

罗非鱼的营养和饲料

常青 梁萌青

罗非鱼似乎是21世纪最重要的养殖鱼类。它本是非洲和巴勒斯坦地区的特有种,由于它们易于繁殖和杂交,摄食习性为杂食,对环境忍受能力很强,肉味鲜美,销路好等特点,至少有85个国家在养殖罗非鱼,中国是最大的生产国。

1 营养需要和投喂

罗非鱼对于氨基酸、蛋白质、能量和一些矿物元素及维生素的需要量已经知道。大多数的需要量数值是通过给小鱼投喂纯化饲料在实验室里得到。因为纯化饲料中的营养物质易于消化,当给较大的鱼投喂商品饲料时,将会出现食物转化率低的差异。

罗非鱼与其它动物一样,需要十种必需氨基酸。在湖泊和河流中,缺乏可利用的碳水化合物,它们可有效地利用蛋白质和脂肪作为能源。它们似乎可以较好地利用蛋白质,对于未加工的碳水化合物利用差,对于植物油的利用能力强于鲑鱼。罗非鱼不能象鲤鱼和鲑鱼那样有效的利用脂肪,后两种鱼类可以利用脂肪,从而节约蛋白质,以免消耗蛋白质用于能量。罗非鱼消化碳水化合物的能力比鲑鱼强,但随着食物中淀粉含量的增加,消化率下降。主要需要亚油酸(n-6系列脂肪酸),在饲料中加入植物油,将会比加入鱼油的生长效果好。它们似乎不需要亚麻酸(n-3系列脂

肪酸),尽管饲料中含有n-3系列脂肪酸可以降低它们对n-6系列脂肪酸的需求。与其它动物一样,在鱼小的时候,它们生长率高,营养需要量高,随着鱼长大,需要量下降。所以,随着鱼体重增加,保证最大生长的蛋白质能量比将会下降(表1)。

表1 罗非鱼主要营养需要量

鱼体重(g)	蛋白质(%)	脂肪(%)	碳水化合物(%)	蛋白质:可消化能(mg/kJ)
0.1~2.5	56~40	<12	40~50	514.14~459.8
2.5~7.5	40~36	<10		459.8
7.5~30.0	36~30	<8		443.08
>30.0	32~25	<5		430.54

注:可消化能(>30g) 12.1MJ/kg;必需脂肪酸(%饲料):亚油酸(n-6)0.5~1.0;必需氨基酸(%饲料):精氨酸1.18;组氨酸0.48;异亮氨酸0.87;亮氨酸0.95;赖氨酸1.43;蛋氨酸+胱氨酸0.90;苯丙氨酸+酪氨酸1.55;苏氨酸1.05;色氨酸0.28;缬氨酸0.78。

与其它动物类似,鱼类摄食首先满足能量需要。当食物中可消化能量增加,食物的消耗量将会下降,这将会影响鱼类摄食营养物和生长率。因此,饲料营养物质的组成与摄食率是紧密相关的(表2)。尽管表1和表2显示,随着罗非鱼体重的增加,对蛋白质的需要量下降,但是一些生产者为了提高大鱼的体重,使用较高的蛋白质水平(大于40%)。

表2 罗非鱼饲料和投喂推荐

鱼体重(g)	所需蛋白(%)	饲料颗粒大小(mm)	投喂率占鱼体湿重(%)		投喂频率(次/d)
			半精养(<20 000/公顷)	精养(>20 000/公顷)	
<1	56	<0.5	30~10	-	至饱食
1~5	40	0.5~1.0	10~6	-	6
5~20	40~35	1.0~2.0	6~4	-	4
20~100	35~32	3.2	4~3	-	4
100~250	32~28	3.2~4.6	3	-	3
250~500	28	4.6	3~2	2~1.5	3
>500	28~25	4.6	2~1.5	1.5~1.3	3~2

注:对于精养和循环系统的养殖者而言,他们使用高营养密集型的饲料,这种饲料更容易消化,产生废物也少。在这种系统中,体重大于200g的鱼需要蛋白质40%、脂肪8%~10%。

常青,中国水产科学院黄海水产研究所营养与加工室,助研,266071,山东省青岛市南京路106号,(0532)5822914。

梁萌青,单位及通讯地址同第一作者。

收稿日期:2002-04-02

对于维生素VC、VD、VE和VB的需要量见表3。饲料中不需要VB₁₂因为胃肠道中可以合成。维生素的缺乏症各有不同,常见的为呆滞和生长缓慢。矿物元素的需要量知道不多,一些与鲑鱼雷同。罗非鱼可以通过鳃,从水中吸收钙和其它可能的矿物元素,磷通过

肠道吸收。

表3 罗非鱼矿物质和维生素的需要量

维生素	每千克饲料中含量	矿物质	每千克饲料中含量
VB ₂	5~6mg	Ca	0.70%
VB ₃	6~10mg	Mg	2.5mg
VB ₁₂	NR	P	0.45~0.90%
VC	40~125mg	Zn	20~30mg
VD	375IU		
VE	25~100mg		
胆碱	NR		

注:NR是指没有建立需要量。

罗非鱼可以不停摄食植物性食物,它们的胃很小,肠道很长。因此,食物的颗粒应该很小,每天必须多次投喂。研究表明,给尼罗罗非鱼每天投喂4次,比每天2次的生长快,但是每天投喂8次则不会有更大益处。投喂应该定时,在溶氧上升(3mg/kg)将会受几个因素的影响,这包括鱼体的大小,健康状况,水质(主要是水温和溶氧),天然饵料量和养殖密度。为了方便起见,投喂率通常以估计鱼体湿重的百分比来表示,但这会影响小鱼获得更多的饲料。投喂鱼类至饱食,以确保大多鱼能够得到饲料。这需要手工投喂,但对于大型养殖不合适。有经验的投喂者,可以在不明显影响生长的情况下,通过投喂70%饱食量,来降低饲料成本。

2 饲料的配制

罗非鱼的饲料应该是营养平衡、适口、易消化的,而且鱼肉应是鲜美的,对于水质的影响应是最小的。它们还必须具备一定的物理性状,成本经济和易于生产。由于罗非鱼的营养需要量不包括富余,所以营养学家在做配方时,要考虑到贮存和加工过程中营养物质的损失,会留有余地。

选择饲料原料,要考虑它们的可利用性,营养物质的含量,价格和安全性(不含有毒物)。还有它们的消化率,适口性以及单位可利用营养物的价格(如可消化蛋白或可消化能量)。饲料原料传统上被划分为蛋白源或能量源,必需脂肪酸、维生素和矿物元素。特殊的饲料成分还有添加剂。主要蛋白源有:鱼粉、豆粕、肉粉或肉骨粉还有其它少量补充的蛋白源:玉米、蛋白粉、棉籽油、花生油、羽毛粉。

主要能源包括植物油、玉米、高粱、小麦和小麦副产物、豆类、蜜糖、大米和大米的副产物较少使用。维生素和矿物元素可以分开添加,也可以制成复合的预混料,为了保证在制粒和进入水中时的稳定性,维生

素有不同的保护形式。加入磷矿石和石灰石用以增加磷和钙的含量。添加剂还包括抗氧化剂(多用于维生素预混料)和抗菌素(仅用于治疗)以及粘合剂。尽管一些有机酸,比如天冬氨酸、谷氨酸和柠檬酸,具有一定的诱食效果,但是在饲料中通常不使用。防霉剂在罗非鱼的饲料中通常也不使用。

利用最小成本线性规划的方法得到饲料配方,这需要限定营养水平和饲料成分的含量。将鱼类的营养需要量,饲料原料的营养成分和价格进行线性规划,软件将会给出利用所给原料的最低饲料成本的配方。表4列出了在美国集约化养殖体重大于50g罗非鱼的饲料配方中的限制因子。

表4 罗非鱼生长期饲料配方限制条件(%)

项目	限制	
	最小	最大
粗蛋白	32.0	
可消化能(MJ/kg)	12.12	
粗纤维		6.0
灰分		12.0
赖氨酸	1.5	
蛋氨酸+胱氨酸	1.0	
有效磷	0.7	
鱼粉	4.0	
豆粕		50.0
玉米,黄色谷物,面粉		10.0
粗粉		30.0
脂肪	1.0	
磷酸二氢钙	1.5	
维生素预混物	0.5	0.5
矿物质预混物	0.2	0.2

注:适合养殖数量>50000/公顷,体重>50g的罗非鱼。合适蛋白质有鱼粉和豆粕,合适能源为脂肪、玉米、麸皮和面粉。面粉还可做为粘合剂。

因为能量的需求调整着摄食量,所以能量应该被当作首要考虑因素。但是由于蛋白质的价格高,实际上蛋白质成为配方中首先考虑的因素,而氨基酸的需要量比蛋白质的需要量更重要,所以应该首先考虑限制性氨基酸。最为典型的是饲料中应该包括蛋氨酸+胱氨酸和赖氨酸的最低水平(见表4)。蛋白质和脂肪都是罗非鱼很好的能源,在饲料中加入一点脂肪,可以使团块状的饲料在经过模板时能够减小阻力。要想使饲料具有良好的水中稳定性(至少30min),饲料中需要有20%的碳水化合物用于淀粉的糊化,从而起到粘结饲料成分的作用。饲料原料中必须不含有抗营养成分,如棉籽饼中的游离棉酚和霉菌毒素。饲料原料要进行很好地粉碎,达到400μm,然后进行混合和制粒,提供给鱼类大小合适的完全的配合饲料。制作沉性饲料时模板处的温度为80~90℃,膨化饲料的则超过120℃。两种制作方式各有利弊:膨化饲料可

以增加饲料在水中的稳定性,还可以提高碳水化合物和一些蛋白质的利用率,在投喂过程中使鱼类到达水面,便于观察。而且高温高压的环境允许使用水分含量高的饲料原料,一些副产品的使用比率可以提高,同时可以消毒。但是另一方面,高温会使一些不耐热的营养物质遭到破坏,如蛋白质和维生素,还会使生产成本上涨15%。表5给出了实际饲料配方的例子。欧洲市场不允许在鱼的饲料中使用哺乳类和家禽的产品,鱼粉成为饲料中唯一的动物蛋白源。

表5 罗非鱼的实用饲料

饲料组成或营养成分	含量		
	鱼苗(0.1~1.0g)	鱼种(10~50g)	成鱼(>50g)
鱼粉 60%	50.0	12.0	4.0
豆粕 48%	17.0	46.0	34.0
粗粉 17%	4.0	30.0	30.0
面粉	4.2	-	-
玉米	-	6.2	22.1
玉米蛋白粉 60%	12.0	-	-
家禽副产品 17%	2.0	-	6.0
动物-植物油	-	3.6	0.5
鱼油	1.0	-	-
豆油	5.0	-	-
奶可溶粉	4.0	-	*
磷	-	1.4	2.6
维生素-矿物质预混物	0.5	0.5	0.5
粘合剂	0.3	0.3	0.3
蛋氨酸	-	-	0.01
粗蛋白%	49.5	35.0	28.5
粗脂肪%	13.2	8.0	4.6
纤维+灰分%	13.0	12.4	11.9
有效磷%	1.6	0.8	1.8
赖氨酸%	3.4	2.2	1.6
蛋氨酸%	1.4	0.7	0.5
干物质%	91.0	90.0	88.3
可消化能%	N/A	31.0	25.0
可消化能量(MJ/kg)	N/A	13.79	12.33
大约成本(美元/t)	485	245	204

注:1. 对于1~5g鱼苗和5~10g鱼种的饲料没有显示;

2. 数据完整;

3. 在欧洲禁止在鱼饲料中使用哺乳类和家禽类的产品;N/A表示无可利用的数值。

3 环境方面的问题

集约化养殖罗非鱼需要更多的土地和水,需要投入更多的饲料,消耗更多的电,同时还需要进一步遗传改良,选育生长更快的品种。这时环境方面的问题就增加了。这包括土地和水资源的矛盾,自然栖息物的破坏,消费品种改良生物的争论,从养殖场逃逸的鱼类对野生种群基因库的干扰,以及养殖场废水的污染。未吃的饲料以及排泄废物是水产养殖场最大污染源。饲料未食、粪便分解以及鱼类分泌的氨,使得10%~30%的氮和磷进入水体。高含量的氮和磷,会造成水花,使水体和泥土中的溶氧下降。高密度水体过渡投喂,会使养殖场排出的废水污染自然水域,造

成水体富营养化。

解决环境方面的冲突需要更有效的养殖方式和处理污水的方法,还有通过遗传选育提高放养水平。选择养殖场的位置和大小必须考虑与其它资源的冲突。还要关注饲料及投喂方法,通过使用高消化率的原料(低植酸和低灰分)和加入酶帮助消化,尽量减少来自饲料配制和生产中产生的废物。

4 存在的问题和今后的研究方向

罗非鱼是一种很好养殖的鱼类,对环境变化有很高耐受性,所以养殖水域及其广泛,遍布世界各地。这既有有利的一面也有不利的一面。尽管每年养殖产量都在突飞猛进,但是不像其它养殖动物有成功养殖场的标准。实际上的管理趋向于区域化和特定化,每个养殖水域的养殖者都在努力寻求放养密度和水质变化情况下鱼类的生物学和生理特性的变化。所以这需要通过在养殖生产、饲料加工、遗传选育和品质保证等方面采取先进的技术,确定最低成本养殖的标准。

罗非鱼的出肉率较低,体重400~600g的鱼平均只有33%~35%的出肉率,明显低于鲑鱼60%的出肉率。可以通过遗传选育的方法,生产体格肥大的罗非鱼,使较大鱼的出肉率可以达到40%~42%。

在养殖开始阶段使用类固醇作用产生全雄罗非鱼的时代即将过去。尽管在收获前的几个月,鱼肉中已经不会有残留,但消费者对使用激素还是不能认可。不使用激素意味着阻断雌激素的结合位点或利用三倍体育种或使用“超雄”YY罗非鱼,得到快速生长的雄性罗非鱼,这是今后的一个研究方向。

在营养领域,重点应该放在鱼类的营养需要量,以及商品饲料各组分的可利用性。目标应放在幼鱼和成鱼,因为它们消耗饲料的量最大,况且缺乏养殖状态下的数值。改善营养物质的可利用率,可以提高饲料功效,降低废物。寻找鱼粉替代物的工作还要继续。还要确定养殖不同阶段的罗非鱼对维生素和矿物元素的需要量,发展热稳定性的酶提高膨化饲料中玉米和豆粕中植酸磷的消化率,选择合适的添加剂和抗生素改善饲料的适口性和鱼类肠道功能。未来罗非鱼的养殖要求养殖者利用最少的水、饲料、时间、最低成本来生产更多的鱼,同时带来的污染最低。对于集约化养殖、水的再利用、品质控制和保证,这些操作过程都需要制定标准。为了提高生长速度,出肉率、疾病抵抗力、环境耐受性,降低废物的产生,在遗传选育、生产操作和系统管理方面还需作工作。

(责任编辑 沈桂宇)