

不同脂肪(能量)蛋白比饲料对梭鲈幼鱼生长的影响

陈佳毅, 叶元土*, 张伟涛, 汪军涛, 袁建明

(苏州大学基础医学与生物科学学院, 江苏 苏州 215123)

摘要:比较了5种不同脂肪(能量)蛋白比的配合饲料对初始平均体重(7.75 ± 1.17) g 梭鲈幼鱼生长性能的影响。结果表明,投喂不同脂肪蛋白水平的饲料,以能量蛋白比为45.94 kJ/g 试验组的生长速度最快[SGR为(2.86 ± 0.17)%/d]、饲料系数最低(FCR为 1.57 ± 0.12)、蛋白质沉积率和能量保留率最大,分别为 $98.44\% \pm 2.38\%$ 和 $30.88\% \pm 3.83\%$;以饲料中蛋白质含量、脂肪含量为变量因子,以梭鲈幼鱼的特定生长率、蛋白质沉积率和能量保留率为指标,通过二元二次回归方程得出梭鲈最大生长速度时饲料中蛋白质含量为39.80%,脂肪含量为8.79%,总能为18.53 MJ/kg,脂肪蛋白比为0.22,能量蛋白比为46.56 kJ/g;梭鲈获得最大的蛋白质沉积率时,饲料蛋白质含量为38.76%,脂肪含量为9.18%,总能为18.65 MJ/kg,脂肪蛋白比为0.24,能量蛋白比为48.12 kJ/g;梭鲈获得最大的能量保留率时饲料蛋白质含量为38.55%,脂肪含量为9.45%,总能为18.72 MJ/kg,脂肪蛋白比为0.25,能量蛋白比为48.56 kJ/g;饲料中脂肪水平的增加可以降低鱼类耗能时对蛋白质的需求量,表明饲料脂肪对蛋白质有节约效应;饲料的能量蛋白比过高(58.79 kJ/g)或过低(42.54 kJ/g)时,梭鲈的增重率、饲料系数、蛋白质沉积率和能量保留率均显著低于其他能量蛋白水平组($P < 0.05$)。

关键词:梭鲈;幼鱼;脂肪蛋白比;生长

中图分类号:S 816.48

文献标识码:A

梭鲈(*Lucioperca lucioperca*)原分布于咸海、黑海、里海及波罗的海水系的河流、湖泊中。经移植驯养,现已成为欧洲许多国家的淡水增养殖对象,近年来我国也兴起了该品种的增养殖。已有研究提供了有关该种生物学研究^[1]、资源调查^[2]、种群数量变动^[3]和区系分布^[4]等方面的相关资料,而在梭鲈苗种培育、及颗粒配合饲料的驯化和营养需求方面的研究报道甚少。

蛋白质在鱼体内占有特殊的地位,鱼体对饲料的需求首先是蛋白质。蛋白质含量过低使得鱼类的生长缓慢、体重减轻,而蛋白质含量过高又不经济。鱼类的生命活动是靠能量来维持的,饲料中能量来源的途径首先是由脂肪和碳水化合物提供的,再次由蛋白质分解提供。所以在研制配合饲料时,我们需要把蛋白质和脂肪等能量物质结合到一起考虑。为此,本文探讨了颗粒饲料的脂

肪(能量)蛋白比对梭鲈生长的影响,旨在为梭鲈的人工养殖和颗粒配合饲料的应用提供科学依据。

1 材料与amp;方法

1.1 试验鱼

梭鲈鱼苗来自江苏省兴化市繁彬水产养殖有限公司提供的人工繁殖当年苗,在室内循环养殖系统中经过配合饲料驯化后作为正式试验用鱼。采用随机分组方法,将试验鱼分为5个组,每组30尾[平均体重为(7.75 ± 1.17) g],分别设3个平行。

1.2 试验饲料

采用常规饲料原料(均来自中粮东海粮油工业有限公司),共设计了蛋白质含量递增,脂肪含量递减,总能在17~20 MJ/kg的5种饲料。试验

收稿日期:2008-06-30 修回日期:2009-01-03

资助项目:江苏省水产三项工程资助(PJ2004-42)

通讯作者:叶元土, E-mail: yeyuant@pub.sz.jsinfo.net

饲料的配方组成见表 1。试验饲料用平模制粒机制成粒径为 2.0 mm 的硬颗粒饲料,在 4 °C 下保存备用。各试验组饲料常规营养成分实际测定值

见表 2。混合油为食用豆油、菜籽油按照 1:1 混合。

表 1 试验饲料原料组成

Tab.1 Ingredient composition of the experimental diets

原料 ingredients	第 1 组 diet 1	第 2 组 diet 2	第 3 组 diet 3	第 4 组 diet 4	第 5 组 Diet 5
玉米 corn grain	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
次粉 wheat middling and red dog	174.80	150.60	111.40	72.20	38.00
豆粕 soybean meal	144.40	145.80	162.20	178.60	190.00
菜粕 rapeseed meal	114.00	123.00	132.00	141.00	150.00
棉粕 cottonseed meal	114.00	123.00	132.00	141.00	150.00
进口鱼粉 fish meal	228.00	246.00	264.00	282.00	300.00
肉粉 meat meal	22.80	24.60	26.40	28.20	30.00
磷酸二氢 dicalcium phosphate	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
沸石粉 zeolite	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
混合油 compound oil	70.00	55.00	40.00	25.00	10.00
预混料 compound premix	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00

注:预混料(mg/kg 配合饲料)Cu. 5,Fe. 180, Mn. 35, Zn. 120, I. 0.65, Se. 0.5, Co. 0.07, Mg. 300, K. 80, Va. 10, Vb₁. 8, Vb₂. 8, Vb₆. 20, Vb₁₂. 0.1, Vc. 250, 泛酸钙. 20, 烟酸. 25, VD₃. 4, VK₃. 6, 叶酸. 5, 肌醇. 100

Notes: Premix contained(mg/kg diet): Cu. 5,Fe. 180, Mn. 35, Zn. 120, I. 0.65, Se. 0.5, Co. 0.07, Mg. 300, K. 80, Va. 10, Vb₁. 8, Vb₂. 8, Vb₆. 20, Vb₁₂. 0.1, Vc. 250, pantothenate. 20, niacinamide. 25, VD₃. 4, VK₃. 6, folic acid. 5, inositol. 100.

表 2 饲料营养成分实测值

Tab.2 Result of composition of nutrition the diets

组别 group	水分(%) moisture	粗蛋白(%) protein	粗脂肪(%) lipid	粗灰分(%) ash	钙含量(%) Ca	磷含量(%) P	总能 (MJ/kg)GE	脂肪蛋白比 (L/P)	能量蛋白比 (kJ/g)E/P
第 1 组 diet 1	7.62	33.85	13.62	11.36	2.56	1.84	19.90	0.40	58.79
第 2 组 diet 2	7.53	36.13	11.76	11.87	2.69	1.91	19.38	0.33	53.64
第 3 组 diet 3	7.48	37.89	9.83	12.41	2.81	1.87	18.85	0.26	49.75
第 4 组 diet 4	7.42	40.23	8.40	12.52	2.77	1.96	18.48	0.21	45.94
第 5 组 diet 5	7.56	42.14	6.85	12.93	2.63	1.99	17.93	0.16	42.55

1.3 养殖管理

养殖试验在室内循环养殖系统进行(使用直径 70 cm、高 65 cm、容积 0.22 m³ 的养殖桶)。以曝气的自来水为水源,每天换水量为总水量的 1/3,养殖水体经过过滤、沉淀后流回蓄水池,经过增氧、控温后由水泵抽回各养殖桶,日投饲 3 次,间隔 4 小时,投饵率为 3%。在整个养殖试验期间,溶氧 >7.0 mg/L, pH 值 7.4 ~ 8.2, 氨氮 0.1 ~ 0.2 mg/L, 亚硝酸盐 0.05 ~ 0.20 mg/L, 硫化物 < 0.05 mg/L。水温控制在 20 ~ 22 °C。

1.4 样品收集和分析

试验开始时对试验鱼随机抽样做全鱼常规成分分析,并记录饲养试验开始及结束时梭鲈的体

重、体长、体高,鱼的尾数,记录饲养期间试验鱼的摄食量,依据鱼的增重及其摄食的饲料量计算饲料系数。养殖过程中统计每组鱼的死亡率等,养殖过程中中期称重一次,以便调整饲料的投食量。试验结束时,记录下每组鱼的体重,肝重,内脏总重,每组随机取 3 条鱼做常规体成分分析。

水分采用恒温烘干失重法(105 °C)、粗蛋白采用微量凯氏定氮法、粗脂肪采用索氏抽提法、粗灰分采用灼烧法(550 °C),能量采用上海昌吉公司氧弹仪 XRY-1 分别测定。

1.5 数据处理

采用 Excel 和 SPSS 13.0 分析软件处理数据并进行方差分析和回归分析。各指标的计算公式

如下:

$$\text{存活率}(\%) = \frac{\text{试验末鱼尾数}}{\text{试验初鱼尾数}} \times 100$$

$$\text{体重特定生长率}(\text{SGR}, \%/d) = (\text{Ln 末重} - \text{Ln 初重}) / \text{天数} \times 100$$

$$\text{饲料系数}(\text{FCR}) = \frac{\text{总投饲量}(\text{g})}{(\text{末重} - \text{初重})(\text{g})}$$

$$\text{肝体比} = \frac{\text{肝脏重量}(\text{g})}{\text{体重}(\text{g})}$$

$$\text{脏体比} = \frac{\text{内脏总重}(\text{g})}{\text{体重}(\text{g})}$$

$$\text{肥满度}(\text{CF}) = \frac{\text{鱼体重}(\text{g})}{\text{鱼体长}(\text{cm})^3}$$

$$\text{脂肪蛋白比}(\text{L/P}) = \frac{\text{饲料脂肪含量}(\%)}{\text{饲料蛋白质含量}(\%)}$$

$$\text{能量蛋白比}(\text{E/P}) = \frac{\text{饲料总能}(\text{kJ/g})}{\text{蛋白质含量}(\%)}$$

$$\text{蛋白质沉积率}(\text{PDR}, \%) =$$

$$\frac{TW_t \times CP_t - TW_0 \times CP_0}{W_0 \times CP_0} \times 100$$

$$\text{蛋白质效率}(\text{PER}, \%) =$$

$$\frac{TW_t - TW_0}{W_0 \times CP_0} \times 100$$

$$\text{能量保留率}(\text{ERR}, \%) =$$

$$\frac{TW_t \times E_t - TW_0 \times E_0}{W_0 \times E_0} \times 100$$

式中, $W_0(\text{g})$ 为投喂的饲料总重;

$TW_0(\text{g})$ 为试验开始时鱼体总重;

$TW_t(\text{g})$ 为试验结束时鱼体总重;

$CP_0(\%)$ 为试验开始时鱼体粗蛋白含量;

$CP_t(\%)$ 为试验结束时鱼体粗蛋白含量;

$E_0(\text{kJ/g})$ 为试验开始时单位鱼体总能;

$E_t(\text{kJ/g})$ 为试验结束时单位鱼体总能;

$t(\text{d})$ 为试验持续的时间(75 d)。

2 结果与分析

2.1 各组饲料对梭鲈幼鱼生长速度的影响

从表3的成活率来看,第3组的成活率最高(99.8%),最低的为第1和第2组(76.67%和83.33%)($P < 0.05$)。3、4、5组的成活率差异不显著($P > 0.05$)。

在试验结果中,以第4组的特定生长率最大,达到了(2.86 ± 0.17) %/d,较其他组差异显著($P < 0.05$);其次为第2组、第3组,特定生长率达到(2.44 ± 0.31) %/d和(2.68 ± 0.14) %/d;特定生长率最低的为第1和第5组,特定生长率分别为(2.36 ± 0.48) %/d、(2.42 ± 0.25) %/d。

表3 不同脂肪蛋白比饲料对梭鲈幼鱼生长速度的影响

Tab. 3 Effects of different dietary contents on growth and feed utilization of zander (*Lucioperca lucioperca*)

组别 group	第1组 diet 1	第2组 diet 2	第3组 diet 3	第4组 diet 4	第5组 diet 5
成活率(%) survival rate	76.67 ± 2.36 ^b	83.33 ± 2.15 ^b	99.8 ± 0.14 ^a	96.67 ± 3.02 ^a	96.67 ± 2.49 ^a
特定生长率(%/d) specific growth rate	2.36 ± 0.48 ^a	2.44 ± 0.31 ^a	2.68 ± 0.14 ^b	2.86 ± 0.17 ^b	2.42 ± 0.25 ^a

注:相同行中带不同字母上标的数值间差异显著($P < 0.05$)。

Notes: The values with different upper script in the same row indicate there are significantly different ($P < 0.05$).

2.2 各组饲料对梭鲈幼鱼饲料利用率的影响

各组饲料系数见表4,饲料系数最小的为第4组(1.57 ± 0.02),其次是第3组,它们之间差异

不显著,但都与第1组、第2组、第5组差异显著($P < 0.05$)。饲料系数最大的为第1组(2.49 ± 0.16)。

表4 梭鲈幼鱼对不同脂肪蛋白比饲料的利用率

Tab. 4 Feed utilization rate of zander (*Lucioperca lucioperca*) by different L/P diet

组别 group	第1组 diet 1	第2组 diet 2	第3组 diet 3	第4组 diet 4	第5组 diet 5
饲料系数 feed coefficient rate	2.49 ± 0.16 ^c	2.06 ± 0.22 ^b	1.63 ± 0.13 ^a	1.57 ± 0.12 ^a	2.17 ± 0.21 ^{bc}
蛋白质沉积率(%) protein deposit rate	69.15 ± 3.68 ^a	77.58 ± 3.93 ^{ab}	92.93 ± 1.80 ^b	98.44 ± 2.38 ^{bc}	83.91 ± 4.18 ^{ab}
蛋白质效率(%) protein efficiency rate	122.27 ± 5.03 ^a	135.92 ± 3.77 ^{ab}	161.66 ± 3.13 ^b	169.72 ± 3.39 ^b	142.66 ± 4.21 ^{ab}
能量保留率(%) energy retention rate	17.35 ± 3.97 ^a	21.41 ± 2.87 ^{ab}	27.20 ± 3.86 ^b	30.88 ± 3.83 ^{bc}	23.46 ± 4.08 ^{ab}

注:相同行中带不同字母上标的数值间差异显著($P < 0.05$)。

Notes: The values with different upper script in the same row indicate there are significantly different ($P < 0.05$).

不同脂肪蛋白比饲料对梭鲈蛋白质沉积率的影响显著($P < 0.05$)。蛋白质沉积率以第4组最大,达到了(98.44% ± 2.38%),其次以第3组的蛋白质沉积率较高 92.93% ± 1.80%;蛋白质沉积率最低的为第1组(69.15% ± 3.68%);第5组和第2组的蛋白质沉积率无显著性差异。蛋白质效率以第3和第4组显著高于第5和第2组($P < 0.05$),以第1组的效率最低,为 122.27% ± 5.03%。

能量保留率由低到高表现为第1组 < 第2组 < 第5组 < 第3组 < 第4组,并且表现出显著性差

异($P < 0.05$)。第1组的能量保留率最低,为 17.35% ± 1.97%,第4组的能量保留率最大,为 30.88% ± 1.83%。

2.3 摄食不同脂肪蛋白比饲料对梭鲈幼鱼体成分的影响

表5列出了饲养梭鲈幼鱼75天后全鱼及肌肉的水分、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分含量。不同脂肪(能量)蛋白比饲料对梭鲈幼鱼的全鱼水分、粗蛋白和粗脂肪和粗灰分含量有显著的影响($P < 0.05$),但对肌肉的营养成分的影响不显著($P > 0.05$)。

表5 不同脂肪蛋白比饲料对梭鲈幼鱼体成分(%干重)的影响
Tab.5 Effects of different dietary contents on proximate body compositions(% by dry matter) of zander (*Lucioperca lucioperca*)

组别 group		第1组 diet 1	第2组 diet 2	第3组 diet 3	第4组 diet 4	第5组 diet 5
水分 moisture	全鱼 whole fish	75.99 ± 1.78 ^b	75.66 ± 0.54 ^b	74.13 ± 0.24 ^a	74.57 ± 0.29 ^a	75.63 ± 1.08 ^b
	肌肉 muscle	78.77 ± 0.20	78.43 ± 0.05	78.46 ± 0.17	78.56 ± 0.32	78.47 ± 0.13
粗蛋白 protein	全鱼 whole fish	56.55 ± 1.42 ^c	57.08 ± 1.04 ^b	57.48 ± 1.65 ^{ab}	57.99 ± 1.94 ^a	57.38 ± 1.12 ^{ab}
	肌肉 muscle	88.59 ± 1.88	89.14 ± 1.96	89.56 ± 1.71	89.75 ± 1.98	90.55 ± 1.34
粗脂肪 fat	全鱼 whole fish	19.86 ± 2.59 ^c	16.32 ± 1.58 ^b	12.92 ± 2.23 ^{ab}	11.15 ± 2.41 ^a	10.57 ± 1.84 ^a
	肌肉 muscle	6.01 ± 1.78	6.97 ± 1.17	6.34 ± 1.86	6.16 ± 1.44	6.18 ± 1.83
粗灰分 ash	全鱼 whole fish	15.79 ± 0.98 ^{ab}	14.90 ± 0.23 ^a	16.76 ± 0.61 ^b	17.82 ± 0.21 ^{bc}	15.96 ± 0.91 ^{ab}
	肌肉 muscle	6.20 ± 0.25	6.06 ± 0.46	5.93 ± 0.67	6.17 ± 0.66	6.88 ± 0.25

注:相同行中带不同字母上标的数值间差异显著($P < 0.05$)。

Notes: The values with different upper script in the same row indicate there are significant difference($P < 0.05$).

由表5可以看出,当饲料蛋白质水平由34%升高到38%,脂肪水平从13.62%降到9.83%,梭鲈全鱼的水分由75.99%逐渐降低到74.13%;当饲料蛋白质水平由38%升高到42%,脂肪水平由9.83%逐渐降低到6.85%,梭鲈全鱼的水分从74.13%升高到75.63%。全鱼水分最小的为第3组(74.13%),其次是第4组(74.57%),它们显著低于第1、第2和第5组($P < 0.05$)。第4组的鱼体粗蛋白含量最高(57.99%),显著高于第5组的57.38%和第3组的57.48%($P < 0.05$)。

随着饲料中脂肪添加量的减少,粗蛋白含量的增加,全鱼粗脂肪的含量是降低的(表5),以第1组全鱼的粗脂肪含量最高(19.86%),第5组全鱼的粗脂肪含量最低(10.57%),差异达到了显著水平($P < 0.05$);而各组肌肉中的粗脂肪含量差异不显著($P > 0.05$)。全鱼中粗灰分含量最高的组是第4组(17.82%),最低的为第2组(14.80%),各组之间的差异显著($P < 0.05$);肌肉中粗灰分含量最高的组是第5组(6.88%),最

低的为第3组(5.93%),各组之间的差异不显著($P > 0.05$)。

3 讨论

3.1 脂肪(能量)蛋白比对梭鲈幼鱼生长的影响

饲料中的蛋白质与作为能量物质的脂肪,对鱼类生长发育起着至关重要的作用。鱼类饲料添加非蛋白能源物质(包括脂肪和碳水化合物)可部分代替蛋白质满足鱼类能量的需求,提高了鱼类对蛋白质的利用效率^[5-9],对于肉食性鱼类,饲料脂肪对蛋白质的节约效应往往比碳水化合物更大^[10]。但饲料中脂肪过多对生长有不利作用^[11]。本研究通过投喂不同脂肪蛋白比的饲料,对梭鲈幼鱼的特定生长率、饲料系数、蛋白质沉积率、蛋白质效率和能量保留率的研究结果表明梭鲈幼鱼摄食高脂肪低蛋白的饲料和摄食低蛋白高脂肪的饲料(第2组和第5组、第3组和第4组)获得了较一致的生长效果,差异不显著($P > 0.05$),这说明在一定范围内,脂肪水平的增加可

以降低鱼类对蛋白质的需求,饲料脂肪对蛋白质有节约效应。饲料中的脂肪蛋白比不断增大,鱼体先是生长加快,当饲料中的脂肪蛋白比超过一定临界值时,鱼体则表现为生长缓慢,蛋白质沉积率和能量保留率降低。这表明鱼类对脂肪的利用是有限的,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,其他功能则无法替代。

3.2 梭鲈与其他鲈科鱼类营养研究的比较

Ramseyer 等^[12]研究表明黄鲈日粮粗蛋白含量为 34% 时鱼的增重速度最快,而 Barrows 等^[13]对黄鲈的研究表明蛋白含量在 40% 的饲料组的鱼体增重最快。Barrows 等^[14]报道,斜目鲈幼鱼对饲料中粗蛋白需求为 42%,欧亚鲈粗蛋白需要在 40% ~ 49%。在鲈科鱼类中,梭鲈幼鱼对蛋白质需求量高于黄鲈,但低于斜目鲈幼鱼和欧亚鲈。鱼类蛋白质的需求量随鱼的种类、大小、养殖水体的水质以及研究者的研究方法等因素而发生变化。饲料中非蛋白能量水平同样影响鱼类蛋白质的需求量。

从鱼类适宜总能和适宜能量蛋白比来看,梭鲈幼鱼对饲料中总能的需求高于杂交鲈的 37.38 kJ/g、尖吻鲈 (*Lates calarifer*) 幼鱼的 33.15 kJ/g、纹鳃 (*Channa striata*) 的 46.06 kJ/g,而在 Ramseyer^[12]对鲈科鱼类提出的理想能量蛋白比范围 45.45 ~ 50.00 kJ/g 之内。鱼种类的差异,导致营养需求不同,而且不同研究人员所采用的蛋白源和脂肪含量不同。本研究中饲料的总能是通过燃烧法测得的,而有些研究在计算蛋白质、碳水化合物和脂肪的能量时,有的按 1.67×10^4 , 1.67×10^4 和 3.77×10^4 J/g,有的按 2.34×10^4 , 1.72×10^4 和 3.98×10^4 J/g 计算。因此,正如上述结果反映的一样,不同鱼类的适宜蛋白能量比存在着差异。

本试验中,高脂肪含量的高能饲料 (19.90 MJ/kg) 引起梭鲈幼鱼增重率、饲料蛋白质效率和能量保留率显著降低 ($P < 0.05$)。Barrows 等^[13]提供了 4 种不同的幼年黄鲈试验日粮形式,并且比较了体增重和各种商业用日粮的饲料效率,得知脂肪含量在 10% 的饲料组的鱼体增重最快。本研究结果与上一致,表明梭鲈对能量物质脂肪的利用能力是有限的,过高脂肪含量的高能饲料并不利于梭鲈的生长和饲料利用。同时饲料中脂

肪含量过高容易被氧化酸败使其品质下降,对鱼体的生长存活及抗疾病产生显著不利的影响。而同样当饲料中的能量水平较低 (17.90 MJ/kg) 的时候,蛋白含量的增加并不能提高梭鲈幼鱼的增重率、蛋白质沉积率和能量保留率。当饲料中的蛋白质水平高于鱼的生长需要而能量不足时,饲料中多余的蛋白质将分解而提供能量,但会降低鱼的生长率和能量保留率,这可能和鱼的消化吸收有关。

3.3 梭鲈幼鱼饲料的适宜蛋白质、脂肪、能量水平的确立

本试验经过 75 d 的养殖试验,得出梭鲈生长最好的为第 4 组,这时得出的试验结果值还不能真实反映梭鲈对实际营养的需求,所以,必须把影响因素综合起来按照统计学上的方法确立梭鲈适宜的蛋白水平、脂肪水平、能量水平和适宜的脂肪 (能量) 蛋白比。

以蛋白质含量 X_1 (%) 和脂肪含量 X_2 (%) 为自变量,特定增长率 (%/d) 为因变量 Y_1 ,蛋白质沉积率为因变量 Y_2 ,能量保留率 (%) 为因变量 Y_3 ,按照二元二次线性回归拟合,分别得到回归方程如下:

$$Y_1 = -689.51 + 26.80 X_1 + 36.18 X_2 - 0.26 X_1^2 - 0.70 X_1 X_2 - 0.48 X_2^2, R = 0.9371;$$

$$Y_2 = -25627.25 + 1023.34 X_1 + 1298.88 X_2 - 10.22 X_1^2 - 25.17 X_1 X_2 - 17.61 X_2^2, R = 0.9488;$$

$$Y_3 = -4520.95 + 178.88 X_1 + 232.82 X_2 - 1.78 X_1^2 - 4.42 X_1 X_2 - 3.31 X_2^2, R = 0.9575。$$

由饲料中脂肪含量的变化 (X_2) 与实测的饲料总能的变化 (Y) 拟合的直线回归方程为: $Y = 0.2862 X_2 + 16.019, R^2 = 0.9969$

分别求得:特定增长率 Y_1 最大时的蛋白质含量 $X_1 = 39.80$,脂肪含量 $X_2 = 8.79$,饲料总能量值为 18.53 MJ/kg;

蛋白质沉积率 Y_2 最大时的蛋白质含量 $X_1 = 38.76$,脂肪含量 $X_2 = 9.18$,饲料总能量值为 18.65 MJ/kg;

能量保留率 Y_3 最大时的蛋白质含量 $X_1 = 38.55$,脂肪含量 $X_2 = 9.45$,饲料总能量值为 18.72 MJ/kg。

所以,在实际生产应用上,如果追求最大增长速度应选择蛋白质含量 39.80%,脂肪含量

8.79%,总能为 18.53 MJ/kg,脂肪蛋白比为 0.22,能量蛋白比为 46.56 kJ/g 的饲料;如果追求最大的蛋白质沉积率,减少养殖氮氮的排放量应该选择蛋白质含量 38.76%,脂肪含量 9.18%,总能为 18.65 MJ/kg,脂肪蛋白比为 0.24,能量蛋白比为 48.12 kJ/g 的饲料;如果追求最大的能量保留率则应选择蛋白质含量 38.55%,脂肪含量 9.45%,总能 18.72 MJ/kg,脂肪蛋白比为 0.25,能量蛋白比为 48.56 kJ/g 的饲料在此范围以外的饲料,体重增长率和蛋白质效率均较低,饲料系数较大,饲料浪费较大,养殖效益自然下降。

参考文献:

- [1] Cawkwell C, McAngus J. Spread of the zander[J]. *Anglers Mail*, 1976, 33: 12-13.
- [2] Fickling N J, Lee R L G. A Review of the ecological impact of the introduction of the zander (*Stizostedion lucioperca* L.) into waters of the Eurasian Mainland[J]. *Fish Mgmt*, 1983, 14(3): 151-155.
- [3] Dahl J. A century of pikeperch in Denmark[R]. EIFAC Technical Paper 42 (Suppl. 2), 1982.
- [4] Ellis S C, Reigh R C. Effects of dietary lipid and carbohydrate levels on growth and body composition of juvenile red drum, *Sciaenops ocellatus* [J]. *Aquaculture*, 1991, 97: 383-394.
- [5] Gunasekera R M, De Silva S S, Collins R A, et al. Effect of dietary protein level on growth and food utilization in juvenile Murray cod *Maccullochella peelii* (Mitchell)[J]. *Aquaculture*, 2000, 31: 181-187.
- [6] Tibalbi E, Beraldo L A, Volpelli Pinosa M. Growth response of juvenile dendum (*Dendum dendum* L.) to varying protein level and protein to lipid ratio in practical diets[J]. *Aquaculture*, 1996, 139: 91-99.
- [7] Shiau S Y, Lan C W. Optimum dietary protein level and protein to energy ratio for growth of grouper (*Epinephelus malabaricus*)[J]. *Aquaculture*, 1996, 145: 259-266.
- [8] Ellis S C, Reigh R C. Effects of dietary lipid and carbohydrate levels on growth and body composition of juvenile red drum, *Sciaenops ocellatus* [J]. *Aquaculture*, 1991, 97: 383-394.
- [9] Erfanullah K, Jafri A K. Protein-sparing effects of dietary carbohydrate in diet for fingerling *Labeo rohita*[J]. *Aquaculture*, 1995, 136(3-4): 331-339.
- [10] Weatherup R N, Mccracken K J, Foy R, et al. The effects of dietary fat on performance and body composition of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)[J]. *Aquaculture*, 1997, 151: 173-184.
- [11] 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.
- [12] Ramseyer B J, Garling A R. Dietary lipid requirements of juvenile yellow perch [J]. *World Aquaculture*, 1998, 95.
- [13] Barrows F T, Lellis W A. Diet and nutrition[M]. Summerfelt, Center Publication Office, Iowa State University, Ames, Iowa, 1996: 315-321.
- [14] Barrows F T, Kindschi G A, Zitzow R E. The effect of a surface water spray, diet, and phase feeding on survival and gas bladder inflation of intensively reared larval walleye [J]. *Progressive Fish-Culturist*, 1998, 55: 224-228.

Effects of different dietary lipid(energy) to protein ratios on growth of juvenile zander(*Lucioperca lucioperca*)

CHEN Jia-yi, YE Yuan-tu*, ZHANG Wei-tao, WANG Jun-tao, YUAN Jian-ming
(School of Life Sciences and Medicine, Suzhou University, Jiangsu 215123, China)

Abstract: This experiment was conducted to study growth performance of juvenile zander [initial average weight (7.75 ± 1.17) g] fed five formulated diets with different lipid(energy) to protein ratios. The results showed; The specific growth ratio [SGR (2.86 ± 0.17) %/d], feed coefficient ratio (FCR 1.57 ± 0.12), protein deposit ratio (PDR $98.44\% \pm 2.38\%$), energy retention ratio (ERR $30.88\% \pm 3.83\%$) performed the best in group 4 after being fed the different diets; Using the second-order polynomial regression analysis, the optimum protein, the optimum lipid, the optimum gross energy (GE), the optimum lipid to protein ratio (L/P) and the optimum energy to protein ratio (E/P) in diets for juvenile zander (*Lucioperca lucioperca*) were estimated based on SGR, PDR and ERR of the juveniles. When SGR was the highest, the optimum protein, the optimum lipid, GE, L/P and E/P were estimated to be 39.80%, 8.79%, 18.53 MJ/kg, 0.22, 46.56 kJ/g; When PDR was the highest, the optimum protein, the optimum lipid, GE, L/P and E/P were estimated to be 38.76%, 9.18%, 18.65 MJ/kg, 0.24, 48.12 kJ/g; When ERR was the highest, the optimum protein, the optimum lipid, GE, L/P and E/P were estimated to be 38.55%, 9.45%, 18.72 MJ/kg, 0.25, 48.56 kJ/g; The requirement for protein used for energy is decreased when dietary lipid level increases. It was suggested that dietary lipid had significant protein-sparing effect on this fish. But zander (*Lucioperca lucioperca*) utilizes the lipid definitely; When E/P was as high as 58.79 kJ/g or as low as 42.54 kJ/g, WGR, PDR and ERR were significantly lower, FCE was significantly higher ($P < 0.05$) than other E/P levels, indicating that diets with too high E/P level or low E/P level would inhibit the growth and feed utilization of juvenile zander.

Key words: zander (*Lucioperca lucioperca*); juvenile; lipid to protein ratio; growth

Corresponding author: YE Yuan-tu. E-mail: yeyuant@pub.sz.jsinfo.net