

饲料中主要能量物质对大菱鲂幼鱼生长的影响*

马爱军 陈四清 雷霖霖 陈大刚[†]

于东祥 王立超^{††} 张少华^{†††}

(中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071)

[†](青岛海洋大学水产学院 青岛 266003)

^{††}(荣成市水产科学技术研究所 荣成 264300)

^{†††}(威海市环翠区水产局 威海 264200)

提要 于 1999 年 6—8 月, 采用正交设计统计方法, 对主要能量物质蛋白质、脂肪和糖类对大菱鲂幼鱼生长的影响进行研究。利用 $L_{16}(4^3)$ 正交设计了 16 组大菱鲂幼鱼饲料, 在各组饲料中, 蛋白质、脂肪和糖类的含量范围分别为 36%—45%、8%—20% 和 0%—6%, 共进行了 60d 的喂养实验, 并对饲料及鱼体成分进行分析测定。结果表明, 各主要能量物质对鱼体增重和配合饲料转化率的影响顺序为蛋白质 > 糖类 > 脂肪, 且蛋白质的变化对增重率的影响极显著, 对饲料转化率的影响显著。

关键词 大菱鲂幼鱼, 主要能量物质, 蛋白质, 脂肪, 糖类, 影响

中图分类号 S963

大菱鲂 (*Scophthalmus maximus* L.) 属鲆科 (Bothidae)、菱鲆属 (*Scophthalmus*), 原产于西欧沿海, 是当前欧洲的重要海水养殖鱼类之一 (Jones *et al.*, 1995; Bromley, 1980a, b; Spectorova *et al.*, 1974, 1976)。该鱼属冷水性鱼类, 性格温顺、易驯化、生长快、抗病力强, 并且适应低温, 越冬费用低, 是适于我国北方大面积开展养殖的优良品种。其肉质鲜美, 体扁近圆形, 内脏团小, 身体肉厚, 可食部分多, 商品价值高, 市场前景广阔。中国水产科学研究院黄海水产研究所自 1992 年将大菱鲂引入我国, 目前已获得引种繁育成功, 山东半岛各育苗场已成功培育出数百万尾本土大菱鲂鱼苗, 为我国大菱鲂的养殖提供了苗种基础 (马爱军等, 2000; 雷霖霖等, 1999)。

大菱鲂对饲料质量要求较高, 在养殖生产中常因饲料质量不好而不能正常生长, 严重时可引起大面积死亡。国内有关海水养殖动物早期发育阶段的营养需求有一些报道 (张雅芝等, 1999; 陈四清等, 1995; 周歧存等, 2001), 但由于大菱鲂在我国是一个新品种, 在养殖地的水域环境下, 其各种营养需求有待深入研究。本文采用正交设计法配制了 16 组配

* 中国水产科学研究院资助项目“大菱鲂人工配合饲料及养成技术研究”, 1999-02-02 号; 山东省科委科技计划专项合同资助, 991051111-1 号。马爱军, 女, 出生于 1971 年 4 月, 硕士, 助理研究员, 青岛海洋大学博士研究生, E-mail: maaajun@public.qd.sd.cn

方不同的饲料,通过网箱对比实验,研究了大菱鲂幼鱼对主要营养物质蛋白质、脂肪和糖类的营养需求,以期为完善其饲料配方、提高饲料适应性、进一步扩大在国内的养殖规模提供资料。

1 材料与方法

1.1 实验用鱼及饲料

实验用大菱鲂(*Scophthalmus maximus* L.)购于蓬莱市鱼类养殖试验场。购买的大规格鱼种经消毒处理、一周暂养驯化后进行挑选,供实验用的大菱鲂幼鱼平均规格为:体重27g,体长9.4cm。

为了能较快将实验结果应用于生产,配合饲料原料主要采用新生产的脱脂鱼粉、豆粕、花生粕、饲料酵母、复合多维、复合矿物质等。实验中对饲料蛋白质、脂肪及糖类的含量分别设计了4个梯度,通过正交设计配制了16组不同的饲料。在实验过程中,随着幼鱼的生长,共采用了两种粒径的配合饲料,前期和后期幼鱼的饲料粒径分别为4mm和6mm。每个网箱实验用鱼30尾,每组饲料各设一平行组作为重复实验。实验饲料正交设计见表1。

表1 大菱鲂幼鱼配合饲料正交设计

Tab. 1 The orthogonal design $L_{16}(4^3)$ of feed for turbot juvenile

组别	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
蛋白质(%)	36	36	36	36	39	39	39	39	42	42	42	42	45	45	45	45
脂肪(%)	8	12	16	20	8	12	16	20	8	12	16	20	8	12	16	20
糖类(%)	0	2	4	6	2	4	6	0	4	6	0	2	6	0	2	4

1.2 实验条件及方法

实验于小型水泥池中进行流水充气养殖,水泥池大小为 $0.77m^3$ ($1.2m \times 0.8m \times 0.8m$),养殖用水为地下水与海水混合后,经过一次性沙滤流入实验池,实验期间水质条件变化情况为:DO> 6.0mg/L, pH= 7.8—8.1, S= 28—30, T= 18—24℃。

每日投饵3次,测量水温3次,吸残污1次,日换水量为300%,定期倒池刷池,测定水质条件变化,检测鱼体病害情况,及时用药治疗鱼病,每月测量一次鱼体生长情况。

2 结果与讨论

由表2可知,经过60d的养殖实验,大菱鲂幼鱼成活率较高,均在85%以上(85%—100%),说明配合饲料基本上都能满足大菱鲂幼鱼存活的需求;鱼体增重率相差较大,相差达4倍(53.83%—211.84%),特别是前4组鱼体增重率明显偏低;饲料系数相差也达2倍以上(2.82—1.26),在11组饲料以后饲料系数才有明显降低。

表2 实验期间鱼体生长情况

Tab. 2 The growth of turbot during experiment

组别	N_i	$W_i(g)$	N_e	$W_e(g)$	成活率(%)	WGR(%)	$F_w(g)$	F_c
1	30	27.40	28.0	42.15	93.3	53.83	2326.4	2.82
2	30	27.55	28.5	47.05	95.0	70.78	2516.4	2.26
3	30	28.15	29.0	53.9	96.7	91.47	3172.1	2.12

续表

组别	N_i	W_i (g)	N_e	W_e (g)	成活率(%)	WGR(%)	F_w (g)	F_c
4	30	27.70	25.5	44.45	85.0	60.47	2218.2	2.60
5	30	29.35	28.5	63.25	95.0	115.50	4033.2	2.09
6	30	29.55	30.0	61.15	100.0	106.94	4150.3	2.19
7	30	29.95	27.0	56.65	90.0	89.15	3529.1	2.45
8	30	29.25	29.0	48.35	96.7	65.30	3072.0	2.77
9	30	28.25	28.0	65.85	93.3	133.10	4369.7	2.08
10	30	26.75	28.5	59.35	95.0	121.87	3892.0	2.09
11	30	27.70	30.0	62.90	100.0	127.08	3062.3	1.45
12	30	28.70	28.5	74.50	95.0	159.58	3647.6	1.39
13	30	28.75	28.5	74.85	95.0	160.35	3294.3	1.26
14	30	28.15	30.0	80.05	100.0	184.37	4059.1	1.30
15	30	28.70	27.5	79.50	91.7	177.00	3528.9	1.57
16	30	29.15	29.5	90.90	98.3	211.84	4966.6	1.36

注: 表中数值为两组数值平均值。 N_i 为实验开始时鱼体网箱鱼体数, N_e 为实验结束时鱼体网箱鱼体数。 W_i 为实验开始时鱼体重量, W_e 为实验结束时鱼体重量。鱼体增重率 $WGR(\%) = \frac{W_e - W_i}{W_i} \times 100\%$ 。 F_w 为总投饲量, N_i 为鱼体总尾数。饲料系数 $F_c = \frac{F_w}{W_e - W_i} \times N_i \times 100\%$

由表 3 极差数值 R 可以看出, 饲料中营养成分的含量对大菱鲆鱼体增重的影响作用是: 蛋白质($R = 114.2$) > 糖类($R = 28.1$) > 脂肪($R = 8.6$), 大菱鲆鱼体增重率的大小主要取决于蛋白质的含量, 其影响作用大于其他所有项目影响之和($114.2 > 8.6 + 28.1 + 16.5 + 31.8$)。饲料中蛋白质的含量, 对大菱鲆幼鱼增重率的影响非常明显($R = 114.2$), 随着饲料中蛋白质含量的增加, 大菱鲆幼鱼增重率平均位次逐渐提前, 即大菱鲆幼鱼增重率逐渐增加, 在本实验范围内以 45% 蛋白质含量鱼体增重率最高(平均位次为 2.5); 饲料中脂肪含量的多少, 对大菱鲆幼鱼增重率影响不明显($R = 8.6$), 脂肪含量对大菱鲆幼鱼增重率平均位次的影响变化不大, 本实验饲料中脂肪含量为 20% (蛋白质含量在 42% 以上) 最好, 12%—16% 次之; 饲料中糖类含量, 对大菱鲆幼鱼增重的影响比脂肪明显($R = 28.1$), 实验饲料中糖类含量为 4% 最好。

表 3 $L_{16}(4^3)$ 实验大菱鲆幼鱼配合饲料增重率分析Tab.3 Analysis of turbot juvenile weight gain rate of $L_{16}(4^3)$ experiment

实验号	蛋白质(%)	脂肪(%)	糖类(%)	空列(%)	空列(%)	增重率(%)	位次
1	36	8	0	1	1	53.83	16
2	36	12	2	2	2	70.78	13
3	36	16	4	3	3	91.47	11
4	36	20	6	4	4	60.47	15
5	39	8	2	3	4	115.50	9
6	39	12	4	4	1	106.94	10
7	39	16	6	1	2	89.15	12
8	39	20	0	2	3	65.30	14
9	42	8	4	4	2	133.10	6

续表

实验号	蛋白质(%)	脂肪(%)	糖类(%)	空列(%)	空列(%)	增重率(%)	位次
10	42	12	6	1	3	121.87	8
11	42	16	0	2	4	127.08	7
12	42	20	2	3	1	159.58	5
13	45	8	6	2	3	160.35	4
14	45	12	0	3	4	184.37	2
15	45	16	2	4	1	177.00	3
16	45	20	4	1	2	211.84	1
K_1	276.6	462.8	430.6	476.7	497.4		
K_2	376.9	484.0	522.9	423.5	504.9		
K_3	541.6	484.7	543.4	550.9	439.0		
K_4	733.6	497.2	431.8	477.5	487.4		
K_1	69.2	115.7	107.7	124.3	119.2		
K_2	94.2	121.0	130.7	126.2	105.9		
K_3	135.4	121.2	135.8	109.7	137.7		
K_4	183.4	124.3	108.0	121.9	119.4		
R	114.2	8.6	28.1	16.5	31.8		

 $\Sigma = 1928.6$

表4的分析表明,饲料中蛋白质含量对大菱鲂幼鱼增重率的影响极显著,脂肪和糖类对大菱鲂幼鱼增重率的影响不显著。

表4 增重率方差分析和 F 检验Tab.4 Square error analysis and F test of weight growth rate

变异来源	SS	f	S^2	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
蛋白质	30039.3	3	10013.1	18.10*	4.76	9.78
脂肪	169.6	3	56.5	0.10	4.76	9.78
糖类	2668.0	3	889.3	1.61	4.76	9.78
误差	1659.0	6	553.0			
总变异	34535.9	15				

* 差异极显著

由表5可以看出,随着饲料中蛋白质含量的增加,大菱鲂幼鱼饲料转换率平均位次逐渐升高,在本实验范围内以45%蛋白质含量饲料转换率最低;随着饲料中脂肪含量的增加,大菱鲂幼鱼饲料转换率平均位次逐渐降低,饲料中脂肪含量为8%时,饲料转换率最低;饲料中糖类含量,对大菱鲂幼鱼饲料转换率平均位次,最低的含量为2%。

表5 蛋白质、脂肪、糖类各水平饲料转换率平均位次

Tab.5 The average feed coefficient's precedence of protein, fat and sugar, respectively

蛋白质(%)	饲料转换率平均位次	脂肪(%)	饲料转换率平均位次	糖类(%)	饲料转换率平均位次
36	13	8	8	0	9.5
39	11.75	12	8.25	2	7.5
42	6	16	8.5	4	7.75
45	3	20	9	6	9

表6的分析表明, 对大菱鲆幼鱼饲料转换率影响显著的只有蛋白质一项, 其他营养素对大菱鲆幼鱼饲料转换率影响不显著, 只起辅助作用。

表6 饲料转换率方差分析和 F 检验

Tab. 6 Square error analysis and F test of feed conversion rate

变异来源	SS	f	S^2	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
蛋白质	2771.0	3	923.7	7.43*	4.76	9.78
脂肪	16.5	3	5.5	0.044	4.76	9.78
糖类	57.8	3	19.3	0.153	4.76	9.78
误差	745.9	6	124.3			
总变异	3591.2	15				

* 差异显著

3 结论

3.1 大菱鲆幼鱼对蛋白质营养的需求

以上分析表明, 饲料中蛋白质营养的含量对大菱鲆幼鱼的生长起着重要的作用, 对鱼体的增重方面影响极显著, 对配合饲料的转化率影响显著。在鱼体增重方面, 蛋白质含量低于 39% 时, 幼鱼增长缓慢, 只有在蛋白质含量高于 42% 时, 大菱鲆幼鱼才出现快速增长。本实验中, 饲料蛋白质含量为 45% 时, 幼鱼增重达到最快, 这与 Adron 等 (1976) 研究认为饲料蛋白质对大菱鲆幼鱼鱼体增重结果一致。这种现象可能与大菱鲆幼鱼对蛋白质有较强的消化能力有关, 如 Munilla-Moran 等 (1989) 研究认为, 大菱鲆幼鱼与成鱼在空肠时的蛋白质分解能力相近, 幼鱼的蛋白酶形式和在投喂轮虫后差别很大, 摄食活饵产生较多的中性和碱性酶, 且蛋白酶的含量减少很慢, 或许是合成新的蛋白酶; De Schrijver 等 (2000) 研究认为, 大菱鲆幼鱼胃到直后肠消化道对蛋白质有消化能力。由于本实验设计饲料蛋白质含量最高为 45%, 蛋白质含量超过 45% 的饲料效果没有体现出来, 有待进一步研究。

3.2 大菱鲆幼鱼对脂肪营养的需求

研究表明, 饲料中脂肪含量对大菱鲆幼鱼增重的影响不明显, 平均位次仅相差 0.5 即 6%, 对饲料系数的影响是脂肪含量越高饲料系数越高, 这与 Bromley (1980a, b) 研究结果一致。Bromley (1980a, b) 研究认为, 高蛋白低脂类的饲料使幼鱼生长最快, 过多的脂类影响幼鱼的生长, 导致饲料效率下降, 脂类大于 9% 时, 蛋白质节约效率不再增加。由于脂肪对大菱鲆幼鱼的增重及饲料系数影响不明显, 根据实验结果可以认为饲料中脂肪含量以 20% 为最好, 12%—16% 次之。

3.3 大菱鲆幼鱼对糖类营养的需求

通过分析比较发现, 大菱鲆幼鱼对糖的需要量为 4%, 糖类对大菱鲆幼鱼的营养作用较为重要, 在增重率和饲料转换率方面, 其影响作用皆大于脂肪的作用, 特别是在鱼体增重方面其影响作用还较为重要。为此, 作者认为于书昆等 (1986) 论述的鱼类肝脏中存在着 G6Pase、FDPase、PFK、PGI、G6PDH、PGDH 活性是正确的。本研究与 Nuhof 等 (1994) 的研究结果较为一致, 他们研究认为大菱鲆在代谢食物糖类方面无系统性缺陷, 由饵料糖类总能中获取的可代谢份额约占脂类的 67%, 脂肪的积累随表示成淀粉的非蛋白质能量的饵

料的投饵率的升高而降低。作者认为有关糖类在大菱鲆幼鱼饲料中的营养作用有必要进一步研究。

本实验中大菱鲆幼鱼成活率较高,且没有明显变化趋势,这与 Castell 等(1994)研究认为的鱼粉、酪蛋白、鱼油、safflower oil 对幼鱼的增重、成活率及发育方面没有明显的差异这一结论相吻合。本研究结果表明,虽然大菱鲆是从国外引进的品种,但只要水质条件适宜,大菱鲆可以在我国沿海正常存活和生长,生长情况的好坏取决于饲料质量和养殖管理水平。

参 考 文 献

- 于书昆,张树荣,1986. 鱼类糖代谢与对饵料中糖的利用. 海洋科学, 10(4): 58—60
- 马爱军,陈四清,雷霖霖等,2000. 大菱鲆幼鱼几种饲料的分析与对比试验. 饲料工业, 21(7): 17—19
- 张雅芝,郑斯电,1999. 黄姑鱼早期发育阶段的摄食与生长特性. 海洋与湖沼, 30(2): 117—126
- 陈四清,李爱杰,1995. 维生素 D 对中国对虾生长影响的研究. 海洋与湖沼, 26(1): 42—47
- 周歧存,麦康森,谭北平等,2001. 维生素 E 对皱纹盘鲍幼鲍生长、存活及体成分的影响. 海洋与湖沼, 32(2): 125—131
- 雷霖霖,刘新富,马爱军,1999. 大菱鲆的引进与驯养试验. 见: 中国动物学会编. 中国动物科学研究. 北京: 中国林业出版社, 408—413
- Adron JW, Blair A, Cowey C B *et al.*, 1976. Effects of dietary energy level and dietary energy source on growth, feed conversion and body composition of turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Aquaculture*, 7: 125—132
- Bromley P J, 1980a. Effect of dietary protein, lipid and energy content on the growth of turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Aquaculture*, 19: 359—369
- Bromley P J, 1980b. The effect of dietary water content and feeding rate on the growth and food conversion efficiency of Turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Aquaculture*, 20: 91—99
- Castell J D, Bell J G, 1994. Effects of purified diets containing different combinations of arachidonic and docosahexaenoic acid on survival, growth and fatty acid composition of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). *Aquaculture*, 128(3/4): 315—333
- De Schrijver R, Ollevier F, 2000. Protein digestion in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*) and effects of dietary administration of *Vibrio proteolyticus*. *Aquaculture*, 186(1/2): 107—116
- Jones A, Howell B, 1995. The Marine Flatfishes. In: Nash C E, Novotny A J ed. *World Animal Science*, C8. Production of Aquatic Animals: Fishes, Elsevier, 275—278
- Munilla-Moran R, Stark J R, 1989. Protein digestion in early turbot larvae, *Scophthalmus maximus* (L.). *Aquaculture*, 81: 315—327
- Nuhof M, Bult T P, 1994. Metabolizable energy from dietary carbohydrates in turbot *Scophthalmus maximus* (L.). *Aquac Fish Manag*, 25(3): 319—329
- Spectorova L V, Aronovich T M, Doroshev S I *et al.*, 1974. Artificial rearing of the black sea turbot larvae (*Scophthalmus maeoticus*). *Aquaculture*, 4: 329—340
- Spectorova L V, Aronovich T M, Doroshev S I, 1976. Doroshev experiments on the artificial rearing of the black sea turbot (*Scophthalmus maeoticus*). *Aquaculture*, 9: 275—286

INFLUENCES OF THE MAIN ENERGY MATTER IN FEED ON THE GROWTH OF YOUNG TURBOT (*SCOPHTHALMUS MAXIMUS* L.)

MA Ai- Jun, CHEN Si- Qing, LEI Ji- Lin, CHEN Da- Gang^{*}, YU Dong- Xiang,
WANG Li- Chao^{**}, ZHANG Shao- Hua^{***}

(*Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao, 266071*)

^{*} (*Fisheries College, Ocean University of Qingdao, Qingdao, 266003*)

^{**} (*Fisheries Institute of Rongcheng City, Rongcheng, 264300*)

^{***} (*Huancū District Fishery Bureau of Weihai City, Weihai, 264200*)

Abstract In June —August 1999, orthogonal statistic method was used to study the effects of protein, fat and sugar on the growth of juvenile fish of *Scophthalmus maximus* L. In the $L_{16}(4^3)$ orthogonal test, 16 groups of feed were designed, for which three ranges of the contents of protein, fat and sugar, 36% —45%、8% —20% and 0% —6%, respectively, were used. The feeding experiment lasted for 60 days, to examine the contents of the feed and fish body. The experimental result shows that the effect on the increase of body weight and feed transformation ratio of different contents are in the following sequence: protein > fat > sugar, and the content of protein has the most distinctive effect on the increase of the body weight and feed transformation ratio.

Key words Young turbot, Main energy matter, Protein, Fat, Sugar, Influences