

不同水平双低菜粕替代蛋白对鱼类生长的影响

高贵琴,熊邦喜*,赵振山,梁峰,陈杰

(华中农业大学水产学院,湖北武汉 430070)

摘要: 异育银鲫 (*Carassius auratus gibelio*) 和团头鲂 (*Megalobrama amblycephola*) 鱼种随机分成 6 组, 组为对照组, 组分别用不同比例“华双 3 号”双低菜粕等氮替代对照组中的 25%、50%、75%、100% 的豆粕蛋白, 组以 83.66% 的菜粕等氮替代对照组中 100% 的豆粕和鱼粉蛋白, 在小型网箱中进行了生长实验。结果表明, 当饲料中双低菜粕蛋白替代豆粕蛋白比例分别为 25%、50% 和 75% 时, 异育银鲫和团头鲂的特定生长率、饲料转化率和平均摄食率等指标各实验组之间差异不显著 ($P > 0.05$); 当替代比例为 100% 或替代饲料中全部的豆粕和鱼粉蛋白时, 两种鱼类的各项指标均显著低于对照组 ($P < 0.05$)。

关键词: 双低菜粕; 蛋白; 生长; 异育银鲫; 团头鲂

中图分类号: S963.73 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-1278(2004)03-0055-03

油菜是我国第一大油料作物, 年产油菜籽 1000 多万 t, 菜粕产量达 600 万 t 以上。菜粕的营养价值很高, 粗蛋白含量达 40% 左右, 氨基酸比较齐全, 菜粕还富含维生素和矿物质, 因此是一种价廉易得的优质饲料蛋白资源。但是菜粕中含有多种毒素和抗营养因子, 如硫代葡萄糖甙(以下简称硫甙)、芥酸、植酸、单宁和芥子碱等, 以及由于制油加工时不脱除皮壳, 造成饼粕粗纤维含量较高, 影响了它作为饲料的利用价值。随着我国油菜种植优质化, 目前已育成双低油菜(指低芥酸、低硫甙)常规品种 43 个, 单、双低杂交品种 30 个, 已在全国各省推广种植。在双低油菜饼粕中, 对动物有毒的硫甙含量在 $30 \mu\text{mol/g}$ 以下, 比普通菜粕中的硫甙含量要低 $90 \sim 150 \mu\text{mol/g}$ 。“华双 3 号”双低油菜是华中农业大学培育的, 芥酸含量低于 0.61%, 硫甙含量低于 $19.11 \mu\text{mol/g}$, 菜粕蛋白含量达 38%~42%。但对双低菜粕在渔业生产上的使用及对鱼类生长有何影响, 国内至今尚未见报道。本文以在湖北等省大面积种植的“华双 3 号”双低菜粕作为饲料蛋白源饲养异育银鲫和团头鲂, 旨在探索这种新的饲料蛋白源的应用价值, 为水产养殖上合理有效地使用菜粕、为水产动物开辟新的饲料蛋白源提供基础资料和科学依据。

1 材料和方法

1.1 实验鱼来源和实验设计

异育银鲫和团头鲂鱼种购于华中农业大学水产站, 实验按 6×2 单因子有重复试验设计进行, 以受试饲料不同分为 6 组, 每组设 2 个平行组。

收稿日期: 2004-03-09

基金项目: 国家自然科学基金(NO:39870597)和国家发展计划委员会(长江流域优质油菜产业带建设项目)资助内容。

* 为通讯作者

作者简介: 高贵琴, 1967 年生, 女, 黑龙江省虎林市人, 硕士, 工程师, 主要从事鱼类营养与动物生化的研究。

1.2 实验饲料设计

实验设 6 个组, 对照组以豆粕和鱼粉为基础蛋白源, 实验组 ~ 分别用 16.72%、33.45%、50.17%、66.89% 的“华双 3 号”双低菜粕等氮替代对照组中的 25%、50%、75%、100% 豆粕蛋白, 组以 83.66% 的菜粕等氮替代对照组中全部的豆粕和鱼粉蛋白, 形成 6 种试验饲料。配合饲料制粒在水生生物研究所实验饲料厂加工完成, 各种饲料原料经粉碎、计量、混合后, 制成直径 1.5 mm 颗粒。饲料配方及营养组成见表 1。

表 1 饲料配方及营养组成 %

原料	饲料编号					
	1	2	3	4	5	6
菜籽粕	/	16.72	33.45	50.17	66.89	83.66
豆粕	55.00	41.25	27.50	13.75	/	/
鱼粉	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	/
淀粉	20.99	18.02	15.04	12.07	9.10	2.33
肉骨粉	6.51	6.51	6.51	6.51	6.51	6.51
豆油	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
无机盐预混剂	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
维生素预混剂	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
干物质	92.65	91.99	92.70	92.65	92.24	92.76
粗蛋白	36.84	36.90	36.87	36.40	37.15	36.60
粗脂肪	7.85	7.89	6.58	7.28	6.13	8.01
总能量/ $\text{J} \cdot \text{mg}^{-1}$	17.22	18.12	18.41	17.88	18.02	18.66

1.3 实验方法

为使鱼类适应试验环境, 实验前将试验鱼在捆箱内暂养、驯养 2 周, 使之对投饲形成条件反射, 然后消毒、分组开始试验。试验鱼随机取样并称重后, 分别放入规格为 $80 \text{ cm} \times 55 \text{ cm} \times 75 \text{ cm}$ 的网箱中, 异育银鲫 80 尾/箱, 团头鲂 100 尾/箱。网箱置于 3 个水源相通的六边形的水泥池中, 以确保水质条件的一致。水源为充分曝气后的自来水, 试验期间水质参数为: 水温 $25 \sim 31$, 溶氧 $6.5 \sim 8.3 \text{ mg/L}$, pH 值 $6.9 \sim 7.6$ 。试验期间, 日投饵率 $3\% \sim$

6 % ,分 2 次投喂。

1.4 计算及统计方法

$$\text{特定生长率 (SGR)} = (\ln W_t - \ln W_o) / t$$

$$\text{饲料转化率 (CEW)} = (W_t - W_o) \times 100 / I$$

$$\text{蛋白质转化率 (CEP)} = (W_t - W_o) \times d_1 \times P_1 \times 100 / (I \times d \times P)$$

$$\text{蛋白质效率 (PER)} = (W_t - W_o) \times 100 / (I \times d \times P)$$

$$\text{摄食率 (FR)} = 100 \times I \times 2 / (W_t + W_o) / t$$

其中: W_t 和 W_o 分别为终末和初始鱼体均重 (g); t 为试验时间 (d); I 为摄入的饲料湿重 (g); P 、 P_1 为饲料和终末鱼体中蛋白质含量 (%); d 、 d_1 为饲料和终末鱼体中干物质含量 (%)。所有实验数据平均数用 Statistica 软件进行方差分析后,再进行组间差异的多重比较 (LSD TEST)。

2 结果与分析

2.1 不同水平双低菜粕替代蛋白对特定生长率的影响

双低菜粕蛋白对异育银鲫、团头鲂特定生长率的影响结果见表 2。由表 2 可知,随着饲料中双低菜粕蛋白替代比例的提高,异育银鲫的特定生长率逐渐下降。当替代比例为 25 % 时,其特定生长率最大,略高于对照组,但并不显著高于对照组和替代率为 50 % () 和 75 % 的试验组 () ($P > 0.05$),却显著高于替代 100 % 豆粕蛋白以及替代饲料中全部豆粕和鱼粉蛋白的试验组,而这两组的特定生长率还显著低于对照组 ($P < 0.05$)。

表 2 不同水平双低菜粕替代蛋白对异育银鲫和团头鲂特定生长率的影响

实验鱼 种类 编号	饲料	初始 体重/g	终末 体重/g	特定生长率/ % d ⁻¹
异育 银鲫		2.17 ± 0.27	5.43 ± 1.39 ^a	1.42 ± 0.20 ^a
		2.23 ± 0.14	5.62 ± 1.67 ^a	1.43 ± 0.19 ^a
		2.21 ± 0.04	5.34 ± 1.68 ^{ab}	1.37 ± 0.04 ^{ab}
		2.19 ± 0.21	5.23 ± 1.25 ^{ab}	1.35 ± 0.16 ^{ab}
		2.25 ± 0.37	4.93 ± 1.25 ^b	1.20 ± 0.18 ^b
		2.20 ± 0.29	4.78 ± 1.21 ^b	1.21 ± 0.11 ^b
团头鲂		0.49 ± 0.03	1.41 ± 0.34 ^a	1.64 ± 0.03 ^a
		0.46 ± 0.06	1.48 ± 0.38 ^a	1.81 ± 0.14 ^b
		0.47 ± 0.03	1.42 ± 0.34 ^a	1.71 ± 0.06 ^{ab}
		0.47 ± 0.03	1.49 ± 0.48 ^a	1.79 ± 0.03 ^{ab}
		0.48 ± 0.03	1.25 ± 0.49 ^b	1.48 ± 0.17 ^c
		0.48 ± 0.04	1.21 ± 0.36 ^b	1.43 ± 0.19 ^c

*表中不同的字母(以下表均同)表示差异显著 ($P < 0.05$)

团头鲂特定生长率的变化趋势随着饲料中双低菜粕蛋白替代比例的提高与异育银鲫相似,唯一不同的是,当替代比例为 25 % 时,团头鲂的特定生长率显著高于对照组和替代 100 % 豆粕蛋白以及替代饲料中全部豆粕和鱼粉蛋白的试验组 ($P < 0.05$),但并不显著高于替代率为 50 % 和 75 % 的试验组 ($P > 0.05$)。

2.2 双低菜粕替代水平对饲料转化率的影响

随着实验饲料中双低菜粕蛋白替代比例的提高,异育银鲫的饲料转化率、蛋白质转化率和蛋白质效率逐渐降低(表 3)。当双低菜粕蛋白替代比例在 25 % ~ 75 % 时,饲料转化率、蛋白质转化率和蛋白质效率与对照组无显著差异 ($P > 0.05$);当双低菜粕蛋白替代豆粕蛋白的比例为 100 % 以及替代饲料中全部的豆粕和鱼粉蛋白时,其各项指标均显著低于对照组及替代率为 25 % 的试验组 ($P < 0.05$)。

团头鲂的饲料转化率等指标的变化规律与异育银鲫略有不同,即当双低菜粕蛋白替代比例为 25 % 时,团头鲂的饲料转化率等指标都显著高于对照组和替代比例为 100 % 以及替代饲料中全部的豆粕和鱼粉蛋白的试验组 ($P < 0.05$),但并不显著高于替代率为 50 % 和 75 % 的试验组 ($P > 0.05$)。

表 3 不同水平双低菜粕替代蛋白对异育银鲫和团头鲂饲料转化率等指标的影响

实验鱼 种类 编号	饲料	饲料转 化率/ %	蛋白质转 化率/ %	蛋白质 效率
异育 银鲫		81.30 ± 2.24 ^a	39.22 ± 0.12 ^a	2.38 ± 0.08 ^a
		80.65 ± 5.34 ^a	40.26 ± 0.51 ^a	2.38 ± 0.12 ^a
		75.76 ± 2.97 ^{ab}	35.48 ± 0.30 ^{ab}	2.22 ± 0.10 ^{ab}
		74.07 ± 3.96 ^{ab}	34.74 ± 0.31 ^{ab}	2.20 ± 0.13 ^{ab}
		72.46 ± 5.17 ^b	33.37 ± 0.39 ^b	2.11 ± 0.06 ^b
		70.92 ± 4.10 ^b	33.00 ± 0.66 ^b	2.08 ± 0.05 ^b
团头鲂		76.34 ± 3.87 ^a	34.14 ± 0.28 ^a	2.24 ± 0.12 ^a
		80.65 ± 2.44 ^b	38.41 ± 0.12 ^b	2.38 ± 0.09 ^b
		77.52 ± 1.19 ^{ab}	34.56 ± 0.13 ^{ab}	2.27 ± 0.03 ^{ab}
		75.76 ± 1.61 ^{ab}	35.58 ± 0.03 ^{ab}	2.25 ± 0.08 ^{ab}
		74.07 ± 3.24 ^a	32.65 ± 0.16 ^a	2.16 ± 0.09 ^a
		73.53 ± 4.44 ^a	32.43 ± 0.31 ^a	2.17 ± 0.04 ^a

2.3 双低菜粕蛋白替代水平对饲料摄食率的影响

双低菜粕替代水平对饲料摄食率的影响结果见表 4。

表 4 不同水平双低菜粕替代蛋白对异育银鲫和团头鲂摄食率的影响

实验鱼 种类 编号	饲料	摄食率	蛋白质 摄食率	脂 肪 摄食率
异育 银鲫		3.49 ± 0.02 ^{ab}	1.29 ± 0.04 ^{ab}	0.27 ± 0.00 ^a
		3.52 ± 0.18 ^{ab}	1.30 ± 0.06 ^{ab}	0.28 ± 0.01 ^a
		3.62 ± 0.03 ^a	1.34 ± 0.01 ^a	0.24 ± 0.02 ^b
		3.66 ± 0.14 ^a	1.33 ± 0.05 ^a	0.27 ± 0.01 ^a
		3.39 ± 0.04 ^b	1.26 ± 0.15 ^b	0.21 ± 0.03 ^b
		3.45 ± 0.15 ^b	1.26 ± 0.02 ^b	0.28 ± 0.01 ^a
团头鲂		4.20 ± 0.20 ^a	1.55 ± 0.08 ^a	0.33 ± 0.01 ^a
		4.29 ± 0.01 ^{ab}	1.58 ± 0.04 ^{ab}	0.34 ± 0.01 ^a
		4.29 ± 0.05 ^{ab}	1.58 ± 0.02 ^{ab}	0.28 ± 0.00 ^{ab}
		4.55 ± 0.13 ^b	1.65 ± 0.01 ^b	0.33 ± 0.00 ^a
		3.96 ± 0.06 ^c	1.47 ± 0.07 ^c	0.24 ± 0.01 ^b
		3.89 ± 0.08 ^c	1.43 ± 0.07 ^c	0.31 ± 0.01 ^a

当菜粕蛋白替代比例为 25 % ~ 75 % 时,异育银鲫的干物质和蛋白质的总平均摄食率逐渐上升,但与对照组无显著差异 ($P > 0.05$);当替代比例为 100 % 或替代饲料

中全部的豆粕和鱼粉蛋白时,其总平均摄食率开始下降,但与对照组亦无显著性差异,却显著低于替代率为50%和75%的实验组($P < 0.05$);脂肪摄食率随着菜粕蛋白替代比例提高未见明显的变化。团头鲂的总平均摄食率随着菜粕蛋白替代水平的提高,其变化规律与异育银鲫相似,当双低菜粕蛋白替代比例为25%~75%时,其干物质和蛋白质的总平均摄食率逐渐上升。但不同的是当替代比例为75%时,团头鲂的干物质和蛋白质摄食率显著高于对照组及替代比例为100%或替代饲料中全部的豆粕和鱼粉蛋白的试验组,而这两组的干物质和蛋白质摄食率显著低于对照组和其它试验组($P < 0.05$)。

3 讨论

3.1 对生长及饲料利用的影响

从本试验的结果可以看出:一方面,不同水平的双低菜粕蛋白对同一种鱼类的特定生长率和饲料转化率等因素的影响是不同的。随着双低菜粕蛋白替代率的增加,在试验组内,异育银鲫和团头鲂的生长率和饲料利用率均呈下降趋势,当替代率高达100%或替代饲料中全部的豆粕和鱼粉蛋白时,二者的生长率、饲料转化率和蛋白质效率等都显著低于对照组($P < 0.05$)。另一方面,相同水平的双低菜粕蛋白对不同鱼类的特定生长率和饲料转化率等因素的影响也略有不同。当双低菜粕蛋白替代豆粕蛋白量为25%时,团头鲂的特定生长率显著高于对照组($P < 0.05$),而异育银鲫的特定生长率及饲料利用率都与对照组差异不显著($P > 0.05$),这说明不同种类的鱼对菜粕蛋白的耐受力也各不相同。但从总体来看,在饲料中添加一定量的菜粕蛋白对异育银鲫和团头鲂生长率与饲料转化率不仅没有负面影响,反而能进一步得到改善,但过量添加将会抑制这两种养殖鱼类的生长及其对饲料的利用。

3.2 对摄食率的影响

鱼类的摄食率主要受其食欲及食物适口性的影响。适口性主要由食物的物理化学性质决定,它在一定程度上影响鱼类的摄食率。食欲是鱼类内在的营养需求,但食物适口性降低也会影响鱼类的食欲。菜粕中含有单宁、芥子碱等,其味苦涩,有刺激性。双低菜籽粕中虽然硫甙和植酸的含量大大低于普通菜籽粕,但单宁和芥子碱的含量并未减少。当菜粕蛋白替代率提高时,异味物质逐渐增多,抑制了鱼类的食欲,使摄食量减少,生长受到影响。

本试验中,当双低菜粕蛋白替代比例在25%~75%时,异育银鲫和团头鲂的摄食率逐渐上升,但当替代率高达100%或替代饲料中全部的豆粕和鱼粉蛋白时,其摄食率显著下降。这与Lim等^[1]的研究结果基本相同,他们认为,斑点叉尾鱼回饲料中菜粕占31%或替代饲料中50%的豆粕蛋白时,对其摄食没有影响,但菜粕占42.6%以上

时,由于饲料的适口性差,其鱼体增重和摄食量显著降低。

3.3 鱼类饲料中双低菜粕的最适添加量

鱼饲料中双低菜粕的最适添加量是指在该添加水平或该添加水平以下,鱼类的生长及饲料转化率与对照组差异不显著或高于对照组,即在此条件下,鱼类能够最大限度利用双低菜粕蛋白。本试验结果表明,在饲料蛋白水平为36%的条件下,双低菜粕蛋白替代豆粕蛋白在25%~75%时,摄食率、特定生长率、饲料转化、蛋白质转化率及蛋白质效率与对照组之间差异都不显著,因此饲料中双低菜粕的最大替代比例,异育银鲫和团头鲂为75%,过量的添加将会影响两种养殖鱼类的生长及饲料利用率。

值得注意的是,菜粕蛋白的添加量因菜粕的品质、鱼的种类不同而有较大差异。我国学者普遍认为^[2],在配合饲料中添加20%~40%的高硫甙菜粕蛋白对鱼类生长不会有不良影响,且能取得理想的生产效果。一些国外学者在研究双低菜粕替代量时,研究对象主要是肉食性鱼类,因此大部分研究结果认为菜粕的添加量不宜过高。Higgs等^[3]对大麻哈鱼的研究发现,Tower和Candle双低菜粕在大麻哈鱼饲料蛋白中占13%~16%较为合理,当饲料中25%的蛋白由其替代时,生长率、饲料或蛋白利用率显著下降;而Altex双低菜粕占饲料蛋白的25%时不影响饲料蛋白的质量。Soares等^[4]用含菜籽粕0%、8.04%、16.1%、24.1%和32.15%的配合饲料喂养草鱼苗28d,结果以菜粕含量14.49%时为最佳,低于本实验的研究结果。当然,饲料中双低菜粕最佳添加量的确定与受试鱼的品种、体质、规格、饲料加工方法等多种因素有关。

参考文献:

- [1] Lim C, Klesius P H, Higgs D A. Substitution of canola meal for soybean meal in diets for channed cat fish (*Ictalurus punctatus*) [J]. *J. World Aquac. Soc.*, 1998, 29(2): 161~168.
- [2] 王忠,马永兵,夏先林,等.网箱养鲤菜籽饼最适用量的研究[J].*饲料研究*,1992,(11):5.
- [3] Higgs D A, McBride J R, Markert J R. Evaluation of Tower and Candle rapeseed (canola) meal and Bronowski rapeseed protein concentrate as protein supplements in practical dry diets for juvenile Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) [J]. *Aquaculture*, 1982, 29(1/2): 1~31.
- [4] Soares C M, Hayashi C, Furuya V R B. Use of canola meal in the diet of grass carp fry (*Ctenopharyngodon idella* V.) [J]. *Acta Scientiarum*, 1998, 20(3): 395~400.

(责任编辑 万月华)