

# 饵料中不同蛋白质、纤维素、脂肪水平 对大口黑鲈生长的影响

钱国英

(浙江农村技术师范专科学校, 宁波 315101)

**摘 要** 以酪蛋白、结晶纤维素、豆油为主要原料,对蛋白质含量为39%、42%、45%;纤维素含量为2.5%、3.5%、4.5%;脂肪含量为5%、6%、7%,按正交 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)表对大口黑鲈进行饲喂试验。结果表明,蛋白质和纤维素三个水平间存在着显著的增重效果和蛋白质效率的差异( $P < 0.05$ ),脂肪三个水平间无论是增重,还是蛋白质利用率差异均不显著( $P > 0.1$ )。作者建议大口黑鲈配饵中主要营养素的适宜含量为蛋白质42%左右,纤维素不高于3.5%,脂肪不低于5%。

**关键词** 大口黑鲈,蛋白质,纤维素,脂肪,生长

**中图分类号** S963

随着大口黑鲈养殖朝规模化方向发展,对配合饲料的需求日益增加,使得大口黑鲈基本营养需求的研究成为亟待解决的问题。迄今关于尖吻鲈饲料中蛋白质适宜含量的研究已有报道[胡家财等 1994],但对大口黑鲈营养需求及其主要营养素对生长的影响的研究,还未见有较全面的报道。本试验用正交设计法对大口黑鲈日量中蛋白质、纤维素和脂肪的适宜含量进行了试验,旨在了解大口黑鲈营养需求的特点和需求量,为确立大口黑鲈的营养标准和设计合理的饲料配方提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验鱼

取自湖州已驯食鲈,尾重23~29g,共270尾。随机分为9组,每组30尾。预试期7天,正试期30天。

### 1.2 试验条件

9只水族箱,连续冲气增氧,每天虹吸排污一次,换水三分之一。试验期间水温23~28℃。

### 1.3 饲料配制及投喂

按 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)表配制9种饲料,其营养水平见表1。以酪蛋白、结晶纤维素、豆油为原料,按设计

要求进行添加(表2)。各组料添加1%混合维生素、1%混合矿物质[陈国铭 1987年中译本]。用石粉和磷酸二氢钙调节含钙为2.5%，磷为1.5%。不足份额由糊精填充，另加入0.5%的Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>。使用时，称取定量预混料，加水搅拌，用绞肉机制成 $\phi$ 3.5mm的软颗粒(含水40%左右)。日投喂二次，上午9:00，下午4:00。由于大口黑鲈只抢食在水中移动的食物，故以逐颗抛投法投喂，减少浪费。投喂量视鲈摄食情况而定，饱食为度。摄食量以称取饲料量减去饲料剩余量(干料重)计算，第7天开始收集粪便，连续6天。粪样70℃烘干保存，供测定蛋白质表观消化率。试验结束测定体重后，并放回水族箱，静养两小时后投喂，于摄食后0,1,2,4,6,9,14和18小时，随机抽取5尾鱼，取消化道(胃和前肠)，作消化酶活性测定。

表1 各营养素的因素及其水平(%)  
Tab. 1 Factors and their levels designs of nutritional components(%)

水平	蛋白质	纤维素	脂肪
1	39	2.5	5.0
2	42	3.5	6.0
3	45	4.5	7.0

表2 试验饲料的营养组成(%)

Tab. 2 Composition of experimental diets(%)

试验号	酪蛋白	结晶纤维素	豆油	糊精	蛋白质含量	试验号	酪蛋白	结晶纤维素	豆油	糊精	蛋白质含量
1	42.39	2.5	5.0	42.11	39.06	6	45.65	4.5	5.0	36.85	42.00
2	42.39	3.5	6.0	40.11	39.03	7	48.91	2.5	7.0	33.59	45.08
3	42.39	4.5	7.0	38.11	38.95	8	48.91	3.5	5.0	34.59	45.01
4	45.65	2.5	6.0	37.85	41.91	9	48.91	4.5	6.0	32.59	44.99
5	45.65	3.5	7.0	35.85	42.01						

#### 1.4 测定指标及方法

蛋白质表观消化率的测定，用Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>间接测定法[北京农业大学 1979]。

体重生长比率(SGR, %) =  $100(\ln W_t - \ln W_0)/t$

式中，W<sub>t</sub>为试验结束时平均体重；W<sub>0</sub>为试验开始时平均体重；t为试验天数。

蛋白质效率(PER) = 体重增加量/蛋白质摄取量；

饲料系数(FCR) = 饲料摄取量/体重增加量。

胃蛋白酶和类胰蛋白酶活力的测定，按刘玉梅等[1991]方法。

纤维素酶活力测定，以0.5%羧甲基纤维素溶液为底物，在pH 4.5，40℃水溶液中糖化30分钟，以3,5-二硝基水杨酸为显色剂，在550nm处测葡萄糖含量。在40℃下，每分钟催化纤维素生成1 $\mu$ g葡萄糖作为一个酶活力单位( $\mu$ g/min)。

酶液蛋白浓度测定，以牛血清白蛋白作标准，用双缩脲法测定[北京大学生物系生物化学教研室 1980]。

## 2 试验结果

基础测定值列于表3。从直观上看，以第4组的配合为最佳，达最大的生长比率，蛋白质效率也最高，饲料系数为最低。其营养素的组合为蛋白质42%，纤维素2.5%，脂肪6%。

表3 饲养试验结果

Tab. 3 Results of feeding experiment

试验号	试验初均重 (g)	试验末均重 (g)	总增重 (g)	平均增重 (g)	摄食量 (g)	生长比率	蛋白质效率	饵料系数	蛋白质消化率 (%)
1	25.1	43.6	555.8	18.5	694	1.84	2.85	1.25	96.2
2	27.8	45.2	546.8	18.2	814	1.72	1.72	1.49	93.1
3	26.8	48.2	482.8	13.4	667	1.35	1.55	1.66	85.6
4	27.2	56.3	872.8	29.1	925	2.42	2.25	1.86	97.5
5*	27.1	52.8	745.3	25.7	812	2.22	2.19	1.89	91.9
6	25.6	44.8	552.8	18.4	834	1.81	1.58	1.51	86.8
7	26.1	53.8	887.8	26.9	872	2.36	2.86	1.88	98.7
8	26.9	51.1	726.8	24.2	886	2.14	1.82	1.22	91.8
9*	28.8	47.6	568.8	19.6	818	2.38	1.54	1.44	84.4

注：5号和9号各死亡一尾。

## 2.1 不同营养水平对鱼体生长的影响

对鱼体增重的结果进行了方差分析(表4)。结果表明蛋白质和纤维素三个水平间的差异显著( $P < 0.05$ ),脂肪三个水平间的差异不显著( $P > 0.1$ )。

将蛋白质和纤维素各个水平的平均数进行多重比较(最小显著极差法——q检验,见表5,结果表明,39%蛋白质水平分别与42%和45%蛋白质水平的增重效果差异显著( $P < 0.05$ );42%与45%三水平间差异不显著。纤维素水平在2.5%与3.5%之间差异不显著,而二者与4.5%水平间都存在着显著的差异( $P < 0.05$ )。

生长比率的变化与增重呈相近的趋势。

表4 增重的方差分析结果

Tab. 4 Results of variance analysis of average weight gain

变异来源	平方和	自由度	均方	F比
蛋白质	107.14	2	53.57	51.51*
纤维素	94.83	2	47.42	45.60*
脂肪	6.50	2	3.25	3.13
误差	2.08	2	1.04	
总合	210.54	8		

注： $F_{0.01}(2,2)=99.0$ ； $F_{0.05}(2,2)=19.0$ ； $F_{0.1}(2,2)=9.00$ ；\*表示差异显著( $P < 0.05$ )，下表同。

表5 营养水平的增重效果比较(q检验)

Tab. 5 The comparison of weight gain between nutrient levels (q-test)

因素	一、二水平差数	二、三水平差数	一、三水平差数
蛋白质	7.70*	0.83	6.89*
纤维素	2.13	5.57*	7.70*

注： $D_{0.05}(2,2)=3.58$ ； $D_{0.01}(2,2)=8.27$ ； $D_{0.05}(3,2)=4.90$ ； $D_{0.05}(3,2)=11.20$ 。

## 2.2 不同的营养水平对蛋白质消化率、蛋白质效率和饲料系数的影响

对不同营养水平的蛋白质效率、表观消化率和饲料系数方差分析结果见表6、表7、表8,结果表明纤维素三个水平间的蛋白质效率和饲料系数有一定差异( $P < 0.1$ ),而表观消化率则存在着显著的差异( $P < 0.05$ )。蛋白质和脂肪三个水平间此三项指标差异均不显著( $P > 0.1$ )。

分别将纤维素三个水平的平均数进行多重的比较(q检验)(表9)。结果表明,纤维素水平在2.5%与3.5%之间对蛋白质效率、表观消化率和饲料系数的影响差异均不显著( $P > 0.05$ );2.5%与4.5%水平间均存在着显著的差异( $P < 0.05$ )。

表6 蛋白质效率的方差分析结果

Tab. 6 Results of variance analysis of protein efficiency ratio

变异来源	平方和	自由度	均方	F比
蛋白质	0.0964	2	0.0482	3.493
纤维素	0.4871	2	0.2436	17.652
脂肪	0.0242	2	0.0121	0.877
误差	0.0275	2	0.0138	
总合	0.6352	8		

注:  $F_{0.01}(2,2)=99.0$ ;  $F_{0.05}(2,2)=19.0$ ;  $F_{0.1}(2,2)=9.00$

表8 饲料系数的方差分析结果

Tab. 8 Results of variance analysis of food coefficient.ratio

变异来源	平方和	自由度	均方	F比
蛋白质	0.1087	2	0.0544	7.158
纤维素	0.2588	2	0.1294	17.026
脂肪	0.0057	2	0.0029	0.382
误差	0.0151	2	0.0076	
总合	0.3883	8		

注:  $F_{0.01}(2,2)=99.0$ ;  $F_{0.05}(2,2)=19.0$ ;  $F_{0.1}(2,2)=9.00$

表7 蛋白质表现消化率的方差分析结果

Tab. 7 Results of variance analysis of protein apparent digestibility

变异来源	平方和	自由度	均方	F比
蛋白质	0.057	2	0.0285	0.0121
纤维素	222.330	2	111.1650	47.365*
脂肪	0.810	2	0.4050	0.1726
误差	4.694	2	2.3470	
总合	227.889	8		

注:  $F_{0.01}(2,2)=99.0$ ;  $F_{0.05}(2,2)=19.0$ ;  $F_{0.1}(2,2)=9.00$

表9 纤维素三个水平间蛋白质效率、表现消化率和饲料系数比较(q检验)

Tab. 9 The comparison of PER PAD and FCR between fiber levels (q-test)

指标	一、二水平差数	二、三水平差数	一、三水平差数
蛋白质效率(PER)	0.21	0.35	0.56*
蛋白质表现消化率(PAD)	5.20	7.00*	12.20*
饲料系数(FCR)	0.07	0.28	0.41*

注: PER  $D_{0.05}(2,2)=0.41$ ;  $D_{0.05}(3,2)=0.56$ ;  $D_{0.01}(2,2)=0.95$ ;  $D_{0.01}(3,2)=1.29$ ;  
 PAD  $D_{0.05}(2,2)=5.38$ ;  $D_{0.05}(3,2)=7.37$ ;  $D_{0.01}(2,2)=12.42$ ;  $D_{0.01}(3,2)=16.8$ ;  
 FCR  $D_{0.05}(2,2)=0.31$ ;  $D_{0.05}(3,2)=0.41$ ;  $D_{0.01}(2,2)=0.71$ ;  $D_{0.01}(3,2)=0.96$ 。

### 2.3 消化酶活性的变化

对42%蛋白水平和2.5%纤维素水平摄食前后大口黑鲈消化酶活性的测定结果(图1)表明,胃蛋白酶和胰蛋白酶的活性在摄食后逐渐升高,于4小时达到高峰,持续至6小时,开始迅速下降,于14小时回落到摄食前水平。在4小时高峰处,胰蛋白酶随饲料中蛋白质含量的上升,有适应性的上升趋势(表10),而胃蛋白酶则无这种变化。

纤维素酶的活性全期均较低,摄食前后只出现微弱的变化。最高值出现在9小时,纤维素酶的活性也不随饲料纤维素水平的变化而变化。

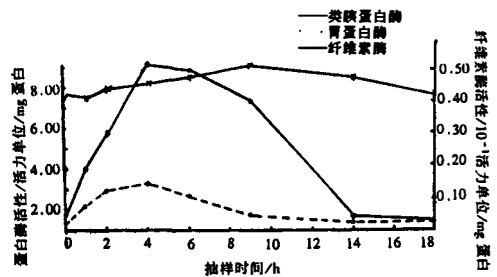


图1 摄食后大口黑鲈消化道中消化酶活性的变化

Fig. 1 Changes in digestive enzyme activities in the intestine of bass after feeding

表10 不同营养水平消化酶活性变化

Tab. 10 Changes of digestive enzyme activities with different nutrient levels

	水平(%)	试验号	胃蛋白酶	胰蛋白酶	纤维素酶
蛋白质	39	1,2,3	2.34±0.23	7.89±0.12	
	42	4,5,6	2.30±0.20	8.11±0.20	
	45	7,8,9	2.35±0.26	8.26±0.38	
纤维素	2.5	1,4,7			0.52±0.06
	3.5	2,5,8			0.55±0.11
	4.5	3,6,9			0.50±0.10

注：蛋白酶以活力单位/mg 蛋白表示，纤维素酶以 $10^{-2}$ 活力单位/mg 蛋白表示。

### 3 讨论

#### 3.1 大口黑鲈对饲料蛋白质的适宜含量

从蛋白酶活性对饲料中蛋白质水平有适应性变化，可认为高水平的蛋白质有利于鱼体的生长。但其有效性还取决于蛋白质的吸收利用情况。从表3、4、5可知，以鱼体增重作为指标时，蛋白质含量42%和45%显著地高于39%，而42%与45%之间差异不显著，表明42%水平是引起鱼体增重差异的主要水平段。尽管本试验中蛋白质水平对蛋白质效率、表观消化率和饲料系数的影响不显著，但分析蛋白质水平与生长比率和蛋白质效率之间的关系(图2)，仍可以看到：随着蛋白质含量从39%增加到42%，生长比率呈上升的趋势，而由42%增加到45%时，则呈缓慢上升之势；从蛋白质效率来看，随着蛋白质含量的增加。先出现一个快速的上升趋势，在蛋白质42%处出现峰值，然后呈现回落的趋势。这一结果表明，尽管饲料中45%蛋白质对大口黑鲈的生长是有利的，呈与42%含量组相似的生长比率，但其蛋白质的利用效率反而降低，呈蛋白质过量的现象。饲料系数在39%~42%之间有迅速的下降现象，而从42%增加到45%时，也同样出现饲料浪费的现象。因而认为，大口黑鲈饲料中蛋白质的适宜含量为42%左右。

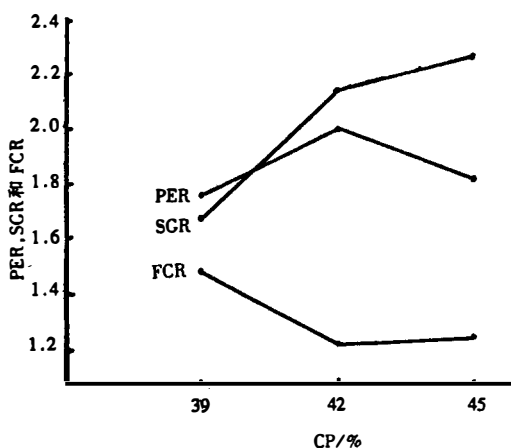


图2 蛋白质含量对蛋白质效率、生长比率和饲料系数的影响

Fig. 2 Effect of dietary protein content on PER, SGR and FCR

#### 3.2 饲料中纤维素含量对大口黑鲈营养素吸收和生长的影响

鱼类的消化道不分泌消化纤维素的酶，有些鱼类肠道的细菌有产生纤维素酶的能力，有起微弱的助消化功能的可能性[陈国铭 1987年中译本]。因而纤维素对鱼类来说，多无直接的营养功能，在配饵中只作为填充物或载体，起帮助其他营养素的消化和吸收的作用。尽管水溶性

纤维素(如树脂)已被证实可在肠道中转化成凝胶体而增加食物的粘度,从而延缓碳水化合物的吸收速率,提高其利用性[Wilmohirst 和 Grawley 1980, Ehrlein 和 Prove 1982]。肉食性鲈鱼消化道中纤维素酶的活性极低,不能分解纤维素,同时对饲料中碳水化合物的利用率较低,偏高的纤维素在某种程度上反而起着负面效应。在本试验范围内,随着配饵中纤维素含量从2.5%增加到4.5%,对蛋白质效率、表观消化率和饲料系数都有一定的影响,其生长比率几乎呈直线下降的趋势(图3);蛋白质效率前段下降稍缓,后段则陡然加剧;饲料系数则与蛋白质效率呈反映像,前段上升较缓,后段则较快。从9种饲料的蛋白质消化率来看(表3),随着纤维素含量从2.5%增加到4.5%,蛋白质消化率从97%下降到85%,下降了12%。这表明配饵中作为填充物或载体的纤维素含量已超过其需要量,而起到阻碍蛋白质消化利用,生长速度减慢的反作用。由表5和表9可知,2.5%和3.5%的纤维素水平间差异不显著,故大口黑鲈配料中纤维素含量以不超过3.5%为好。

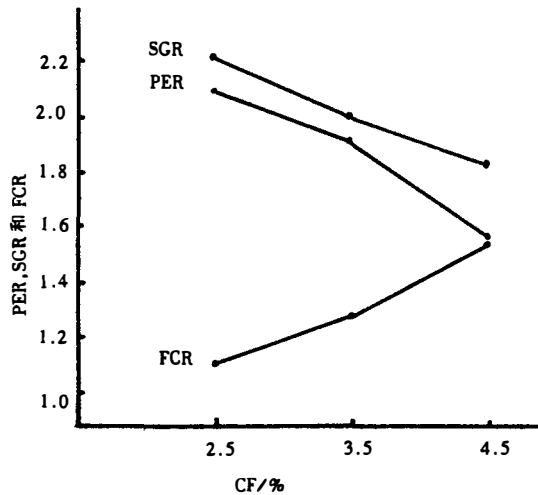


图3 纤维素含量对蛋白质效率、生长比率和饲料系数的影响

Fig. 3 Effect of fiber content on PER, SGR and FCR

### 3.3 大口黑鲈对脂肪的需求

脂肪对于利用碳水化合物能力较低的肉食性鱼类来说,是十分重要的能源,适当添加可起到节约蛋白质的效果。本试验中,油脂含量从5%上升到7%,三个水平间鱼类的增重效果差异不显著( $P>0.1$ ),蛋白质利用率和生长比率的差异也不显著( $P>0.1$ ),表明5%~7%的脂肪含量与蛋白质几个水平的组合均是合适的。

## 4 结论

大口黑鲈配饵中,适宜的蛋白质含量为42%左右,纤维素不高于3.5%,脂肪不低于5%。

## 参 考 文 献

- 北京大学生物系生物化学教研室(编). 1980. 生物化学实验指导. 北京:人民教育出版社. 71~72.
- 北京农业大学(主编). 1979. 家畜饲养实验指导. 北京:农业出版社. 60~63.
- 刘玉梅,朱谨钊,吴厚余. 1991. 中国对虾幼体及仔虾消化酶活力及氨基酸组成的研究. 海洋与湖沼, 22(6):571~575.
- 胡家财,林利民,陈学豪. 1994. 鲈鱼人工饲料中蛋白质最适含量的研究. 厦门水产学院学报, 16(1):6~10.
- 陈国铭(译). 1987. 鱼类的营养和饲料. 北京:海洋出版社. 252~253.
- Ehrlein H J, Prove J. 1982. Effect of viscosity of test meals on gastric emptying in dogs. Q J Exp Physiol. 67:479~425.
- Wilmohirst P, Grauley J C W. 1980. The measurement of gastric transit time in obese subjects using Na and the effects of energy contents and guar gum on gastric emptying and satiety. Br J Med. 44:1~6.

## EFFECTS OF DIFFERENT PROTEIN, FIBRE AND FAT LEVELS IN DIETS ON THE GROWTH OF LARGE-MOUTH BASS, *MICROPTERUS SALMOIDES*

QIAN Guo-Ying

(Zhejiang Rural Teachers College of Technology, Ningbo 315101)

**ABSTRACT** With the development of large-mouth bass, *Micropterus salmoides* cultivation, artificial feed have become the key of increasing feed efficiency. The objective of this study is to determine the effects of dietary protein, fibre and fat on the growth of large-mouth bass. According to orthogonal trial Table L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>), using casein, cellulose and soybean oil, the feeding tests were carried out for 23—29g young fish. The content of components was designed 3 levels: protein of 39%, 42%, 45%; fiber of 2.5%, 3.5%, 4.5%; fat of 5%, 6% and 7%. The results show that protein and fiber had significant differences on weight gain among their levels ( $P < 0.05$ ), i. e., 42% and 45% protein were better than 39%; 2.5% and 3.5% fiber were better than 4.5%. Protein efficiency ratio apparent digestibility and food coefficient ratio showed further that 42% protein and 2.5% fiber were the best. There was no difference on weight gain and protein efficiency ratio among fat levels ( $P > 0.1$ ), 5%—7% fat is also the suitable content. Thus the large-mouth bass's best compounded diet suggested is 42% protein, 2.5% fiber and 6% fat.

**KEYWORDS** *Micropterus salmoides*, protein, fiber, fat, growth

### 1999年度《上海水产大学学报》证订启事

《上海水产大学学报》是上海水产大学主办的水产科学技术的综合学术刊物。主要反映本校各学科科研成果,促进学术与教学研究的交流与繁荣。主要刊载渔业资源、水产养殖和增殖、水产捕捞、水产品保鲜与综合利用、渔业水域环境保护、渔船、渔业机械与仪器、渔业经济与技术管理以及水产基础研究、水产教学经验等的论文、调查报告、研究简报、综述与评述、简讯等,并酌登学术动态和重要书刊评介等。

本刊为季刊,国内外公开发行人。每期单价6元,全年共24元。国内统一刊号:CN31-1613/S。邮发代号4-604。读者可在当地邮局订阅,也可直接汇款到编辑部订阅。本刊编辑部尚有创刊至今部分过期期刊,欢迎各有关单位、个人订阅。编辑部地址:上海市军工路334号,上海水产大学38号信箱。邮编200090。

联系电话:(021)65710892;(021)65710232;(021)65432965。

E-mail:zhningk@online.sh.cn 传真:021-65432965。