

饵料蛋白能量比对黑鲷幼鱼生长和体成分的影响

彭士明¹, 陈立侨¹, 叶金云², 王友慧², 侯俊利¹, 郭 慧¹, 李二超¹

(1. 华东师范大学 生命科学学院, 上海 200062; 2. 浙江省淡水水产研究所, 浙江 湖州 313001)

摘要:取黑鲷(*Sparus macrocephalus*)幼鱼 960 尾, 体重 (3.39 ± 0.18) g, 以鱼粉和豆粕作为蛋白源, 鱼油和豆油等比例混合油作为脂肪源, 共配制 4 个蛋白水平(34%、38%、42%、46%), 每一蛋白水平设 3 个脂肪水平(10%、13%、16%), 共 12 种饵料, 糖水平保持在 16% 左右, 饵料的蛋白能量比(P/E)在 96.76~136.21 mg/kcal。黑鲷幼鱼随机分成 12 组, 每组设 2 重复, 实验为期 42 d。结果表明, 对特定生长率(SCR)与饵料系数(FCR)的影响, 以较高蛋白组(38%、42%、46%)显著优于低蛋白组(34%)($P < 0.05$), 中、高脂肪组(13%、16%)显著优于低脂肪组(10%)($P < 0.05$); 各组饵料对成活率的影响无显著差异($P > 0.05$)。当蛋白水平为 42%, 脂肪水平为 16% 时, 黑鲷幼鱼获得最大特定生长率(3.20)、最高蛋白质效率(2.10)和最小饵料系数(1.14)。全鱼脂肪含量随着饵料中脂肪水平的提高而逐渐升高。在同一饵料蛋白水平内, 全鱼蛋白与灰分含量随着饵料脂肪水平的提高呈逐渐升高趋势。经统计分析, 饵料中不同蛋白能量比显著影响黑鲷幼鱼生长($P < 0.05$), 饵料中脂肪有明显节约蛋白质的作用($P < 0.05$)。由生长及体成分的实验结果得出, 黑鲷幼鱼的最适饵料蛋白水平为 42%, 最适蛋白能量比(P/E)为 110.37 mg/kcal。

关键词:黑鲷; 幼鱼; 蛋白能量比; 体成分

中图分类号: Q959.483 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-8737-(2005)04-0465-06

能量是鱼类饵料组成定量的基础指标之一, 而蛋白质则是饵料中要考虑的首要营养素^[1]。蛋白能量比(P/E)是饵料中粗蛋白含量与单位重量饵料中所含的总能的比值。配合饵料的蛋白含量、能量组成以及蛋白能量比是衡量饵料质量和经济效益的重要指标。许多学者在以非蛋白能源物质替代蛋白质的实验中, 发现碳水化合物与脂肪有节约蛋白质的作用^[2-3]。鱼类对蛋白质的利用程度不仅与饵料中的蛋白种类和含量密切相关, 而且与饵料中非蛋白能源存在着密切关系。饵料中适量的非蛋白能源能够提高鱼类的蛋白质利用率, 进而减少作为能源的蛋白质消耗, 使饵料蛋白质更好地用于合成动物体蛋白^[1]。但是, 配合饵料中过多的非蛋白能源物质则会影响鱼类的摄食和生长, 造成鱼体脂肪含量过高, 商品性能降低, 并且限制动物对其他营养成分的消化吸收^[8]。因此, 在配合饵料的研发过程中, 蛋白能量比是一个重要的基础参数。至今, 有关蛋白能量比的研究已有不少报道^[6-9], 然而, 蛋白能量比会因养殖动物的种类、大小、配合饵料组成成分和养殖

模式的改变而改变^[10]。

黑鲷(*Sparus macrocephalus*)属鲈形目、鲷科、鲷属, 肉质鲜美, 营养丰富, 并且具有杂食性、广温 and 广盐性等特点, 是海水养殖的优良品种。有关黑鲷饵料营养需求的研究已有不少报道^[11-14], 但是, 有关黑鲷蛋白能量比的研究至今仍未见相关报道。本研究在已有的黑鲷营养需求的研究基础之上, 设计 4 个蛋白质水平, 且每个蛋白质水平设 3 个脂肪水平即 3 个能量级, 以研究蛋白能量比对黑鲷幼鱼生长和鱼体成分的影响, 旨在为黑鲷的饵料配制提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 实验动物饲养与饵料配制

黑鲷幼鱼购自宁波市海湾水产苗种繁育中心。采用自然海水经沉淀、沙滤并消毒作为饲养用水。暂养一周后, 随机选取体质健壮、大小整齐的 960 尾幼鱼作为实验用鱼, 体重为 (3.39 ± 0.18) g, 放养在室内水泥池(0.75 m × 0.75 m × 1.2 m)中(40 尾/

收稿日期: 2004-10-08; 修订日期: 2005-01-10。

基金项目: 浙江省科技重大项目(2002C12016)。

作者简介: 彭士明(1980-), 男, 硕士研究生, 主要从事水产动物营养学。E-mail: pshiming1980@163.com

通讯作者: 陈立侨。Tel: 021-62233637。E-mail: lqchen@bio.ecnu.edu.cn

池)。每组设2个重复,日投喂2次,分别在8:00和16:00时,食完再投,每次投喂至鱼不活跃摄食为止,基本无残饵。投喂结束后30 min换水,换水量为池内水体的1/6,保证日换水量达1/3水体。饲养期间水温在25.5~28.5℃,连续充气增氧,溶氧保持在6 mg/L以上,pH 7.8~8.5,氨氮含量在0.1 mg/L以下。饲养实验自2004年8月16日开始,至9月26日结束,为期42 d。

实验饵料以鱼粉和豆粕作为蛋白源,鱼油和豆油等比例混合油作为脂肪源,共设计12组实验饵

料。4个蛋白水平分别为34%、38%、42%、46%,每一蛋白水平设3个脂肪水平,分别为10%、13%、16%,糖含量为16%(不包含纤维素),以微晶纤维素粉作为调节物质。饵料粗蛋白、粗脂肪与糖含量测定方法分别采用凯氏定氮法、索氏抽提法与DNS法。饵料P/E值在96.76~136.21 mg/kcal。饵料原料经粉碎并过40目筛,混合均匀后制成直径为2 mm的颗粒饵料,置于-20℃冰箱备用。饵料组成成分见表1。

表1 实验饵料组成成分及含量
Tab.1 Composition of experimental diets

饵料 Diet	实验组 Group											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
原料/% Raw material												
鱼粉 Fish meal	31.0	31.0	31.0	34.0	34.0	34.0	38.0	38.0	38.0	45.0	45.0	45.0
豆粕 Soybean meal	28.0	28.0	28.0	34.0	34.0	34.0	38.0	38.0	38.0	37.0	37.0	37.0
次粉 Flour	10.0	10.0	10.0	6.5	6.5	6.5	5.0	5.0	5.0	3.0	3.0	3.0
纤维素 Fibrin	20.6	17.6	14.6	15.5	12.5	9.5	9.5	6.5	3.5	6.0	3.0	0
鱼油 Fish oil	3.2	4.7	6.2	3.0	4.5	6.0	2.75	4.25	5.75	2.5	4.0	5.5
豆油 Soybean oil	3.2	4.7	6.2	3.0	4.5	6.0	2.75	4.25	5.75	2.5	4.0	5.5
复合维生素 ¹⁾ Vitamin premix	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
复合矿物质 ²⁾ Mineral premix	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
黏合剂 ³⁾ Binder	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
营养成分 Nutrition composition												
粗蛋白/% Protein	33.97	34.36	34.10	37.87	38.35	38.03	42.11	42.36	42.15	45.91	45.98	46.13
能量 ⁴⁾ /(kcal·kg ⁻¹) Energy	2964.5	3245.7	3524.3	3094.7	3404.6	3625.1	3281.5	3554.9	3819.0	3370.6	3674.3	3960.7
蛋白比/(mg·kcal ⁻¹) P/E	114.59	105.86	96.76	122.37	112.64	104.91	128.33	119.16	110.37	136.21	125.14	116.47
粗脂肪/% Lipid	10.25	13.17	16.35	10.19	13.26	16.11	10.31	13.45	16.42	10.14	13.39	16.47
糖/% Carbohydrate	17.08	17.15	17.22	16.57	16.93	16.35	16.73	16.25	16.38	15.54	15.75	15.83

注:1)复合维生素(mg/kg 饵料):维生素A 10,维生素D 0.05,维生素E 400,维生素K 40,维生素B₁ 50,维生素B₂ 200,维生素B₃ 500,维生素B₆ 50,维生素B₇ 5,维生素B₁₂ 15,维生素C 1 000,肌醇2 000,胆碱5 000; 2)复合矿物质(mg/kg 饵料):FeSO₄·7H₂O 372,CuSO₄·5H₂O 25,ZnSO₄·7H₂O 120,MnSO₄·H₂O 5,MgSO₄ 2 475,NaCl 1 875,KH₂PO₄ 1 000,Ca(H₂PO₄)₂ 2 500; 3)黏合剂:1.5%α-淀粉与0.5% HJ-II; 4)能量按蛋白质4.0 kcal·g⁻¹、脂肪9 kcal/g、糖4 kcal/g计算^[8]。

Note:1) Vitamin premix(mg/kg dry diet): V_A 10, V_D 0.05, V_E 400, V_K 40, V_{B1} 50, V_{B2} 200, V_{B3} 500, V_{B6} 50, V_{B7} 5, V_{B12} 15, V_C 1 000, inositol 2 000, choline 5 000; 2) Mineral premix(mg/kg dry diet): FeSO₄·7H₂O 372, CuSO₄·5H₂O 25, ZnSO₄·7H₂O 120, MnSO₄·H₂O 5, MgSO₄ 2 475, NaCl 1 875, KH₂PO₄ 1 000, Ca(H₂PO₄)₂ 2 500; 3) Binder: 1.5% α-starch and 0.5% HJ-II; 4) Energy: protein 4.0 kcal/g, fat 9.0 kcal/g, carbohydrate 4.0 kcal/g.^[8]

1.2 样品采集与分析

养殖实验结束后,从每池随机选取4尾鱼,烘干后作全鱼样品。另随机选取4尾鱼测定其体重、体长。全鱼水分、蛋白质、脂肪和灰分含量的测定方法依次选用恒温干燥法(105℃)、凯氏定氮法、索氏抽提法和灼烧法(550℃)。

1.3 数据分析

数据以平均值±标准误($\bar{X} \pm SE$)表示,实验结果用 SPSS11.4 软件包进行处理,在单因素方差分析的基础上,采用 Duncan 多重比较法检验组间差异($P=0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同蛋白能量比对幼鱼生长和饲料利用率的影响

表2列出了饲养黑鲷幼鱼42 d后的特定生长率、饲料系数、蛋白质效率、肥满度和成活率。由表2可以看出,当饲料蛋白水平由34%升高到46%,低脂肪组(10%)的特定生长率逐步升高,饲料系数逐步降低,蛋白质效率除34/10饲料组外也是逐步升高;中脂肪组(13%)的饲料系数逐步降低,特定生长率与蛋白质效率除38/13饲料组外均是逐渐升高;高脂肪组(16%)除46/16饲料组外其特定生长率、蛋白质效率均是逐渐升高,饲料系数逐渐降低。即随着饲料蛋白水平的提高,黑鲷特定生长率与蛋白质效率呈逐渐升高,饲料系数呈逐渐降低的趋势。在同一饲料蛋白水平下,低、中、高脂肪组的特定生

长率与蛋白质效率也呈逐渐升高,饲料系数呈逐渐降低趋势。然而,当饲料蛋白与脂肪水平为本实验设计的最高值时(46/16饲料组),则表现出特定生长率、蛋白质效率下降,饲料系数升高。统计结果显示,较高饲料蛋白水平与中、高脂肪水平饲料组(38/13、38/16、42/13、42/16、46/13)的饲料系数、特定生长率显著优于低蛋白饲料组(34%)与低脂肪饲料组(38/10、42/10、46/10)($P < 0.05$);34/16饲料组的蛋白质效率显著高于38/10饲料组。同样,38/16饲料组的蛋白质效率显著高于42/10饲料组,42/16饲料组的蛋白质效率显著高于46/10饲料组($P < 0.05$)。各实验组中,以第9饲料组(42/16)的特定生长率、蛋白质效率、饲料系数最优,其次为第11饲料组(46/13)。各饲料组间肥满度、成活率无显著性差异($P > 0.05$)。

表2 不同蛋白能量比(P/E)饲料对黑鲷幼鱼的特定生长率、饲料系数、蛋白质效率、肥满度和成活率的影响

Tab.2 Effects of dietary protein to energy ratios on special growth rate(SGR), feed conversion rate(FCR), protein efficiency ratio(PER), condition factor(CF) and survival rate of juvenile black seabream $\bar{X} \pm SE$

饲料 Diet	蛋白/脂肪 Pro/Lipid	初重/g Initial weight	末重/g Final weight	特定生长率 SGR	饲料系数 FCR	蛋白质效率 PER	肥满度 CF	成活率/% Survival rate
1	34/10	3.00±0.21	7.13±0.49	2.06±0.02 ^d	2.03±0.10 ^{ab}	1.45±0.06 ^b	2.70±0.03	84±0.02
2	34/13	3.64±0.01	8.01±0.42	1.88±0.11 ^f	2.14±0.17 ^a	1.39±0.11 ^b	2.83±0.17	83±0.03
3	34/16	3.56±0.11	9.00±0.20	2.21±0.02 ^{cd}	1.66±0.03 ^{bc}	1.78±0.04 ^a	2.54±0.10	81±0.03
4	38/10	3.38±0.13	8.09±0.52	2.08±0.06 ^d	1.97±0.08 ^{ab}	1.33±0.05 ^b	2.79±0.14	83±0.02
5	38/13	3.23±0.10	10.27±1.34	2.75±0.20 ^{bc}	1.39±0.14 ^{abc}	1.93±0.19 ^a	2.77±0.07	85±0.03
6	38/16	3.29±0.21	10.09±2.67	2.67±0.41 ^{bcd}	1.46±0.29 ^{abc}	1.92±0.39 ^a	2.75±0.14	84±0.02
7	42/10	3.43±0.11	9.09±0.47	2.32±0.16 ^{cd}	1.71±0.03 ^{bc}	1.39±0.03 ^b	2.71±0.02	84±0.02
8	42/13	3.53±0.11	11.12±0.95	2.73±0.23 ^{bc}	1.35±0.12 ^{abc}	1.79±0.15 ^a	2.72±0.17	87±0.03
9	42/16	3.26±0.13	12.48±0.31	3.20±0.13 ^a	1.14±0.03 ^c	2.10±0.06 ^a	2.78±0.08	84±0.04
10	46/10	3.29±0.11	8.88±1.16	2.36±0.33 ^{abc}	1.58±0.16 ^{cd}	1.40±0.14 ^b	2.75±0.12	86±0.02
11	46/13	3.50±0.12	12.34±0.86	3.00±0.21 ^{ab}	1.20±0.08 ^{cd}	1.83±0.13 ^a	2.84±0.08	87±0.02
12	46/16	3.42±0.01	7.59±0.10	1.90±0.03 ^d	1.96±0.08 ^{ab}	1.11±0.05 ^b	2.85±0.17	81±0.03

注:1)表中数据为两重复的平均值,同一列数据不同上标字母代表有显著差异($P < 0.05$);2)饲料系数=投饲量/(总末重-总初重);3)特定生长率=100×(ln末体重-ln初体重)/实验天数;4)蛋白质效率=(总末重-总初重)/(投饲量×饲料中蛋白含量);5)肥满度=100×体重/体长³,单位:g/cm³。

Note:1) Data are means of double, within the same column; values with different superscripts are significantly different($P < 0.05$); 2) FCR = feed intake/(final BW - initial BW); 3) SGR = 100 × (ln final BW - ln initial BW)/days; 4) PER = (final BW - initial BW)/(feed intake × CP% in diet); 5) CF = 100 × BW/BL³, unit: g/cm³

2.2 不同蛋白能量比对幼鱼体成分的影响

表3列出了饲养黑鲷幼鱼42 d后鱼体水分、蛋白质、脂肪与灰分含量。由表3可见,当饲料蛋白水平由34%升高到46%,低脂肪组(10%)鱼体水分含量逐渐降低,蛋白与灰分含量逐渐升高,脂肪含量除

46/10饲料组外也是逐渐升高;中脂肪组(13%)鱼体水分含量同样是逐渐降低,蛋白与脂肪含量逐渐升高,灰分含量除38/13饲料组外也是逐渐升高;高脂肪组(16%)鱼体水分含量逐渐降低,蛋白与脂肪含量升高,而灰分含量则是先升高后降低,但是变化

幅度较小。即随着饵料蛋白水平的升高,鱼体水分含量逐渐降低,而蛋白质、脂肪与灰分含量则呈逐渐升高的趋势。鱼体脂肪含量随着饵料中脂肪水平的升高呈逐渐升高趋势。统计结果显示,低蛋白饵料

组(34%)与38/10饵料组的鱼体水分含量显著高于其他饵料组($P < 0.05$),在高蛋白饵料组(42%、46%)中,饵料脂肪水平变化对鱼体水分、蛋白质和灰分含量影响不明显($P > 0.05$)。

表3 不同蛋白能量(P/E)比饵料对黑鲷幼鱼体组成的影响

Tab.3 Effects of dietary protein to energy ratios on body composition of juvenile black seabream

饵料 Diets	蛋白/脂肪 Pro/Lipid	水分/% Moisture	蛋白质/% Protein	脂肪/% Lipid	$\bar{X} \pm SE$	
					灰分/% Ash	
1	34/10	81.25 ± 0.38 ^a	11.85 ± 0.09 ^a	2.41 ± 0.03 ^b	4.23 ± 0.13 ^d	
2	34/13	80.19 ± 0.23 ^b	11.89 ± 0.13 ^a	3.21 ± 0.10 ^a	4.28 ± 0.16 ^d	
3	34/16	78.28 ± 0.17 ^c	12.62 ± 0.12 ^d	4.14 ± 0.07 ^{cd}	4.83 ± 0.10 ^c	
4	38/10	78.08 ± 0.21 ^c	12.91 ± 0.12 ^d	3.57 ± 0.04 ^{cd}	4.33 ± 0.14 ^{cd}	
5	38/13	76.97 ± 0.16 ^d	13.72 ± 0.15 ^c	3.55 ± 0.05 ^{cd}	4.89 ± 0.13 ^c	
6	38/16	76.54 ± 0.18 ^{de}	13.72 ± 0.17 ^c	4.38 ± 0.11 ^c	4.95 ± 0.14 ^c	
7	42/10	76.46 ± 0.28 ^{de}	14.17 ± 0.14 ^{bc}	3.81 ± 0.31 ^{bc}	4.58 ± 0.12 ^{cd}	
8	42/13	76.12 ± 0.40 ^{de}	14.22 ± 0.20 ^{bc}	4.25 ± 0.11 ^c	4.71 ± 0.15 ^{bc}	
9	42/16	76.02 ± 0.48 ^{de}	14.39 ± 0.18 ^b	4.45 ± 0.06 ^{bc}	4.64 ± 0.11 ^{cd}	
10	46/10	75.89 ± 0.09 ^d	14.66 ± 0.18 ^{ab}	3.24 ± 0.10 ^{bc}	4.73 ± 0.14 ^{bc}	
11	46/13	75.25 ± 0.26 ^f	15.01 ± 0.20 ^a	4.95 ± 0.07 ^a	4.72 ± 0.13 ^{bc}	
12	46/16	75.41 ± 0.32 ^f	14.93 ± 0.17 ^a	4.74 ± 0.03 ^{ab}	4.56 ± 0.11 ^{cd}	

注:表中同一列数据不同上标字母代表有显著差异($P < 0.05$)。

Note: The different superscripts of the same column values are significantly different ($P < 0.05$).

3 讨论

3.1 蛋白能量比对黑鲷幼鱼生长的影响

饵料中的蛋白质与其他能量物质,对鱼类生长发育起着至关重要的作用;蛋白质和能量水平及其比例影响鱼类的生长、摄食、营养物质的转化、消化和鱼体组成成分^[9]。本实验结果表明,随着饵料蛋白水平的提高,黑鲷幼鱼的特定生长率与蛋白质效率呈逐渐升高,饵料系数呈逐渐降低的趋势,当饵料中蛋白水平为42%,脂肪水平为16%,蛋白能量比为110.37 mg/kcal时,获得最大特定生长率(3.27)、最高蛋白质效率(2.10)以及最小的饵料系数(1.14)。统计分析表明,黑鲷幼鱼饵料的最适蛋白水平为42%,最适蛋白能量比为110.37 mg/kcal。高淳仁等^[11]采用正交实验设计9种人工配合饵料饲养平均体长3 cm的黑鲷幼鱼43 d,当饵料蛋白、脂肪和糖类含量分别为41.2%、17.6%和15.9%时黑鲷幼鱼生长最快,陈四清等^[15]综合分析几种海水鱼最适饵料能蛋比即每克饵料所含能量(cal)与每百克饵料中蛋白质含量(g)的比值,认为海水鱼饵料最适能蛋比应小于100。这些结论均与本实验的研

究结果相符(110.37 mg/kcal 换算后即90.16)。

实验结果还显示,在同一蛋白水平内,随着脂肪水平的升高,黑鲷幼鱼的特定生长率、蛋白质效率逐渐升高,饵料系数则逐渐降低,同时,34/16饵料组与38/10饵料组,38/16饵料组与42/10饵料组,42/16饵料组与46/10饵料组,两两进行比较,前者的蛋白质效率均显著高于后者($P < 0.05$)。另外,由于本实验饵料组成成分与蛋白能量比的设计与Catacutan等^[17]对尖吻鲈(*Lates calcarifer*)的研究相似,即饵料中可消化糖的含量保持一致,从而排除了糖含量变化因子对生长的影响。因此认为,在黑鲷饵料组成成分中,脂肪有明显节约蛋白质的作用。关于脂肪节约蛋白质的作用已有报道,Vergara等^[5]在对金头鲷(*Sparus aurata*)的研究中得出,在低蛋白饵料组中脂肪有明显的节约蛋白质的作用,只是在高蛋白饵料组(58%)中脂肪的节约作用不明显。同样,Ai Qinghui等^[6]设计了3个蛋白水平且每个蛋白水平下设3个脂肪水平的共9种不同蛋白能量比饵料,研究了饵料蛋白能量比对花鲈(*Lateolabrax japonicus*)幼鱼生长和体成分的影响,结果表明,增加饵料中脂肪水平可以提高幼鱼的特定生长率、蛋

白质累积率与饲料的蛋白质效率,即饲料中脂肪有节约蛋白质的作用。

另外,从实验结果可见,当饲料的蛋白质与脂肪含量均为本实验最高水平时(46%、16%),黑鲷幼鱼的特定生长率、蛋白质效率则出现降低,饲料系数升高。原因可能是当饲料蛋白质含量满足动物生长需求时,饲料中过高的能量限制了黑鲷幼鱼对其他营养素的消化吸收,从而导致了幼鱼生长缓慢、蛋白质效率降低、饲料系数升高。但是,由于本实验并未设计更高的饲料蛋白与脂肪水平,所以确切的原因还有待进一步研究。

3.2 饲料蛋白能量比对黑鲷幼鱼体成分的影响

由实验结果可见,随着饲料蛋白水平的升高,鱼体水分含量逐渐降低,蛋白质、脂肪与灰分含量呈逐渐升高的趋势,而在较高蛋白水平下鱼体水分与蛋白含量变化并不十分明显,说明在高蛋白水平饲料组中过高的蛋白质并没有完全用于生长,而是用作能量被消耗掉,而低蛋白水平饲料组中蛋白质被有效地用于鱼体蛋白的合成。随着饲料脂肪水平的提高,鱼体脂肪含量呈逐渐升高的趋势,这与花鲈、尖吻鲈、杂交狼鲈(*Morone chrysops* × *Morone saxatilis*)的研究结果相一致^[6-7,16]。在同一蛋白水平饲料组中,随着蛋白能量比的降低,即随着饲料脂肪水平的提高,鱼体蛋白含量呈升高趋势,但在较高蛋白水平饲料组,饲料中脂肪水平对鱼体蛋白含量并无显著性影响,原因是脂肪节约蛋白质的本质仅限于把蛋白质的分解供能降低到最低限度,而对于蛋白质的其他功能则是脂肪无法替代的。

参考文献:

- [1] 李爱杰. 水产动物营养与饲料学[M]. 北京:中国农业出版社,1996:44-82.
- [2] Grisdale-Helland B, Helland S J. Replacement of protein by fat and carbohydrate in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*) at the end of freshwater stage[J]. *Aquaculture*, 1997, 152: 167-180.
- [3] Nankervis L, Matthews S J, Appleford P. Effect of dietary non-protein energy source on growth, nutrient retention and circulating insulin-like growth factor I and triiodothyronine levels in juvenile barramundi, *Lates calcarifer* [J]. *Aquaculture*, 2000, 191: 323-335.
- [4] Morris S, Bell J G, Robertson D A, Roy W J, et al. Protein/lipid ratios in extruded diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.): effects on growth, feed utilization, muscle composition and liver histology [J]. *Aquaculture*, 2001, 203: 101-119.
- [5] Vergara J M, Robaina L, M Lariño, et al. Protein sparing effect of lipids in diets for fingerlings of gilthead seabream [J]. *Fisheries Science*, 1996b, 62: 624-628.
- [6] Ai Qinghui, Mai Kangsen, Li Huitao, et al. Effects of dietary protein to energy ratios on growth and body composition of juvenile Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus* [J]. *Aquaculture*, 2004, 230: 507-516.
- [7] Catacutan R M, Coloso R M. Effect of dietary protein to energy ratios on growth, survival, and body composition of juvenile Asian seabass, *Lates calcarifer* [J]. *Aquaculture*, 1995, 131: 125-133.
- [8] Lupatsch I, Kinsil G W M, Sidan D, et al. Effects of varying dietary protein and energy supply on growth, body composition and protein utilization in gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) [J]. *Aquaculture Nutrition*, 2001, 7: 71-80.
- [9] 许国焕,丁庆秋,王燕. 饲料中不同能量蛋白比对大口鲶生长及体组成的影响[J]. 浙江海洋学院学报, 2001, 20(增刊): 94-97.
- [10] Santinha P J M, Medale F, Corraze G, et al. Effects of the dietary protein: lipid ratio on growth and nutrient utilization in gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) [J]. *Aquaculture Nutrition*, 1999, 5: 147-156.
- [11] 高淳仁,李岩,徐学良. 黑鲷幼鱼对饲料蛋白质、脂肪、糖类需求量的研究[J]. 齐鲁渔业, 1993, 49(6): 35-37.
- [12] 刘健格. 黑鲷的营养需求及配合饲料研究[J]. 海洋湖沼通报, 1996, 3: 49-53.
- [13] 李文娟. 黑鲷幼鱼饲料蛋白氨基酸平衡的研究[J]. 中国水产科学, 2000, 7(3): 37-40.
- [14] 刘健格,王可玲,王新成,等. 黑鲷饲料中最适蛋白质含量及动、植物蛋白比的研究[J]. 海洋与湖沼, 1995, 26(4): 443-448.
- [15] 陈四塘,马爱军,雷霖霖,等. 大菱鲆幼鱼的蛋白质与能量需求[J]. 水产学报, 2004, 28(4): 425-430.
- [16] Kumbayebetty C N, Wilson R P. Effects of water temperature on growth and nutrient utilization of seabass (*Morone chrysops* × *Morone saxatilis*) fed diets containing different energy/protein ratios [J]. *Aquaculture*, 1998, 166: 151-162.

Effects of dietary protein to energy ratios on growth and body composition of juvenile black seabream, *Sparus macrocephalus*

PENG Shi-ming¹, CHEN Li-qiao¹, YE Jin-yun², WANG You-hui², HOU Jun-li², GUO Hui¹, LI Er-chao¹

(1. College of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China; 2. Zhejiang Institute of Freshwater Fisheries, Hu Zhou 313001, China)

Abstract: A growth experiment was conducted to determine the optimal dietary protein to energy (P/E) ratio for juvenile black seabream. Twelve diets were formulated, containing four protein levels (34%, 38%, 42%, 46%), each with three lipid levels (10%, 13%, 16%). In each group a fixed carbohydrate level was maintained at 16%, using fish meal and soybean meal as protein source, mixture of equally proportioned fish oil and soybean oil as lipid source. P/E ratios of the diets ranged from 96.76 to 136.21 mg (protein)/kcal. All the ingredients were thoroughly mixed with fish oil and soybean oil, and water was added to produce stiff dough. The dough was then pelleted with an experimental feed mill. After dried, all diets were stored at -20 °C until used. Proximate analyses of diets were conducted at the beginning of the experiment. Moisture was determined using a moisture balance, crude protein by a semi-micro Kjeldahl method, crude fat by a Soxhlet extraction method, carbohydrate by a DNS method. Ash content was determined in a muffle furnace at 550 °C. 960 juvenile black seabream, initial body weight (3.39 ± 0.18) g, were randomly assigned to 12 groups, each had double replicate. The fish were reared in 24 tanks (each 0.75 m × 0.75 m × 1.2 m) for 42 days, and hand-fed to apparent satiation twice (8:00 and 16:00) daily. During the experiment period, the temperature ranged from 25.5 °C to 28.5 °C, dissolved oxygen content above 6 mg/L, pH 7.8–8.5. At the termination of experiment, the fish were starved for 24 h before harvest. Total number and mean body weight of fish in each tank were measured.

At the end of the experiment, the effect of protein to energy ratios on growth and body composition of black seabream was analyzed. The results showed that specific growth rate (SGR) and feed conversion ratio (FCR) were significantly better in fish fed with high protein diets (38%, 42%, 46%) than those fed with low protein diets (34%) ($P < 0.05$), and with middle and high lipid diets (13%, 16%) than those fed with low lipid diets (10%) ($P < 0.05$). No significant difference in percent survival was found among all groups ($P > 0.05$). Fish fed the diet with protein and lipid levels of 42% and 16% respectively had the best SGR (3.20), PER (2.10) and FCR (1.14). Carcass lipid contents positively correlated with dietary lipid level. At the same protein level, body protein and ash contents increased with increasing dietary lipid level. Statistical results suggested that growth was significantly affected by P/E ratios of diets ($P < 0.05$); lipid had a significant effect of protein sparing ($P < 0.05$).

In conclusion, for juvenile black seabream, the best growth performance was produced at protein level 42%, lipid level 16% and P/E ratio 110.37 mg (protein)/kcal. So, the diet containing 42% protein and 16% lipid with P/E ratio of 110.37 mg (protein)/kcal is optimal for juvenile black seabream.

Key words: black seabream; larvae; P/E; body composition

Corresponding author: CHEN Li-qiao. E-mail: lqchen@bio.ecnu.edu.cn