

渔用饲料与养殖 技术研讨会资料

辽宁省抚顺市淡水水产研究所
大连水产学院养殖系
一九九三年十月

鱼类配合饲料发展的新动向

王吉桥 (大连水产学院)

一、鱼类配合饲料中鱼粉代用品的研究现状

名特优肉食性水产品养殖的发展增加了鱼粉的需求量,而鱼类自然资源不足使世界鱼粉产量下降,因此,全世界都在探索来源广、价格低、效果好的鱼粉代用品。目前淡水养鱼中主要采用下列途径部分或全部代替鱼粉。

(一) 用植物蛋白代替鱼粉

迄今能部分代替鱼粉的植物蛋白主要是油料植物及其饼粕、食品和医药工业的废渣、废液(DDG 蛋白饲料和淀粉渣)。植物蛋白饲料源中常含有多种抗营养物质,必须经过处理才能作为鱼饲料(表1)。不同鱼类对生大豆中的胰蛋白酶抑制物的反应不同。当饲料的粗蛋白含量为35%和25%时,斑点叉尾鲟(*Ictalurus punctatus*)对胰蛋白酶抑制物的耐受浓度分别为8.9和3.6mg/L;尼罗非鲫(*Oreochromis niloticus*)为0.9mg/L;鲤、草鱼的耐受力尚不清楚。脱皮能显著提高赤小豆的表现消化率,因为抗营养物质存在于种皮内。

各种油料饼粕所含的氨基酸种类、比例和消化速度各异,按照鱼对各种必需氨基酸的需要和消化特点,合理搭配是充分发挥其鱼粉代用品作用的关键。大豆粕富含赖氨酸,但精氨酸和蛋氨酸不足,而棉籽饼和菜籽饼却富含精、蛋氨酸。棉籽饼、菜籽饼和豆粕按2:1:1混合,既能满足鲤的营养需要,又能降低饲料成本。大豆含有的含硫氨基酸能满足鲤需要量的74.6%,蚕豆能满足32%,但是,大豆蛋白的水解速度比蚕豆快,二者结合起来,均衡吸收,营养价值大为提高。鲤对碗豆中的芳香族氨基酸吸收快于羽扁豆;对小麦蛋白的吸收快于燕麦,恰当地搭配能提高单一饲料的营养价值。葵花籽饼的蛋氨酸、胱氨酸、亚油酸和油酸含量高于大豆粕,而赖氨酸、色氨酸含量低,多种原料混合,营养可互补。

饲料蛋白含量不同,大豆粕代替鱼粉的效果亦不同(表2)。一般来说,当饲料蛋白含量略低于最适需要量时,效果最好。奥尼鱼摄食含蛋白质32%的饲料时,用大豆粕代替30%鱼粉的生长速度、饲料系数均不如对照组,但是,当摄食含蛋白24%的饲料时,生长速度和饲料系数与对照组无显著差异。

(二) 添加晶体限制性氨基酸

Murai 等(1986)用经甲醇处理或没处理的大豆粕粉(已烷提取,加热至105℃30分钟,雾化粉末)取代75%的鱼粉,然后添加晶体氨基酸,使其氨基酸组成与含鱼粉44.60%的对照饲料相近,在25±0.5℃下喂养重3.52克的鲤鱼种4周。结果摄食试验饲料的鲤生长速度和蛋白质积累率均为对照鱼生长速度和蛋白质积累率均与对照鱼生长无显著影响,而鲤血浆中蛋氨酸含量变化显著而鲤血而鲤血浆中蛋氨酸含量变6小时,血浆中游离蛋氨酸量不足对照鱼的一半。这表是对照鱼的一半。这表基酸。于是,Murai 等(1981)用酪蛋白将10种必需用酪蛋白将10种必需2.2克重的鲤。结果发现,摄食经包被的晶体氨基酸饲料的鲤生长速度和饲料效率与对照鱼相近,分别

比摄食未包被晶体氨基酸的鲤快 4 倍以上和近 2 倍。这很可能是包被降低了氨基酸吸收速度的差异而提高了利用率。

为了验证这一假说, Murai 等 (1981) 给 35 克重的鲤投喂对照饲料 (酪蛋白+胶原蛋白) (2 号)、明胶 (1 号)、明胶加未包被的必需氨基酸 (3 号) 和明胶加包被的必需氨基酸 (4 号) 饲料后 0.5、1.0、1.5、2、3、4、6、8、12 和 24 小时分别测定血液中各种游离氨基酸的含量。结果表明, 摄食 3 号和 4 号饲料的鲤血液中各种必需氨基酸数量达到最大值和降至禁食时的水平所需的时间都比对照组短。鲤摄食 4 号饲料后 1—8 小时内色氨酸含量高于摄食 3 号饲料的鲤, 亮氨酸则相反。摄食 2 号饲料的鲤血浆中各种必需氨基酸的含量始终很低。鲤摄食 2、3、4 号饲料后 6 小时血浆必需氨基酸平衡值 (BEAA_p) 降至最低值, 分别为 32.3%、57.9% 和 86.7% (表 3)。鲤摄食晶体氨基酸混合物和晶体氨基酸加酪蛋白两种饲料时, 排泄的游离氨基酸量分别占总氮物的 36.0% 和 12.8%。这些结果表明, 用酪蛋白包被晶体氨基酸或在饲料中添加酪蛋白等非晶体蛋白可改变色氨酸和亮氨酸的吸收速度, 减少了某些氨基酸吸收速度上的差异, 适时提供合成蛋白质所需的各种氨基酸, 降低了排泄的氨基酸量, 提高了 BEAA 值。Murai 等 (1981a) 比较了用不同方法处理的酪蛋白作包被材料的效果, 认为经甲醛处理的酪蛋白效果最好。

(三) 动物性鱼粉代用品

用作鱼粉代用品的动物性饲料有肉骨粉、血粉、蚕蛹粉、羽毛粉和食品厂的下脚料等 (表 4)。蚯蚓、浮游动物既是诱食剂, 也是鱼粉代用品。奇怪的是, 渔业广泛利用畜牧业的下脚料, 却将大量的鱼内脏等下脚料分散流失掉。以鲢、鳙鱼为例, 鳞、鳃、头和内脏约占体重的 42—60%。如能将鱼的内脏和下脚回收利用, 按 1992 年渔产量 1300 万吨计 (《中国水产》, 92 年二期 P4), 仅 40% 的淡水鱼即可回收 (1300 万吨 $\times 0.4 \times 0.4 =$) 218 万吨鱼类废弃物。美国利用比目鱼头、骨和内脏, 对虾和蟹等的副产物代替 10—20% 的鱼粉饲养斑点叉尾鲷, 效果很好; 用禽毛粉和禽油代替鱼粉和脂类养鲑鱼和鳟鱼也取得了成功。

(四) 用单细胞蛋白代替鱼粉

在单细胞蛋白中, 饲料酵母蛋白含量高 (>60%), 营养全面, 生产原料广泛, 以“未来鱼粉”之称广为用于鱼类饲料中 (表 5)。从目前的研究看, 饲料酵母的添加量多为 7.5—30%, 取代 50—75% 的鱼粉是可行的。

Atack 等 (1978) 用石油酵母、嗜甲醇细菌、螺旋藻 (*Spirulina maxima*) 和大豆粕作蛋白源配成含粗蛋白 30% 的等氮量和等热量饲料, 以酪蛋白和鳕鱼粉作对照, 研究了在 25°C 条件下 30 克重的鲤鱼种对上述几种单细胞蛋白的利用率 (表 6)。实验证明, 鲤摄食细菌蛋白、石油酵母饲料时生长快, 饲料利用率高。制约细菌蛋白和酵母广泛应用的主要问题是生产成本和营养 (卫生) 因素, 应进行深入研究。

节省蛋白的另一个途径是利用鸡粪再生饲料。鸡的体长与消化道长度之比仅为 1:7 (马为 1:15, 牛为 1:20, 羊为 1:27), 食物在消化道内停留仅为 4 小时 (猪为 39 小时, 牛 6—7 天), 约有 80% 的摄入饲料未被消化而随粪便排出体外。虽然鸡粪中的粗蛋白大部分为非蛋白氮, 但各种氨基酸含量超过玉米、大麦和高粱等谷物饲料; 矿物质含量也

很丰富。经热喷法处理后，鸡粪中的有机物消化率明显提高，也达到了除臭、灭菌、杀死虫卵的目的，在渔业中广泛利用很有前景。

表1 某些植物蛋白饲料中的抗营养素及解毒方法*

饲料种类	抗营养素	生化原理	解毒方法
大豆	胰蛋白酶抑制因子	与胰蛋白酶结合成无活性的复合物。	加热至 50℃，持续 60—90 分钟。
	血球凝集剂	凝集血红细胞。	胃蛋白酶纯化。
棉籽饼	棉酚	促进肝中沉积脂肪。	①煮熟 0.5 小时； ②加等量水深埋 60 天； ③用 2% 工业硫酸亚铁（与饲料 1:1）搅拌后晒 24 小时。
	环丙烯脂肪酸	损坏肝脏。	
亚麻籽饼	维生素 B ₆ 拮抗物	其水解产物 1-氨基-D 脯氨酸与体内吡哆酸磷酸盐形成复合物。	①浸泡在水中或高压菌分解； ②添加 2% 麦饭石粉。
菜籽饼	芥子	在芥子酶作用下，芥子 水解成脂溶性的有毒物质：硫氰酸脂、异硫氰酸脂和乙烯基异噻唑硫酮，损害肝、肾、皮肤粘膜。	同棉籽饼。 热喷法去毒。
蓖麻籽饼	毒蛋白和血球凝集素		加热至 120—125℃。
	蓖麻碱和变应原		在 120—125℃ 下处理 60 分钟。

* 依王渊源 (1990)、闵建华等 (1990) 和关受江 (1988) 等的资料整理而成。

表2 用大豆粕代替30%鱼粉饲养奥尼鱼(尼罗非鲫 *Oreochromis niloticus* X 金色非鲫 *O. aureus*) 的效果(4周, 水温26℃)*

饲料组成	增重率 (%)	饲料系数	蛋白质 功效比值	蛋白质消 化率 (%)	总消化率 (%)
含粗蛋白24%时					
100%鱼粉	143.84±40.73	1.44±0.33	2.98±0.62	90.39±4.28	87.39±6.79
70%鱼粉+30%豆粕粉	138.51±32.68	1.50±0.26	2.73±0.44	91.05±2.18	86.61±3.32
70%鱼粉+30%豆粕粉 +蛋氨酸	146.68±14.42	1.37±0.10	3.05±0.20	92.54±2.26	89.57±4.76
含精蛋白32%时					
100%鱼粉	191.15±39.76	1.17±0.17	2.71±0.38	90.16±3.35	90.12±3.80
70%鱼粉+30%豆粕	150.05±39.31	1.39±0.28	2.23±0.50	89.71±3.53	86.02±3.79
70%鱼粉+30%豆粕 +蛋氨酸	183.31±10.70	1.20±0.05	2.62±0.11	93.30±3.77	91.27±6.45

* 引自 Shiao 等 (1987)。

表3 鲤摄食不同饲料后的血浆必需氨基酸平衡值 (BEAA)*

摄食后时间 (小时)	饲料种类		
	2号	3号	4号
0.5	83.4	83.8	85.9
1.0	71.6	88.3	89.5
1.5	65.2	87.9	92.3
2	49.8	90.2	96.4
3	51.4	88.5	92.9
4	53.8	85.7	96.4
6	32.3	57.9	86.7
8	85.7	83.4	86.9
12	86.5	92.5	93.8
24	83.0	92.0	92.0
平均	63.5	84.3	91.2

* 引自 Murai 等 (1982)。

$$BEAA_p = \sqrt[10]{\frac{100a}{ac} \times \frac{100b}{bc} \times \frac{100c}{cc} \times \dots \times \frac{100j}{jc}}$$

式中 a, b, c, ……j 为摄食试验饲料时每种必需氨基酸的 A/E 比;

ac, bc, cc, ……jc 为摄食对照饲料时每种必需氨基酸的 A/E 比。A/E 比为每种必需氨基酸量占总必需氨基酸量(包括胱氨酸和酪氨酸)之比。表中数据以全卵蛋白的 A/E 比=100 计。

表4 几种常见动物性鱼粉代用品的营养成分(占干物质%)

名称	干物质	精蛋白	粗脂肪	赖氨酸	蛋氨酸	精氨酸	G	P	可利用能 (千卡/kg)
肉骨粉	93.5	24.4	2.1	1.37	0.34	1.24	12.5	5.4	2424
猪血粉	89.7	80.7	4.81	7.79	0.68	4.13	0.39	0.2	3928
蚕蛹粉	91.0	53.9	22.8	3.66	2.21	3.51	0.25	0.53	4770
羽毛粉	90.0	76.1	1.2	1.55	0.51	5.62	0.04	0.12	3648
虾头粉		47.8	7.36	0.34g/gN	0.33g/gN		7.50	0.78	4536
蚯蚓	15.4	61.9	10.1	3.00	0.37				
比目鱼 头骨与 内脏粉		62.9	13.4	7.8	1.3	3.2			

依吴道霖(1990)、包仲廉(1990)和 Dan 等(1992)的数据而成。

表5 用饲料酵母代替鱼粉养鱼的效果

酵母种类	养殖鱼类		适宜添加量 (占饲料%)	取代鱼粉 (%)	作 者
	种类	规格(克/尾)			
乙基酵母	虹鳟	28	15	50	引自《淡水渔业译丛》 (1983)
石油酵母	鲤鱼	鱼种	50		刘宝群等(1978)
混合酵母	鲤鱼	40—50	10	20	吕 迅等(1991)
正烷酵母	鲤鱼	90	30		汪锡钧等(1981)
Y-11 酵母	非鲫		7.5	75	王玉堂(1992)
	鲤鱼	夏花	9	50	李 伟等(1991)
	杂交鲤	夏花		100	王兆军等(1990)
活性酵母	鲤鱼	217—220	30	100	匡保芬等(1991)
	鲤鱼	0.5—50	7.5	100	孙廷列等(1992)

表6 鲤鱼种对几种单细胞蛋白的利用率及与其它饲料的比较*

单细胞蛋白	瞬时增长率 (%)	饲料系数	蛋白质功效 比值 (PER)	蛋白质净利 用率 (NPU)	消化率 (%)
螺旋藻	1.18	2.50	1.15	36	87.1
大豆粕	1.24	2.86	1.35	42	83.7
石油酵母	2.08	1.55	2.08	47	96.6
鳀鱼粉	2.26	1.42	2.82	64	80.3
酪蛋白	2.40	1.39	2.48	49	90.3
细菌	2.78	1.14	2.54	49	95.5

*引自 Atack 等 (1979)。

二、鱼类配合饲料中几种新的非营养性添加剂

(一) 促生长剂

促生长剂在世界畜牧业中应用十分广泛。欧共体内共有 15 种促生长剂用于猪、禽、牛,能提高增重率 5—7%,饲料转化率 2—9% (表 7)。促生长剂的作用模型是基于细菌细胞壁合成、蛋白质合成和 DNA 合成受抑制及离子载体调整阳离子的渗透性,所以,大多数促生长剂都具有促长和抑制革兰氏阳性细菌的作用。促生长剂在渔业中的应用才刚刚起步。目前见于报道的主要有浙江宁波激素制品厂生产的克拉酮和北京市营养源研究所生产的 IV 号促生长剂及 T—D 促生长剂,小规模用于草鱼、鲤、异育银鲫、团头鲂、非鲫、露斯塔野鲮 (*Labeo rohita*)、胡子鲇 (*Clarias fuscus*)、丰鲤、罗氏沼虾 (*Macrobrachium rosenbergii*) 和鳊鱼种及虹鳟鱼中,取得了较好的效果。叶金云等 (1992) 和上海水产研究所还将噻乙醇 (商品名为快育灵,化学名为 2—甲基—3—羟乙酰氨基—噻恶啉—1,4—二氧化物) 按 50ppm 和 30—150ppm 的剂量分别添加到一龄草鱼和当年团头鲂夏花饲料中,使生长速度提高了 15—25%,成活率提高了 5—10%。

鱼类的生长发育受外界环境条件和体内各种内分泌激素及多种因子的调控。因此,鱼类营养和饲料的研究已从传统的添加机体所需的各种营养物质和能量转向研究各种调节生长发育的因子 (又称合成驱动因子 Anaboli Drive (引自 Millward)) 及其应用。在这方面比较活跃和大有可为的领域就是鱼类生长内分泌学。目前已知的调节鱼类生长发育的内分泌激素主要有生长激素、甲状腺激素、类固醇激素和胰岛素。

鲤和非鲫的生长激素分子量约为 22500 和 22200 道尔顿,为 188 (或 187) 个氨基酸组成的单链多肽,有二个二硫键,空间构型中 α -螺旋成份占 50%。生长激素的分泌受下丘脑分泌的生长激素释放因子 (GHRF) 和生长激素释放抑制因子 (GRIF) 的双重调控。鲤的生长激素释放激素 (GHRH) 由 44 个氨基酸残基组成,能促进中脑垂体的生长激素细胞分泌生长激素。此外,促性腺激素释放激素也能刺激生长激素的分泌。血清中生长激素含量与鱼的生长速度呈正相关。生长激素的促生长作用是通过刺激下丘脑的摄食中枢或通过降低血糖含量而间接作用于摄食中枢,促进摄食,提高饲料转化效率来完成的。

生长激素可以刺激鱼体脂肪的氧化,蛋白质的合成,提高细胞对氨基酸的吸收率,使摄入的氨基酸用于组织生长。

硬骨鱼类 3, 5, 3-三碘甲状腺原氨酸 (T_3) 是由 T_4 在外周组织 (主要是肝脏) 中脱碘转化而来。非鲫、鲤和遮目鱼 (*Chanos chanos*) 苗在 T_3 水溶液中处理一定时间后,生长速度和成活率明显提高。

类固醇 (主要是雄激素和雌激素) 在鱼类性逆转中广泛应用,以获得生长速度快的雄体 (非鲫) 或雌体 (鲤)。用含 300 和 400ppm 甲基睾酮的饲料饲养鲤苗和鱼种,生长明显加快。

蛙鲮鱼类胰岛素的 A 和 B 链上有 14 个氨基酸残基不同。胰岛素可促进蛋白质的合成代谢和亮氨酸向鱼类骨骼肌中整合。鲤等鱼类对糖的利用率低于哺乳类的原因之一是胰岛素分泌量不足。增加鱼类血液中胰岛素的含量有利于增加饲料含糖量,节省蛋白质。

类固醇可以拌入饲料,通过口服进入鱼体而发挥生理作用,但是,生长激素,甲状腺激素和胰岛素均为肽类激素,易被消化酶分解,不易口服,可采用浸泡的方法,通过鳃和皮肤渗透入血。鲫鱼浸在促性腺激素释放激素 (GnRH) 溶液中,血浆中很快就出现了 GnRH。每 7 天将银大马哈 (*Oncorhynchus kisutch*) 和大马哈 (*O. keta*) 鱼种在 3 或 30mg/L 的重组生长激素 (rsGH) 中浸泡 60 分钟,然后放回水族箱中饲养,生长速度明显快于对照鱼。

制约激素用作促生长剂的主要原因是担心激素在鱼体内残留。同位素跟踪研究证明,尼罗非鲫 (*Oreochromis niloticus*) 连续 30 天摄食每公斤含 30mg 17- α -甲基睾酮的饲料,停药 3 天后,95% 的甲基睾酮转化成极性代谢产物;10 天后甲基睾酮的残留浓度与未摄食甲基睾酮的对照鱼相同。而且,甲基睾酮残留物浓度在体组织内的分布由浓至稀依次为:胆汁>肝>肾>肌肉。既然类固醇在鱼体内残留时间短,鱼类必需除去内脏后食用,所以,这类促生长剂是可以利用的。

(二) 诱食剂

提高鱼类,尤其是那些专食活饵料的鳊鱼和蛙、鳖等名贵水生经济动物,对饲料的喜食性是提高饲料利用率的重要途径。目前提高饲料的喜食性常采用两种方法:一是改善饲料的物理性状 (颜色、形状、粒度、粘度等);二是在饲料中添加促摄食物质 (诱食剂),通过味觉、触觉刺激摄食中枢,促进摄食。

鱼类的嗅觉十分敏感。如鳗鲡对苯乙醇的嗅觉感觉阈与狗相仿。因此,在饲料中添加诱食剂,变不食或不喜食的饲料为鱼类喜食饲料,可以提高摄食量和饲料利用率,扩大饲料来源。

某些含氮化合物,尤其是氨基酸和腺苷,是鱼类有效的诱食剂 (表 8)。大多数鱼类的味觉对含有 α -羟基、游离的 α -氨基和 α -羟基的碱性氨基酸 (精、赖)、中性氨基酸 (甘、丙、丝) 和脯氨酸的反应最强。甜菜碱是从甜菜加工副产品中提取的甘氨酸三甲基内酯,是较好的甲基供体和促摄食物质 (表 9)。

研究诱食剂的诱食效果常用两种方法:饱食量法和迷宫法。饱食量法是将试验饲料定时投入水槽中,记录饱食量,以每天百克鱼所摄食的食物量作为衡量诱食效果的指标。迷宫法是将鱼放在迷宫式水槽一端的 A 室中,试验饲料放入另一端的 B 室中,定期检查

B室中鱼的数目，以集鱼率作为衡量诱食效果的指标。

(三) 生物制剂及其它

酶制剂是人工制成的高效能生物活性物质。它为动物提供外源性消化酶，提高饲料的消化吸收率。淀粉酶、蛋白酶、复合酶、纤维素酶已广泛用于幼猪和仔鸡中。酶制剂在渔业中的应用前景十分广阔，目前研究得不多。Kashiwada等(1966)和Teshima等(1967)发现，鲤(重800克)肠中具有198种细菌，能合成烟酸、泛酸和维生素B₁₂。鲫(Carassius auratus)和尼罗非鲫肠中也有多种细菌，而且尼罗非鲫肠细菌合成维生素B₁₂的速度是斑点叉尾鲶(Ictalurus punctatus)的8倍。根据上述原理，目前生产了微生物制剂添加到鱼类饲料中，明显提高了鱼的生长速度。

生产上常用的粘合剂有天然与人工合成的两大类。前者主要有鱼浆、动、植物胶、木薯和甘薯 α -淀粉、下脚面粉、榆树皮粉等。它们既是粘合剂，又提供营养。后者主要有聚丙烯酸钠、羧甲基纤维素、酪蛋白钠和87HC等。据朱伯清等(1990)试验，添加0.5% 87HC可使饲料颗粒在水中稳定2小时以上。鱼浆和豆浆作粘合剂可使饲料颗粒稳定1小时以上。海带胶作粘合剂用量大，适于蛋白含量不高的饲料。聚乙烯醇和大豆蛋白不宜作对虾饲料的粘合剂。

在配合饲料中添加中草药和保健营养剂也是个新方向。段贤彩(1988)在饲料中添加辣蓼、石菖蒲、松叶各1%、大黄、土黄连、黄柏、地榆各0.5%，并添加食盐等，对防治草鱼肠炎和鲤的疾病具有一定效果。

(四) 饲料添加剂存在的主要问题

1. 载体不清 目前市售的饲料添加剂预混料都没有标明其载体的名称、用量，使用者只得“照方下药”，忽视了载体对配合饲料中某种营养素含量的影响，造成添加剂的增产效果不稳定或出现事故。

2. 名称不一 不同厂家生产的同类产品，即使配方相同或相似，名称不统一，如矿物质添加剂有的叫“生长素”、“含硒生长素”、“微量元素添加剂”等等，使用户重复使用同类物质，不但经济上是个浪费，而且出现中毒现象。

3. 产品万能 市售的添加剂中有些只标明鱼的种类，没有具体标明哪个生长阶段或发育阶段，形成“一药治百病”或“百病靠一药”的局面。

4. 粗制乱造 添加剂生产的工艺要求严格，但有些厂家没有技术员，设备简陋，钻国家目前尚无专门检测手段和机构的空子，靠关系、回扣等手段行销。

表7 畜牧业和渔业中常用的促生长剂

促生长剂名称	最大用量 (ppm)	停药期 (天)	使用对象
杆菌肽	20~80	0	猪、禽、牛
斑贝霉素	10~20	0	猪、禽、牛
安巴素	15~45	0	猪、禽、牛
螺旋霉素	20~80	0	猪
太禾霉素	20	0	猪、禽、牛
维吉霉素	20~80	0	猪、禽、
喙呋烯腙	15	0	猪
痢立清	50	28	猪
啶乙醇	50	28	猪
	50	—	草鱼
甲基咪唑	60	3	猪
二甲基硝基咪唑	200	6	猪、禽
莫能霉素钠	40~125	3	禽、牛
奈良霉素	70	5	肉鸡
盐霉素	70	5	肉鸡
拉沙里菌素	125	5	禽
IV号促生长剂	100	—	鳊、鲃
	100	—	野鲮等
克拉酮	70	—	草鱼、鲤等
T-D 促生长剂	200	—	虹鳟

依沈炽昌 (1988)、张少兰等 (1989)、陈正宇等 (1989) 和叶金云等 (1992) 及赵飞虹等 (1992) 的资料整理而成。

表8 能引起几种鱼类摄食的物质及其有效成份

鱼 类	促摄食物质	有效成份
红大马哈	牛肝、浮游动物、鱼油	
云斑鲮	蚯蚓、牛肝	蛋白质
鳗 鲡	蛤子提取液	甘氨酸、丙氨酸
鲤 鱼	蚯蚓、蚕蛹、蠕虫	氨基酸
泥 鳅	蠕虫、贝肉	氨基酸
真 鲷	金枪鱼和赤贝内脏浸出物	丙>甘>精>丝>赖

依关受江(1988)和陈丽文等(1992)的资料整理而成。

表9 几种鱼类饲料中的有效诱食成份

鱼 类	诱 食 成 份
鳊鱼、鲈鱼	复合氨基酸
鲷鱼	甜菜碱+甘氨酸; 甜菜碱+甘氨酸+丙氨酸
鲑鱼	短链脂肪酸
欧洲鳗鲡	中性和酸性氨基酸
日本鳗鲡	组氨酸+精氨酸+脯氨酸+甜菜碱
真鲷	甜菜碱+丙氨酸; 甜菜碱+甘氨酸; 丙氨酸
泥鳅	碱性氨基酸
鲤、鲫、鲢	具芳香气味的植物饲料; 二甲基- β -丙噁亭
齐氏非鲫	柠檬酸、酵母

依陈丽文等(1992)和林建斌(1992)的资料整理而成。

投饲次数对鲤鱼生长的影响

王吉桥 (大连水产学院, 116023)

张景全 赵德树 (大连市碧流水库)

摘要 在 17.0—25.0℃ 时鲤夏花(650±12mg)和春片(19.35—27.80 克)能保持最大摄食量的停食期为 96 小时。每周投喂 4、5 和 6 天鲤夏花的生长速度分别降低 18.94%、7.97%、和 5.65%。5、6、7、8 月网箱养鲤(58.8±28.9 克)的最适投饲次数分别为 3、4、5—7 和 6—5。投饲次数=投饲率/肠前 1/3 的容积或=24/肠前 1/3 的排空时间。

关键词 鲤 鱼种 投饲 生长 网箱养 鲤

科学的投饲方式(投饲量、投饲次数和时间、方法等)是使饲料有效地转化成鱼体组织的桥梁。国外曾对鲫(*Carassius auratus*)、鲤(*Cyprinus carpio* L.)⁽¹⁴⁾、鲮(*Aristichthys nobilis*)⁽¹²⁾、草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)⁽¹⁷⁾、斑点叉尾鲟(*Ictalurus punctatus*)⁽¹⁰⁾、巨石斑鱼(*Epinephelus tauvina*)⁽¹³⁾的日投饲次数进行了研究。我国淡水网箱养鲤和尼罗非鲫(*Oreochromis niloticus*)的投饲次数众说不一⁽¹⁾⁽³⁻⁵⁾,详尽的实验研究不多。因此,我们于 1989 和 1992 年在辽阳灯塔水产良种场和大连市碧流水库鱼种繁育场研究了日投饲次数对鲤鱼生长的影响,以为网箱养鲤的科学投饲提供依据。

材料和方法

1. 周投饲天数和饥饿不同时间对鲤生长的影响

鲤夏花(体长 31.1±2.3mm、重 0.650±0.120g)来自辽阳灯塔水产良种场,放入 14 个长 0.5m×宽 0.5m×高 1.2m 的网目 0.5cm 网箱中,每箱 30 尾,2 箱为一组。鲤经驯养 1 周后,第 1—4 组分别饥饿 0、24、48 和 96 小时后投喂辽阳东方特种饲料厂产的颗粒饲料;第 5—7 组每周分别投喂 4、5 和 6 天,日投饲率为 10%,投喂二次。网箱放在该场水深 2.5 米的 5 亩孵化水池中。用 0.5ppm 90% 晶体敌百虫杀死池水中大型浮游动物。试验自 1989 年 6 月 10 日至 6 月 24 日。试验期间水温 19.0—25.0℃,溶氧 4.2—14.8mg/L,PH7.0—7.5,碱度 2.22 me/L, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 0.41—0.43mg/L。

鲤春片(重 19.35—27.80g)来自同一渔场,放入 16 个规格相同的网箱中,每箱 20 尾,驯养 10 天后采用相同的分组和饲养方法进行试验。日投饲率随水温升高由 1.0% 增至 3.0%。网箱放在面积为 500m²、水深 1.5—2.0m、具防风墙的水泥池中。池中放 200W 增氧机一台。试验自 1989 年 5 月 7 日至 6 月 22 日。试验期间水温 17.0—20.0℃,溶氧 3.

8—13.6mg/L。

表1 各试验网箱的投饲次数、时间及每次的投饲量

投饲次数 箱号	1	2	3	4	5	6	7
	时间	时间	时间	时间	时间	时间	时间
号数	占投饲量%	占投饲量%	占投饲量%	占投饲量%	占投饲量%	占投饲量%	占投饲量%
1	10:00						
2	100						
3	9:00	14:00					
4	40	60					
5	6:00	12:00	16:00				
6	35	25	40				
7	8:00	12:00	14:00	16:00			
8	25	20	20	35			
9	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00		
10	20	15	20	15	30		
11	7:00	10:00	13:00	15:00	17:00	19:00	
12	10	20	10	20	15	25	
13	7:00	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00
14	10	20	10	10	15	10	25

2、日投饲次数对鲤生长的影响

鲤春片(体长 $12.9 \pm 2.4\text{cm}$, 重 $58.8 \pm 28.9\text{g}$)来自大连市碧流河水库鱼种繁育场,放入 10 个长 $1.0\text{m} \times$ 宽 $1.0\text{m} \times$ 高 1.0m 、网目 1.0cm 的网箱中,每箱 20 尾,经 1 周驯养后自 1992 年 5 月 10 日至 8 月 26 日按表 1 的方式投饲。饲料含国产鱼粉 20.0%、豆饼 35.0%、麸皮 33.0%、玉米 10.0%、维生素和矿物质添加剂 1.0%(辽宁省抚顺市饲料添加药品厂产)。颗粒直径 4.0mm 。投饲率依每次称重随水温升高由 3.0%增至 7.0%。

网箱放在该场面积为 4.3 亩的池塘中。每天早(5:00—6:00)晚(16:00—17:00)巡塘测水温、溶氧,每月测一次水质。试验期间水温变化在 $14.2\text{—}32.0^\circ\text{C}$ 之间(表 2),溶氧 $3.45\text{—}18.58\text{mg/L}$,总硬度 $2.34\text{—}2.91\text{me/L}$,总碱度 $0.015\text{—}0.071\text{mg/L}$, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ $0.055\text{—}0.067\text{mg/L}$ 。

3、数据的测定和处理

表 2 试验期间池水温变化情况

月	旬	平均水温 ($^\circ\text{C}$)	最 高 ($^\circ\text{C}$)	最 低 ($^\circ\text{C}$)
五	上	16.4 ± 1.9	20.0	14.7
	中	18.6 ± 3.0	24.0	14.2
	下	21.0 ± 2.3	25.1	17.5
六	上	20.3 ± 3.5	25.0	14.5
	中	21.4 ± 2.9	27.0	16.0
	下	23.8 ± 3.2	30.0	19.0
七	上	26.2 ± 2.3	32.0	25.4
	中	27.7 ± 2.2	31.8	25.1
	下	27.2 ± 1.6	31.0	25.0
八	上	26.0 ± 1.8	29.0	23.5
	中	25.0 ± 1.2	28.0	23.5
	下	26.5 ± 1.7	29.0	24.5

表3 一周投饲不同天数时鲤出箱时的规格和生长速度

饥饿时间 (小时)	夏 花			春 片		
	体长(mm)	体重(g)	SGR(%) *	体长(mm)	体重(g)	SGR(%)
0	40.9±4.1	3.61±1.10a	10.95	102.2±14.8	34.1±16.6a	1.60
12				101.7±9.8	34.7±8.8a	0.43
24	40.5±4.8	3.45±1.25a	11.04	106.9±9.4	33.8±10.0a	1.05
48	42.0±3.6	2.95±0.96b	11.04	115.9±12.6	34.6±12.2a	1.10
96	41.6±4.1	2.75±0.98b	10.30	112.3±19.7	31.2±3.8b	1.43
周投饲天数						
6	41.2±6.2	2.84±0.9b	10.53	111.2±13.0	38.3±11.1c	1.07
5	41.3±5.2	2.77±0.4b	10.35	112.9±15.9	35.48±7.5d	0.97
4	39.9±3.0	2.44±0.6b	9.45	108.6±11.9	33.26±8.4e	0.80

$$* \text{SGR} = \frac{I_n \text{末体重} - I_n \text{初体重}}{\text{饲养天数}} \times 100\%$$

在同一规格下, 标有相同字母的体重在 0.05 水平下无显著差异。

鲤夏花体长用显微镜游标尺(精确到 0.1mm)、体重用感量为 1mg 的扭力天平测量(精确到 1mg);春片体长精确到 1mm、体重精确到 0.1g。实验数据经对数变换或平方根变换后进行单因素方差分析(表 4 和表 6),多个样本的平均数间的差异显著性用 Duncan 多重比较进行检验($P < 0.05$)。

结 果

1. 饥饿不同时间和每周投喂不同天数对鲤生长的影响

表 3 表明,饥饿 96 小时后再投喂时鲤体长的增长影响不大,而对体重增长的影响显著。显著影响体重增长的饥饿时间随鲤的规格增大而延长:夏花为 48 小时,春片为 96 小时。每周投喂 5—6 天对鲤的体长增长影响不大;每周投喂 4、5 和 6 天鲤夏花的体重增长速度分别降低 18.94%、7.97%、5.65%。

2. 日投饲次数对鲤生长的影响

表 5 表明,当 5、6、7、8 月(水温由 16.4℃增至 26.5℃)鲤体重由 60—70 克增至 375 克时,日分别投饲 3、4、5—7 和 7—5 次鲤生长最快,即当投饲率相同时,日投饲次数随水温升高而逐渐增加,待鲤达 200 克重时又随规格的增大而减少。

表 4 周投饲天数对鲤增重影响的方差分析

鲤的规格	变差来源	平方和	自由度	均 方	F 值
夏 花	周投饲天数	67.1	6	11.0	20.4**
	误 差	34.5	63	0.55	
	总 和	101.6	69		
春 片	周投饲天数	69.9	7	9.99	18.5**
	误 差	38.8	72	0.4	
	总 和	108.7	79		

* * $\alpha = 0.005$

讨 论

Charles 等(1984)发现,在 $27 \pm 1^\circ\text{C}$ 、日投饲三次时,鲤夏花($173 \pm 38\text{mg}$)的日摄食量达最大值 598.2gcal/克鱼,三天投饲一次时降至 69.9gcal。这是每周投喂 4、5 和 6 天生长速度降低的主要原因。鲤停食 8 小时,肠排空 36%时每餐的食量最大;停食 12、24、48 和 72 小时后进食,每餐的食量仅达最大食量的 83.6%、64.0%、47.0%和 58%,吸收率也明显下降。在冬鲤(*Pseudopleuronectes americanus*)⁽¹⁸⁾、三尖鲷(*Girella tricuspidata*)⁽⁹⁾和紅大麻哈(*Oncorhynchus nerka*)⁽¹⁹⁾中也发现了类似的现象:短期停食(最适投饲时间)后摄食量增

加,停食时间过长,摄食量显著下降。Brett(1971)认为^[9],有胃鱼类保持最大摄食量的停食期约等于其胃排空时间,在我们的实验中,鲤鱼种保持最大摄食量的停食时间可能不超过48—96小时,否则会影响后续生长(即超速生长)^[7]。每周投喂4—6天明显抑制了鲤的生长,并未发现Cui(1989)所提出的类似真鲈(*Phoxinus phoxinus*)的生长调控模型,因此,想用真鲈摄食的波浪式变动、体重生长阶梯式上升的规律,采用间断式投喂法来促进鲤的生长是不现实的。Balsdo等(1991)研究发现^[11],在12—16℃时鲤(重122±22克)饥饿2天,血浆 α -氨基酸总量减少了28%,必需氨基酸减少了37%,重新摄食后12天尚未恢复正常水平,足见渔工“一日不食三日不长”和坚持“四定”投喂是有道理的。

Kono等(1971)认为,日投喂次数(T)与日投喂率(f)间的关系式为: $f=C(1-e^{-mT})$,式中 C 为最大日投喂率, m 为一餐饱食量与最大日摄食量之比。这个公式较为复杂,至今未在生产实践中应用。我们认为,当投喂率一定时,日投喂次数主要取决于消化速度和消化道的容量。主要营养物多在鲤肠前40%段被吸收^{[12][15]},肠前1/3被排空的时间即为两次投喂的时间间隔^[2],因此,日投喂次数(FF)可依投喂率(FR)和肠前1/3的最大容量(MIV)或平均排空时间(AVT)来计算: $FF=\frac{FR}{MIV}=24/AVT$ 。如本试验中,5月鲤的投喂率为3.0—3.5%,重50—100克的鲤肠前1/3的最大容量(以食物占体重的%表示)约为1.0—1.2%,投喂次数为3.0—3.5/1.0—1.2=3。据马茨恩(1935)^[3]测定,水温10、15、20和26℃时,食物通过鲤肠道的时间分别为16—18、10、6.5和4.5小时,5月的投喂次数为 $24/(10+6.5)\div2=3$ 。

表6 每天投喂不同次数对鲤增重影响的方差分析

变差来源	平方和	自由度	均方	F值
不同投喂天数	0.87725	4	0.2194	8.2637**
误差	2.5225	95	0.02655	
总和	3.3000	99		

* ** $a=0.010$