

大菱鲆幼鱼蛋白质的生态营养需要量研究

蒋克勇, 李 勇, 李 军, 王 雷, 王优军

(中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071)

摘要:采用单因素随机区组设计,选择平均体质量 $34.5 \text{ g} \pm 5.5 \text{ g}$ 的大菱鲆 (*Scophthalmus maximus* L.) 幼鱼 225 尾, 平均分为 5 组 (A~E), 每组 3 重复。分别喂以蛋白质水平为 45%, 48%, 50%, 52% 和 54% 的 5 种膨化颗粒饲料, 探寻饲料蛋白质水平对大菱鲆幼鱼生长性能和水生态因子的影响, 试验期 88d。结果表明: 不同蛋白质水平膨化饲料对大菱鲆幼鱼的生长性能和饲料利用率均产生了显著影响 ($P < 0.05$), 净增质量、质量增长率、特定生长率随饲料蛋白水平的提高而增加, 饲料系数随蛋白水平增加而降低; 水生态因子中除 pH 外, 对其它指标都有显著影响 ($P < 0.05$), 化学耗氧量 (COD)、氨氮 ($\text{NH}_3\text{-N}$)、亚硝氮 ($\text{NO}_2\text{-N}$)、磷酸盐 ($\text{PO}_4\text{-P}$) 的浓度都随饲料蛋白水平的提高而增加。其中, C 组质量增长率比 A, B 组显著提高 21.6% 和 14.6% ($P < 0.05$), 而比 D, E 组低 1.6% 和 5.1%; C 组饲料系数比 A, B 组低 0.22 和 0.16 ($P < 0.05$), 而仅比 D, E 组高 0.02 和 0.03; C 组 $\text{NH}_3\text{-N}$ 比 A, B 组提高 13.0% 和 4.0%, 而比 D, E 组降低达 23.1% 和 48.1% ($P < 0.05$)。本试验从幼鱼生长性能和水生态因子两方面表明, 大菱鲆幼鱼膨化饲料中蛋白质的生态营养需要量为 50%。

关键词:大菱鲆 (*Scophthalmus maximus* L.) 幼鱼; 蛋白质水平; 生长性能; 水生态因子; 生态营养需要量

中图分类号: S963

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2005)09-0065-06

生态营养学研究是设计和配制环保饲料的理论基础与方法, 对水产动物更加适合, 是实现水产动物养殖中营养适宜与环境稳定这一目标的实质性举措。目前国内外这方面的研究, 在畜禽上已有可喜进展, 而在水产动物上还很少^[1]。

海水养殖鱼类排泄物含氮量升高是造成水环境污染的主要因素。大菱鲆对蛋白质的需求量很高, 比大多数硬骨鱼类要高^[2,3]。作者从生态营养学的角度, 将大菱鲆蛋白质的营养需要和排放与其水生态环境结合起来, 综合考虑饲料蛋白水平对大菱鲆幼鱼生长性能和水生态因子的影响, 以此来探寻大菱鲆幼鱼蛋白质的生态营养需要量, 为大菱鲆国产高品质环保膨化饲料的配制提供理论基础与方法借鉴。

大菱鲆 (*Scophthalmus maximus* L.) 是一种肉食性底栖海水比目鱼类, 营养价值很高。它耐低温, 抗逆性强, 生长速度快。自 1992 年引进我国以来, 市场需求广阔。目前, 以深井海水为主的大菱鲆设施养殖在我国已有较大规模, 但环保饲料技术研究相对滞后^[4]。针对大菱鲆的生态营养与环保饲料研究尚未见报道。

1 材料与方 法

1.1 试验用鱼及分组

试验用大菱鲆幼鱼购自胶南高峪水产养殖公司, 幼鱼平均体质量为 $34.5 \text{ g} \pm 5.5 \text{ g}$, 经消毒处理, 暂养驯化 20 d 后, 挑选大小均匀、体质健康的幼鱼 225 尾, 采用随机区组法, 分为 5 个试验组 (A~E), 每组 3 重复, 每重复 15 尾。对五组幼鱼初始平均体质量进行方差齐性检验, 组间差异不显著 ($P < 0.05$), 然后开始试验。

1.2 试验饲料

试验饲料配方通过优化确定, 见表 1。饲料原料主要采用优质鱼粉、蛋白粉、鱼油、淀粉、复合矿物质、

收稿日期: 2005-3-14; 修回日期: 2005-06-28

基金项目: 中国科学院知识创新前沿基金项目 (L49032503); 山东省科技攻关项目 (031070120)

作者简介: 蒋克勇 (1979-), 男, 山东泰安人, 硕士研究生, 主要从事水产动物营养与饲料学研究, 电话: 0532-2898724, E-mail: keyong-jiang@163.com

复合维生素等,经大型双螺杆挤压膨化机制成直径为 4 mm 的半沉性膨化颗粒配合饲料。

表 1 大菱鲆幼鱼试验膨化饲料组成及主要营养成分分析

Tab. 1 Ingredients and analysis of nutrients of experimental extruded diets for juvenile turbot

组别	A	B	C	D	E
原料组成(%)					
脱脂鱼粉	74	77	80	83	86
精制鱼油	7	7	7	7	7
小麦淀粉	16	13	10	7	4
粘合剂	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
指示剂(Cr ₂ O ₃)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
维生素预混剂	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
微量元素预混剂	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
营养成分含量(%)					
干物质	89.4	90.7	90.3	91.2	91.6
粗蛋白质	45.26	47.88	50.22	52.11	54.30
粗脂肪	16.4	16.6	16.3	15.9	15.4
粗纤维	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
粗灰分	9.1	9.4	9.8	10.1	10.3
无氮浸出物	17.94	16.02	13.08	12.09	10.50
总磷	1.87	1.92	1.98	2.05	2.09
指示剂(Cr ₂ O ₃)	0.51	0.52	0.51	0.52	0.52

注:营养成分中无氮浸出物为计算值,其余为实测值。

1.3 管理方式

试验于 2004 年 4 月至 7 月在青岛灵山湾水产养殖公司进行,试验期 88 d。用养殖圆桶进行循环水养殖,圆桶直径 60 cm,高 55 cm,养殖水深 35 cm,并配备一个气石。循环水使用养殖车间实际用深井海水,控制流速 2 L/min。光照用自然光(16 h 光:8 h 暗)。试验期间水质变化情况:温度为 14~15℃,盐度为 26~27, pH 为 7.5~8.2,溶解氧为 8~10 mg/L。每天投饲两次,时间为 7:00 和 17:00,每天投饲量为鱼体质量的 2%~4%,每次投喂过程持续 30 min~1 h,若有残存饲料则及时捞出,65℃烘干称质量扣除,计算幼鱼每天的实际摄食量。根据鱼体质量及摄食情况,及时调整投喂量。试验开始和结束时对各组幼鱼空腹称质量。

1.4 样品采集与分析

试验用配合饲料营养成分含量采用常规方法测定^[5];干物质用 105℃烘干至恒重;粗蛋白用微量凯氏定氮法;粗脂肪用索氏抽提法;粗灰分用 550℃灼烧法;粗纤维用酸碱法;磷用磷钼蓝分光光度法。

水样采集于 5 月 14 日和 6 月 11 日分两次进行。

采样当天投喂饲料后,吸出残存饲料,更换并重新注满养殖用水,关闭循环水和通气设备。在幼鱼排粪高峰期(据观察,在饲喂 6~8 h)后,分别在每桶采集均匀水样 100 mL,置入-18℃冷冻保存,24 h 内完成检测。水生态因子指标测定采用国家标准^[6]:pH 用 pH 计法;COD 用高锰酸钾氧化法;NH₃-N 用靛酚蓝分光光度法;NO₂-N 用萘乙二胺分光光度法;PO₄-P 用磷钼蓝分光光度法。

1.5 测定指标

生长指标及计算公式为:存活率=试验结束时鱼体数/试验开始时鱼体数;质量净增量=末质量-初质量;质量增长率=100%×(末质量-初质量)/初质量;特定增长率=100%×(ln 末质量-ln 初质量)/养殖天数;饲料系数=摄食量/(末质量-初质量);蛋白质效率=(末质量-初质量)/(摄食量×蛋白质含量)。

水生态因子指标有 pH、化学耗氧量(COD)、氨氮(NH₃-N)、亚硝氮(NO₂-N)、磷酸盐(PO₄-P)。

1.6 统计分析

所有指标均用 SPSS11.5 统计软件进行随机区组设计的方差分析,多重比较采用 LSD, Duncan 氏法进行。

2 结果与分析

2.1 生长性能与饲料利用情况

幼鱼的生长指标测定结果列于表 2。从表 2 以及图 1 可知,饲料蛋白质水平对幼鱼的生长性能及饲料利用率产生了显著影响,随饲料蛋白水平增加,幼鱼的生长性能和饲料利用率提高。

具体分析其规律为:从 45%到 50%蛋白饲料组,鱼体质量净增量、质量增长率、特定增长率增加较快,饲料系数下降较大,C 组与 A、B 组之间差异显著($P < 0.05$),C 组质量增长率显著高于 A、B 组,分别提高 21.6%和 14.6%,特定增长率分别比 A、B 组提高 0.15%/d 和 0.10%/d($P < 0.05$),饲料系数比 A、B 组下降 0.22 和 0.16($P < 0.05$)。而当饲料蛋白质水平大于 50%时,鱼体质量净增量、质量增长率、特定增长率增加趋势变缓,饲料系数减小变缓,C 组与 D、E 组之间差异不显著($P > 0.05$),C 组质量增长率分别比 D、E 组低 1.6%和 4.9%,特定增长率低于 D、E 组 0.01%/d 和 0.03%/d,饲料系数仅比 D、E 组高 0.02 和 0.03。饲料蛋白质水平对各组蛋白质效率未产生显著影响($P > 0.05$),但在 50%蛋白饲料组取得最大值 1.52。

表 2 大菱鲷幼鱼的生长性能

Tab. 2 The growth performance of juvenile turbot

组别(n=3)	A	B	C	D	E
蛋白质水平(%)	45	48	50	52	54
尾数	45	45	45	45	45
存活率(%)	100	100	100	100	100
初质量(g)	34.5±6.7 ^a	34.6±6.4 ^a	34.3±6.3 ^a	34.5±6.5 ^a	34.4±6.4 ^a
末质量(g)	88.8±8.4 ^a	92.5±8.6 ^a	100.6±13.3 ^b	102.1±13.8 ^b	104.0±12.7 ^b
质量净增量(g)	54.2±1.9 ^a	57.9±2.7 ^a	66.3±7.1 ^b	67.6±7.4 ^b	69.6±6.4 ^b
质量增长率(%)	160.5±26.7 ^a	170.3±26.4 ^a	195.1±15.7 ^b	198.2±17.0 ^b	205.1±21.0 ^b
特定生长率(%/d)	1.08±0.12 ^a	1.13±0.11 ^a	1.23±0.06 ^b	1.24±0.07 ^b	1.27±0.08 ^b
饲料系数	1.53±0.20 ^a	1.47±0.17 ^a	1.31±0.08 ^b	1.29±0.07 ^b	1.28±0.07 ^b
蛋白质效率	1.44±0.18 ^a	1.42±0.17 ^a	1.52±0.09 ^a	1.49±0.08 ^a	1.44±0.07 ^a

注:表中数据为平均值±标准差,n为重复数。同行中肩标相同字母表示差异不显著(P>0.05),不同字母表示差异显著(P<0.05),本文其它表同。

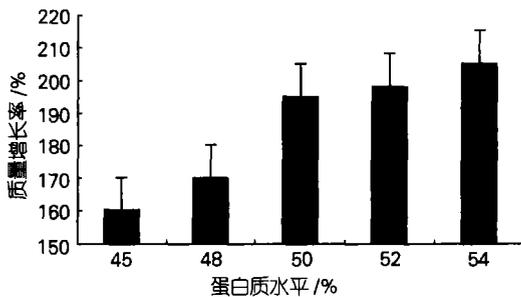


图 1 饲料蛋白质水平对大菱鲷幼鱼质量增长率的影响
Fig. 1 Effects of different protein level diets on weight gain ratio of juvenile turbot

2.2 水生态因子变化情况

两次检测的水生态因子指标结果见表 3。从表 3 可知,饲料蛋白水平对两次 pH 均未产生显著影响,而对其余指标均产生了显著影响,随饲料蛋白质水平的增加,COD,NH₃-N,NO₂-N,PO₄-P 均呈现出上升趋势。C 组各指标均明显低于 E 组,两次 COD 分别比 E 组低 17.7% 和 16.5%,NO₂-N 低于 E 组 28.0% 和 17.9%,PO₄-P 低于 E 组 12.2% 和 25.9%。

两次检测的 NH₃-N 水平(图 2)均为从 45% 到 50% 蛋白饲料组增加不明显,C 组与 A,B 组之间差异不显著(P>0.05),两次分别比 A 组提高 13.0% 和 8.3%,比 B 组提高 4.0% 和 5.4%。而当饲料蛋白水平大于 50% 时,NH₃-N 水平显著升高,C 组与 D,E 组之间差异显著(P<0.05),两次分别比 D 组降低 18.8% 和 17.0%;比 E 组降低 32.5% 和 30.4%。

表 3 水生态因子检测结果

Tab. 3 The aquatic ecofactors measured

组别(n=3)	A	B	C	D	E
蛋白质水平(%)	45	48	50	52	54
5 月 14 日测定					
pH	7.90±0.10 ^a	7.93±0.05 ^a	7.87±0.15 ^a	7.90±0.10 ^a	7.90±0.20 ^a
COD (mg/L)	0.728±0.076 ^a	0.777±0.076 ^b	0.783±0.077 ^b	0.842±0.081 ^c	0.951±0.059 ^d
NH ₃ -N(mg/L)	0.046±0.003 ^a	0.050±0.003 ^a	0.052±0.003 ^a	0.064±0.007 ^b	0.077±0.008 ^c
NO ₂ -N(mg/L)	0.013±0.001 ^a	0.016±0.001 ^b	0.018±0.001 ^{bc}	0.020±0.002 ^c	0.025±0.001 ^d
PO ₄ -P(mg/L)	0.071±0.021 ^a	0.077±0.023 ^b	0.079±0.019 ^b	0.085±0.021 ^c	0.090±0.022 ^d
6 月 11 日测定					
pH	8.03±0.15 ^a	8.10±0.10 ^a	8.03±0.15 ^a	8.06±0.15 ^a	8.03±0.15 ^a
COD (mg/L)	0.623±0.085 ^a	0.700±0.116 ^b	0.702±0.110 ^b	0.761±0.127 ^c	0.841±0.139 ^d
NH ₃ -N (mg/L)	0.036±0.011 ^a	0.037±0.010 ^a	0.039±0.010 ^a	0.047±0.010 ^b	0.056±0.005 ^c
NO ₂ -N (mg/L)	0.016±0.001 ^a	0.019±0.001 ^b	0.023±0.001 ^c	0.025±0.002 ^d	0.028±0.001 ^e
PO ₄ -P (mg/L)	0.055±0.003 ^a	0.057±0.005 ^a	0.060±0.007 ^a	0.072±0.013 ^b	0.081±0.009 ^c

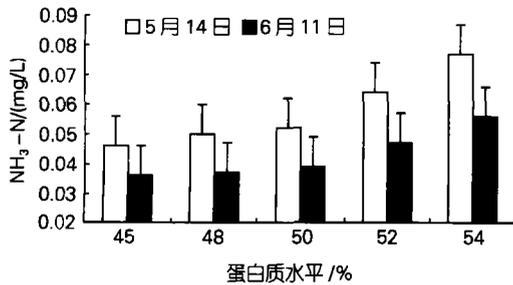


图2 饲料蛋白质水平对养殖环境中 NH₃-N 的影响
Fig. 2 Effects of different protein level diets on NH₃-N of culturing environment

2.3 质量增长率与氨氮排出量

两次测定的 NH₃-N 排出量变化趋势相同,以第二次 NH₃-N 变化趋势与幼鱼的质量增长率之间的关系为例(图3),随饲料蛋白质水平增加,质量增长率与 NH₃-N 排出均表现出增大的趋势,但变化幅度不同且正好相对。从 45%到 50%蛋白饲料组鱼体质量增长率提高明显,而 NH₃-N 排出增加不明显,其中,50%与 45%,48%饲料蛋白组之间质量增长率差异显著($P < 0.05$),而 NH₃-N 排出组间差异不显著($P > 0.05$)。当饲料蛋白质水平大于 50%时,鱼体质量增长率提高不明显,而 NH₃-N 排出增加明显,其中,50%与 52%,54%蛋白饲料组之间质量增长率差异不显著($P > 0.05$),而 NH₃-N 排出组间差异显著($P < 0.05$)。

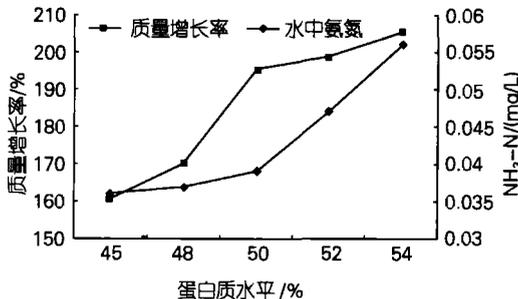


图3 饲料蛋白质水平对大菱鲆幼鱼增重率和氨氮排出量的影响
Fig. 3 Effects of different protein level diets on weight gain ratio and NH₃-N excretion of juvenile turbot

3 讨论

3.1 饲料蛋白质水平对大菱鲆幼鱼生长性能的影响

大菱鲆幼鱼对蛋白质的需要量是很高的,但是

不同的研究者之间仍然还有不同的结论。Munillamorán 等^[7]研究认为大菱鲆幼鱼对蛋白质的消化能力与成鱼差别不大,需要较高的蛋白质水平。Aires 等^[8]喂养体质量 60 g 左右的大菱鲆幼鱼时,当饲料蛋白含量为 56.2%时达到最佳生长效果。而 Regost 等^[9]喂养体质量 65 g 左右的大菱鲆幼鱼,当饲料蛋白含量为 49.5%时取得最佳生长效果。DAY 等^[10]利用大豆浓缩蛋白代替饲料中的鱼粉养殖大菱鲆 10 g 左右的大菱鲆幼鱼时,虽然取代鱼粉的比例不同,但蛋白含量也都维持在了 50%左右。马爱军等^[11]饲喂 27 g 左右的大菱鲆幼鱼试验,蛋白含量低于 39%时,生长缓慢,高于 42%时,才出现快速增长。

本试验设计的 5 种饲料,蛋白质水平从 45%到 54%,随着饲料蛋白质水平的增加,大菱鲆幼鱼的质量净增量、质量增长率和特定生长率均随之变大,饲料系数随之变小,在 54%水平时达到最大质量增长率和特定生长率,饲料系数也最小。这一结果与 Regost, DAY 等的研究结果接近,也与 Bromley^[12]和 Caceres-Martinez 等^[13]研究结论一致,即高蛋白能较快促进大菱鲆幼鱼的生长速度,有助于提高幼鱼的饲料利用效率;随饲料蛋白质水平增加,大菱鲆幼鱼的特定生长率随之增加,而饲料系数随之降低。

3.2 饲料蛋白质水平对养殖环境中水生生态因子的影响

在评价水生态环境的多项指标中, pH, COD, NH₃-N, NO₂-N, PO₄-P 等都是很重要的因子^[14]。水产养殖中很大程度的污染是由饲料的自污染引起的,鱼类摄食饲料后,营养物质代谢的终产物主要是氮排泄物(氨和尿素)和磷排泄物(磷酸盐),而鱼类排泄物的增加,与所摄取的饲料中的氮和磷含量有密切的关系^[14~16]。袁春营^[17]指出,投喂饲料中约有 10%~20%直接进入水环境不能被摄取,在被摄取的饲料氮中,约有 20%~25%的氮用于生长,75%~80%的氮以粪便和代谢物的形式排入水环境,在被摄取的饲料磷中,约有 25%~40%的磷用于生长,60%~75%的磷以粪便和代谢物的形式排入水环境。

本试验中,不同蛋白水平的饲料饲喂大菱鲆幼鱼后,随着饲料中蛋白质含量的增加,除 pH 外,养殖环境中的水生生态因子的浓度都随之变大。这说明高蛋白的饲料能加大水体中污染物的浓度,对生态环境的负影响随之加大。

关于饲料蛋白含量与氨氮排出的研究, Savitz^[18], Kaushik^[19], Ballestrazzi^[20] 等人都报道过鱼类的蛋白摄入量与氨氮排出的相关联系。Cai 等^[21]对虹鳟鱼摄食不同蛋白含量的饲料后氨氮的排出进

行了研究,虹鳟鱼氮氮的排泄在 35%和 40%两个蛋白组之间没有明显差异,在 40%和 45%两个蛋白饲料组之间却显著增加;而虹鳟鱼的体质量在 35%和 40%两个蛋白饲料组之间增加明显,在 40%和 45%两个蛋白饲料组之间增加不明显。

本试验结果(图 3)与 Cai 等的研究结果相似。大菱鲃幼鱼氮氮的排泄在 45%到 50%蛋白饲料组之间没有明显差异,而在 50%到 54%蛋白饲料组之间却显著增加。相反,大菱鲃幼鱼的体质量在 45%到 50%蛋白饲料组之间增加显著,而在 50%到 54%蛋白饲料组之间增加不明显。氮氮的排出和体重的增加两者都表明,50%的蛋白质含量是大菱鲃幼鱼饲料的一个适宜水平。从以上还可以推出,饲料中的蛋白质含量从不足到适宜,不会增加多余氮的排泄,但从适宜增加到过量时,则会导致多余氮代谢的显著增加。

3.3 大菱鲃幼鱼蛋白质的生态营养需要量

蛋白质是决定鱼类生长最关键的营养物质,也是饲料成本中花费最大的部分。鱼类比鸟类和哺乳类需要更高的饲料蛋白质水平。饲料中蛋白含量不足时,鱼类生长缓慢,质量增长降低,而蛋白含量过高又能加重鱼体代谢负担,排泄物含氮量升高(主要是氨氮),对水环境污染加大,而且降低饲料效率,也不经济^[22~24]。

从大菱鲃幼鱼的生长性能来看,饲料蛋白含量从 45%增加到 50%时,大菱鲃幼鱼的生长性能提高显著,而从 50%增加到 54%时,生长性能增加变缓。饲料蛋白含量在 50%时,大菱鲃幼鱼的质量增长率为 195.1%,可达最大质量增长率(54%蛋白组)的 95.1%,获得了理想的生长效果。饲料系数随着饲料蛋白质水平的增加而变小,50%蛋白饲料组的饲料系数与 52%,54%蛋白饲料组很接近,而明显低于 45%,48%蛋白饲料组。

从水生态因子的角度来看,饲料蛋白含量从 45%增加到 54%时,水生态因子除 pH 外,浓度均变大,C 组各指标明显低于 E 组。C 组两次检测的氨氮更是比 E 组降低达 48.1%和 43.6%,而与 A、B 组差异不明显。

综合考虑饲料蛋白水平对大菱鲃幼鱼生长性能和生态因子的影响,认为大菱鲃幼鱼膨化饲料蛋白质的生态营养需要量为 50%。

参考文献:

[1] 李勇,王雷,蒋克勇,等.水产动物营养的生态适宜与环保饲料[J].海洋科学,2004,3:76-78.

[2] Devesa S. Nutrition and feeding of cultured turbot (*Scophthalmus maximus* L.) [M]. Belgium: Oostende, 1994. 81-92.

[3] 常青,梁盟青.大菱鲃的饲料与投喂[J].饲料工业,2001,22(10):13-14.

[4] 雷霖.大菱鲃养殖技术[M].上海:上海科学技术出版社,2003.1-8.

[5] 杨胜.饲料分析及饲料检测技术[M].北京:中国农业大学出版社,1997.

[6] 国家海洋局.海洋监测规范[M].北京:海洋出版社,1991.

[7] Munilla-moran R, Stark J R. Protein digestion in early turbot larvae, *Scophthalmus maximus* L [J]. *Aquaculture*, 1989, 81: 315-327.

[8] Aires Oliva-Teles, Antonio L C, Paula G, et al. The utilization of diets containing high levels of fish protein hydrolysate by turbot (*Scophthalmus maximus*) juveniles[J]. *Aquaculture*, 1999, 179: 195-201.

[9] Regost C, Arzel J, Kaushik S J, et al. Partial or total replacement of fish meal by corn gluten meal in diet for turbot (*Psetta maxima*) [J]. *Aquaculture*, 1999, 180: 99-117.

[10] DAY O J, Plascencia H G. Soybean protein concentrate as a protein source for turbot *Scophthalmus maximus* L. [J]. *Aquaculture Nutrition*, 2000, 6: 221-228.

[11] 马爱军,陈四清,雷霖,等.大菱鲃幼鱼几种饲料的分析与对比试验[J].饲料工业,2000,21(7):17-19.

[12] Bromley P J. The effect of dietary protein, lipid and energy content on the growth of turbot (*Scophthalmus maximus*) [J]. *Aquaculture*, 1980, 19: 359-369.

[13] Caceres-Martinez C, Cadena-Roa M, Metailler R. Nutritional requirements of turbot (*Scophthalmus maximus*): 1. A preliminary study of protein and lipid utilization [J]. *World Mariculture Society*, 1984, 14: 191-202.

[14] 陈佳荣.水化学[M].北京:中国农业出版社,1996. 11-14, 236-237.

[15] 蒋艾青,王晓华,郑陶生.不同类型山塘三氮含量的研究[J].饲料广角,2003,22:19-21.

[16] Rosenthal H, Bradburg N B. International aquaculture: trends and perspective [M]. Ghent (Belgium); European Aquaculture Society Special Publication, 1995, 1-14.

[17] 袁春营,崔青曼.通过营养调控降低养殖水体污染[J].饲料研究,2003,5:25-27.

[18] Savitz J. Nitrogen excretion and protein consumption of the bluegill sunfish (*Lepomis macrochirus*) [J]. *Fisheries Research Board of Canada*, 1971, 28: 449-

- 451.
- [19] Kaushik S J. Influence of nutritional status on the daily patterns of nitrogen excretion in the carp (*Cyprinus carpio*) and the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. **Reproduction and Nutrition Development**, 1980, 20; 1 751—1 765.
- [20] Ballestrazzi R, Lanari D, Agaro E D, *et al.* The effect of dietary protein level and source on growth, body composition, total ammonia and reactive phosphate excretion of growing sea bass (*Dicentrarchus labrax*) [J]. **Aquaculture**, 1994, 127; 197—206.
- [21] Cai YongJiu, Julie W, Ira R A. Ammonia excretion rate indicates dietary protein adequacy for fish [J]. **The progressive Fish—Culturist**, 1996, 58; 124—127.
- [22] Cowey C B, Sargent J R. Effect of dietary protein, lipid and energy content on the growth of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) [J]. **Fish nutrition Mar Biol**, 1972, 10; 383—492.
- [23] 王渊源. 鱼虾营养概论 [M]. 厦门: 厦门大学出版社, 1993. 1—18.
- [24] 李爱杰. 水产动物营养与饲料学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1994. 8—26.

Eco-nutrition requirement of protein for juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.)

JIANG Ke-yong, LI Yong, LI Jun, WANG Lei, WANG You-jun

(Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Marine Biotechnology Research and Development, Qingdao 266071, China)

Received: Mar. 14, 2005

Key words: juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.); protein level; growth performance; aquatic ecofactors; eco-nutrition requirement

Abstract: In order to evaluate the effects of different protein level diets on growth performance of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.) and aquatic ecofactors, one-way experiment was designed. Five experimental puffed diets in different protein level (45%, 48%, 50%, 52%, 54%) were fed to triplicate groups (A~E) of the juvenile turbot for 88 days ($n=225$; average body weight $34.5 \text{ g} \pm 5.5 \text{ g}$). The results show that the weight gain, weight gain ratio, specific growth rate and feed conversion ratio of the turbot were also affected significantly by different protein level diets ($P < 0.05$), and increased with increasing protein level diets. Reversely, feed conversion ratio decreased with increasing protein level diets. Aquatic ecofactors except pH were also affected significantly by different protein level diets ($P < 0.05$). COD, $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ increased with increasing protein level diets. The weight gain ratio of group C significantly increased by 21.6% and 14.6% comparing to group A and B ($P < 0.05$); decreased by 1.6% and 5.1% comparing to group D and E; feed conversion ratio of group C decreased by 0.22 and 0.16 comparing to group A and B ($P < 0.05$); increased by 0.02 and 0.03 comparing to group D and E; $\text{NH}_3\text{-N}$ of group C increased by 13.0% and 4.0% comparing to group A and B; decreased by 23.1% and 48.1% comparing with group D, E ($P < 0.05$). The study showed that in terms of the fish growth and ecofactors the eco-nutrition requirement of puffed dietary protein for juvenile turbot is 50%.

(本文编辑: 刘珊珊)