, TIDWELL J H, WEBSTER C D. Response of largemouth bass *Micropterus salmoides* to dietary supplementation of lysine, methionine, and highly unsaturated fatty acids [J]. Journal of the World Aquaculture Society, 2000, 31(1): 89-95.

[10] 陈乃松, 马建忠, 周恒永, 等. 大口黑鲈对饲料中蛋氨酸需求量的评定[J]. 水产学报, 2010(8): 1244-1253.

[11] 周恒永. 大口黑鲈对饲料中精氨酸需求量的研究[D]. 上海: 上

海海洋大学, 2011.

[12] PORTZ L, CYRINO J E P. Comparison of the amino acid contents of roe, whole body and muscle tissue and their A/E ratios for largemouth bass *Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802) [J]. Aquaculture Research, 2003, 34(8): 585-592.

[13] BRIGHT L A, COYLE S D, TIDWELL J H. Effect of dietary lipid level and protein energy ratio on growth and body composition of largemouth bass *Micropterus salmoides* [J]. Journal of the World Aquaculture Society, 2005, 36(1): 129-134.

[14] 钱国英. 饵料中不同蛋白质、纤维素、脂肪水平对加州鲈鱼生长的影响[J]. 动物营养学报, 2000(2): 48-52.

[15] SUBHADRA B, LOCHMANN R, RAWLES S, et al. Effect of dietary lipid source on the growth, tissue composition and hematological parameters of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) [J]. Aquaculture, 2006, 255(1-4): 210-222.

[16] TIDWELL J H, COYLE S, BRIGHT L A. Effects of different types of dietary lipids on growth and fatty acid composition of largemouth bass [J]. North American Journal of Aquaculture, 2007, 69(3): 257-264.

[17] LAPORTE J, TRUSHENSKI J. Growth performance and tissue fatty acid composition of largemouth bass fed diets containing fish oil or blends of fish oil and soy-derived lipids [J]. North American Journal of Aquaculture, 2011, 73(4): 435-444.

[18] YUN B, XUE M, WANG J, et al. Effects of lipid sources and lipid peroxidation on feed intake, growth, and tissue fatty acid compositions of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) [J]. Aquaculture International, 2013, 21(1): 97-110.

[19] CHEN Y J, LIU Y J, YANG H J, et al. Effect of dietary oxidized fish oil on growth performance, body composition, antioxidant defence mechanism and liver histology of juvenile largemouth bass *Micropterus salmoides* [J]. Aquaculture Nu-

trition, 2012, 18(3): 321-331.

[20] GOODWIN A E, LOCHMANN R T, TIEMAN D M, et al. Massive hepatic necrosis and nodular regeneration in largemouth bass fed diets high in available carbohydrate [J]. Journal of the World Aquaculture Society, 2002, 33(4): 466-477.

[21] 谭肖英, 刘永坚, 田丽霞, 等. 饲料中碳水化合物水平对大口黑鲈 *Micropterus salmoides* 生长、鱼体营养成分组成的影响[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2005(S1): 258-263.

[22] AMOAH A, COYLE S D, WEBSTER C D, et al. Effects of graded levels of carbohydrate on growth and survival of largemouth bass, *Micropterus salmoides* [J]. Journal of the World Aquaculture Society, 2008, 39(3): 397-405.

[23] SINK T D, LOCHMANN R T. Insulin response of largemouth bass to glucose, amino acid, and diet stimulation [J]. North American Journal of Aquaculture, 2007, 69(4): 429-434.

[24] 吴锐全, 黄樟翰, 卢迈新. 大口黑鲈营养研究及配合饲料发展前景[J]. 广东饲料, 2004(2): 38-39.

[25] 谢一荣, 吴锐全, 谢骏, 等. 维生素 C 水平对大口黑鲈抵抗嗜水气单胞菌感染的影响[J]. 水利渔业, 2007(5): 102-104.

[26] 谢一荣, 吴锐全, 谢骏, 等. 维生素 C 对大口黑鲈生长与非特异性免疫的影响[J]. 大连水产学院学报, 2007(4): 249-254.

[27] ZHU Y, CHEN Y J, LIU Y J, et al. Effect of dietary selenium level on growth performance, body composition and hepatic glutathione peroxidase activities of largemouth bass *Micropterus salmoide* [J]. Aquaculture Research, 2012, 43(11): 1660-1668.

[28] CHEN Y J, LIU Y J, TIAN L X, et al. Effect of dietary vitamin E and selenium supplementation on growth, body composition, and antioxidant defense mechanism in juvenile largemouth bass (*Micropterus salmoide*) fed oxidized fish oil [J]. Fish Physiology and Biochemistry, 2013, 39(3): 593-604.

[29] NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF THE NATIONAL ACADEMIES. Nutrient requirements of fish and shrimp [M]. Washington D. C.: The National Academies Press, 2011.

[30] 肖温温. 饲料中脂肪与蛋白质水平对大口黑鲈生长、体组成、非特异性免疫和血液学的影响[D]. 上海: 上海海洋大学, 2012.

[31] TIDWELL J H, COYLE S D, BRIGHT L A, et al. Evaluation of plant and animal source proteins for replacement of fish meal in practical diets for the largemouth bass *Micropterus salmoides* [J]. Journal of the World Aquaculture Society, 2005, 36(4): 454-463.

[32] COCHRAN N J, COYLE S D, TIDWELL J H. Evaluation of reduced fish meal diets for second year growout of the largemouth bass, *Micropterus salmoides* [J]. Journal of the World Aquaculture Society, 2009, 40(6): 735-743.

[33] PORTZ L, CYRINO J E P. Digestibility of nutrients and amino acids of different protein sources in practical diets by largemouth bass *Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802) [J]. Aquaculture Research, 2004, 35(4): 312-320.

[34] SAMPAIO-OLIVEIRA A M B M, CYRINO J E P. Digestibility of plant protein-based diets by largemouth bass *Micropterus salmoides* [J]. Aquaculture Nutrition, 2008, 14(4): 318-323.

[35] 王广军, 吴锐全, 谢骏, 等. 大口黑鲈对四种蛋白质饲料原料的表观消化率研究[J]. 渔业现代化, 2008(6): 36-39.

[36] MASAGOUNDER K, FIRMAN J D, HAYWARD R S, et al. Apparent digestibilities of common feedstuffs for bluegill *Lepomis macrochirus* and largemouth bass *Micropterus salmoides* using individual test ingredients [J]. Aquaculture Nutrition, 2009, 15(1): 29-37.

(责任编辑: 刘娟)

《畜禽规模养殖污染防治条例(草案)》获通过

据中国政府网消息, 国务院总理李克强 10 月 8 日主持召开国务院常务会议, 审议通过《畜禽规模养殖污染防治条例(草案)》。

《畜禽规模养殖污染防治条例(草案)》指出, 随着我国畜禽养殖量不断扩大, 养殖污染已成为农业农村环境污染的主要来源。运用法律手段, 促进养殖污染防治, 对推动畜牧业转型升级、有效预防禽流感等公共卫生事件发生、保障人民群众身体健康具有重要意义。会议要求, 要强化激励措施, 鼓励规模化、标准化养殖, 统筹养殖生产布局与农村环境保护, 严格落实养殖者污染防治责任, 扶持养殖废弃物综合利用和无害化处理, 使畜禽养殖污染明显改善, 保护生态环境, 促进畜牧业健康持续发展。

来源: 中国政府网