

饲料中碳水化合物水平对大口黑鲈 *Micropterus salmoides* 生长、鱼体营养成分组成的影响^{*}

谭肖英, 刘永坚, 田丽霞, 阳会军,
梁桂英, 罗 智, 黄俊娃, 郭 冉
(中山大学水生经济动物研究所, 广东 广州 510275)

摘 要: 以面粉作为主要碳水化合物, 用啤酒糟和骨粉替代部分面粉配制碳水化合物水平 (w) 分别为 23%、19% 和 15% 的 3 种配合饲料, 饲养 (8.1 ± 0.1) g 大口黑鲈 76 d, 对大口黑鲈 *Micropterus salmoides* 生长、体营养成分组成和血液生化指标进行测定和分析。结果表明, 碳水化合物水平为 19% 组大口黑鲈的增质量率、特定生长率和蛋白质效率最高, 而饲料系数最低; 高碳水化合物会增加大口黑鲈肌肉的脂肪积累; 饲料中 $w = 15\% \sim 23\%$ 碳水化合物主要影响大口黑鲈内脏器官的相对质量及肝脏营养成分组成。

关键词: 大口黑鲈 *Micropterus salmoides*; 碳水化合物水平; 生长; 体组成

中图分类号: S963 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2005) S1-0258-06

大口黑鲈 *Micropterus salmoides*, 原产于美国加利福尼亚州的一种肉食性鱼类, 80 年代初引入我国, 由于其生长快, 肉质鲜美, 已成为我国淡水养殖一种重要经济鱼类。2002 年, 全国大口黑鲈总产量 16.4 万 t, 其中, 广东省占 64%。目前, 大口黑鲈尚未能利用配合饲料饲养成功, 以冰鲜杂鱼作为饵料, 这不仅造成了资源浪费和环境污染, 还带来病害的流行, 容易诱发脂肪肝病变。因而, 有必要探求大口黑鲈营养需求, 研制高效实用安全的配合饲料。目前对大口黑鲈营养学研究不多, 已有的少数研究也只初步确定了大口黑鲈的最适蛋白质需要量^[1,2]、蛋白能量比^[3]及大口黑鲈对饲料原料可利用氨基酸的研究^[4], 而碳水化合物水平对大口黑鲈生长的影响尚未见到相关研究文献报道。

本试验根据本实验室前几年对大口黑鲈相关的营养研究(数据未公布)结果而设计, 以面粉作为主要碳水化合物, 用啤酒糟和骨粉替代部分面粉配制碳水化合物水平 (w) 为 23%、19% 和 15% 3 种配合饲料, 饲养 (8.1 ± 0.1) g 大口黑鲈 76 d, 以探求碳水化合物水平对大口黑鲈生长和体营养成分组成的影响。

1 材料与方法

1.1 试验饲料

试验饲料配方和成分组成如表 1 所示。将各种饲料原料粉碎, 过 40 目筛, 按表 1 配方中的比例

准确称质量后, 用搅拌机 (A—200T Mixer Bench Model unit, Russel Food Equipement Ltd, Ottawa, Ont. Canada) 搅拌 15 min; 之后加脂类, 又搅拌 15 min; 再加水 (每千克干粉加水 250 mL), 继续搅拌 15 min, 用双螺杆挤条机 (华南理工大学机械研究所制造) 制粒, 颗粒直径为 1.5 mm, 在室外曝晒 3 h, 最后置 20 °C 冰箱保存备用。

1.2 试验鱼和饲养管理

试验鱼来自顺德一个大口黑鲈鱼苗场, 平均体质量为 (8.1 ± 0.1) g, 运输到实验室后先用 6~8 ppm 高锰酸钾浸浴 5 min, 然后饲养在室内循环水族箱中 (98 cm×48 cm×42 cm), 每组饲料设 3 个平行箱, 每箱放鱼 20 尾, 水源为曝气自来水, 经过 3 级过滤 (海绵、珊瑚沙、活性炭) 净化并除去氯气, 每箱水的置换量为 $10 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$, 水温 (28.8 ± 1.5) °C, 溶氧为 (8.81 ± 0.16) mg·L⁻¹, 氨氮为 (0.12 ± 0.01) mg·L⁻¹, pH 为 7.98 ± 0.04 。

试验前驯养大口黑鲈摄食硬颗粒饲料 3 周, 并使其适应环境。正式开始实验时, 称大口黑鲈初始质量, 按照鱼体体质量的 2.5% 确定投喂量, 每天分 9:00 和 16:30 2 次投喂。每 3 周称 1 次总质量, 检查生长情况, 并相应调整投喂量。饲养周期为 76 d。

1.3 样品的采集和分析

试验前, 随机取与试验鱼相近大小的大口黑

^{*} 收稿日期: 2004-12-01

作者简介: 谭肖英 (1979 年生), 女, 硕士研究生, 通讯联系人: 刘永坚; E-mail: tyx7933@163.com

表 1 试验饲料配方及其营养组成¹⁾

配方	饲料/ (%)		
	1	2	3
白鱼粉	40.00	40.00	40.00
豆粕	30.00	30.00	30.00
面粉	16.80	9.80	5.00
啤酒槽	0	5.00	5.00
骨粉	0	0	4.80
啤酒酵母	5.00	5.00	5.00
脂类	6.00	6.00	6.00
胆碱	0.40	0.40	0.40
复合维生素	0.20	0.20	0.20
复合矿物盐	0.50	0.50	0.50
磷酸二氢钙	0.99	0.99	0.99
Vc 磷酸脂	0.10	0.10	0.10
褐藻酸钠	0	2.00	2.00
三氧化二钼	0.01	0.01	0.01
水分	6.16	5.83	6.38
蛋白	46.11	47.67	45.22
脂肪	8.73	9.95	9.35
碳水化合物	22.58	19.13	15.31
灰分	10.42	11.35	16.01

1) 复合维生素配方参照 Wanakawat 等^[5]; 复合矿物盐配方参照 Nematipour 等^[6]

鲈, 毁髓处死, 每 3 尾做一混样, 取全鱼, 做 3 个平行; 另取 20 尾, 称取体质量, 测量体长, 解剖取得肌肉和肝脏制样, 分离内脏脂团, 称得肝脏和内脏脂团质量。试验结束时, 使鱼空腹 24 h 后, 随机从每箱取鱼 2 尾, 立即毁髓处死, 制备全鱼样品。另取 6 尾毁髓处死, 称取体质量, 测量体长; 静脉窦取血, 每 2 尾做一混样, 用 K2EDTA 抗凝, 在 4℃冰箱保存, 用细胞计数仪 (Coulter JT) 进行红细胞计数以及血红蛋白浓度等指标的测定; 解剖取得肌肉和肝脏制样, 分离内脏脂团, 称得肝脏和内脏脂团质量。

分别采用 105℃常压干燥法、凯氏定氮法、甲

醇: 氯仿 (1:2) 提取法及 550℃灼烧法测定全鱼、肌肉和肝脏的水分、粗蛋白质、粗脂肪和灰分含量。饲料碳水化合物含量的测定采用 3, 5—二硝基水杨酸法。

1.4 试验结果的统计分析

试验结果用平均数±标准方差 (mean ±S. D., $n=3$) 表示, 经 One-Way ANOVA 分析, 采用 Duncan's 多重检验分析试验结果平均数的差异显著性, 显著水平为 0.05, 所采用的软件为“SPSS 11.0”。

2 结果

2.1 三种试验饲料对大口黑鲈增质量率、特定生长率、饲料系数和蛋白质效率的影响

由表 2 可见, 在 76 d 内, 各组鱼的体质量与试验前均有大幅度的增加。其中碳水化合物水平 19% (w) 组大口黑鲈增质量率 (606.02±74.45)、特定生长率 (2.57±0.14) 和蛋白质效率 (1.91±0.13) 最高, 饲料系数 (1.10±0.08) 最低, 但与其它两组没有显著性差异 ($P>0.05$)。

2.2 3 种试验饲料对大口黑鲈体形和内脏器官相对质量的影响

由表 3 可见, 各组大口黑鲈肥满度之间没有显著性差异 ($P>0.05$), 体形相近; 随着饲料碳水化合物水平下降, 各组大口黑鲈的脏体比和肝体比都呈下降趋势, 碳水化合物水平 23% (w) 组大口黑鲈肝体比最高, 达 2.05±0.77, 与碳水化合物水平 15% 组差异显著 ($P>0.05$), 并且是后者的 1.59 倍; 各组大口黑鲈之间的脏体比没有显著性差异 ($P>0.05$); 碳水化合物水平 15% (w) 组大口黑鲈脂体比最高, 为 1.47±0.19, 说明其在内脏团中积累的脂肪最多, 但与其它两组没有显著性差异 ($P>0.05$)。试验结束各组大口黑鲈肥满度、脏体比和脂体比与试验前的相应各项指标相近, 而肝体比则低于试验前。

表 2 三种饲料大口黑鲈增质量率、特定生长率、饲料系数和蛋白质效率的影响

饲料号	1	2	3
初质量 (g/尾)	8.06±0.04	8.02±0.04	8.04±0.04
末质量 (g/尾)	51.00±4.64	56.60±5.68	52.46±3.03
增质量率 (WG) ¹⁾	533.28±58.98	606.02±74.45	562.61±40.95
饲料系数 (FCR) ²⁾	1.18±0.12	1.10±0.08	1.15±0.07
特定生长率 (SGR) ³⁾	2.43±0.12	2.57±0.14	2.47±0.08
蛋白质效率 (PER) ⁴⁾	1.85±0.19	1.91±0.13	1.92±0.12

1) 增质量率 (%) = 100 × [末质量 (g) - 初质量 (g)] / 初质量 (g); 2) 饲料系数 = 摄入饲料量 (g) / 净增质量量 (g); 3) 特定生长率 = 100 × {ln [末质量 (g)] - ln [初质量 (g)]} / ln [初质量 (g)]; 4) 蛋白质效率 = 净增质量量 (g) / 蛋白质摄入量 (g)。每行数据上标字母无重复者表示显著性差异 ($P<0.05$)

表3 三种饲料对大口黑鲈内脏器官相对质量的影响

Tah 3 Effects of three diets on the relative weights of carcass of largemouth bass

饲料	初始样	1	2	3
饱满度（CF） ¹⁾	1.88±0.17	1.92±0.01	1.85±0.06	1.86±0.11
脏体比（VR） ²⁾	6.40±1.20	5.62±0.14	5.50±0.46	5.02±0.46
肝体比（HSI） ³⁾	2.05±0.77	1.58±0.19 ^a	1.36±0.10 ^a	0.99±0.01 ^b
脂体比（IPFR） ⁴⁾	1.20±0.39	1.34±0.10	1.26±0.11	1.47±0.19

1) 饱满度=100×体质量(g)/体长(cm)³; 2) 脏体比=100×内脏质量(g)/体质量(g); 3) 肝体比=100×肝脏质量(g)/体质量(g); 4) 脂体比=100×肠脂质量(g)/体质量(g)。同行数据后字母无重复者表示有显著性差异(P<0.05)

2.3 三种试验饲料对大口黑鲈红细胞的影响

由表4可见, 各组大口黑鲈全血中红细胞计数、血红蛋白浓度、MCV、MCH和MCHC没有显著性差异(P>0.05), 说明3种饲料对大口黑鲈血液红细胞的载氧能力没有影响。

2.4 三种试验饲料对大口黑鲈营养成分组成的影响

由表5可见, 3种试验饲料主要影响了肌肉的脂肪含量和肝脏的蛋白、脂肪含量, 而对全鱼的营养组成影响不显著。随着饲料碳水化合物水平降

低, 大口黑鲈肌肉脂肪含量降低, 碳水化合物水平w=15%组大口黑鲈肌肉脂肪含量最低, 为(1.15±0.16)%, 与碳水化合物水平w=23%组显著性差异(P<0.05), 也低于试验前大口黑鲈肌肉脂肪含量(1.46±0.14)%。大口黑鲈肝脏水分、蛋白和脂肪含量随着饲料碳水化合物含量降低而升高, 碳水化合物水平w=15%组大口黑鲈肝脏蛋白质、脂肪含量与碳水化合物水平w=23%组显著性差异(P<0.05), 且高于试验前大口黑鲈肝脏的蛋白质、脂肪含量。

表4 三种饲料对大口黑鲈红细胞计数、血红蛋白、MCV、MCH、MCHC的影响¹⁾

Tah 4 Effects of three diets on RBC, HGB, MCV, MCH, MCHC of largemouth bass

饲料	1	2	3
红细胞计数(10 ¹² /L)	2.61±0.17	2.67±0.09	2.66±0.05
血红蛋白(g/L)	113±4	118±7	113±1
平均红细胞体积(fl)	198.3±4.6	195.2±17.6	200.1±8.1
平均红细胞血红蛋白量(pg)	434±1.4	44.1±2.2	42.5±1.1
平均红细胞血红蛋白浓度(g/L)	219±3	228±33	213±4

1) 每行数据上标字母无重复者表示显著性差异(P<0.05)

表5 三种饲料对大口黑鲈鱼体营养成分的影响¹⁾

Tah 5 Effects of three diets on the nutrient composition of largemouth bass

鱼体营养成分	初始样	1	2	3
全鱼				
水分	73.35±0.26	72.01±1.83	70.81±0.39	72.02±1.81
粗蛋白	17.98±0.05	17.85±1.08	18.28±0.08	18.18±1.69
粗脂肪	5.16±0.19	5.17±0.40	5.52±0.04	5.20±0.30
灰分	4.83±0.05	4.40±0.18	4.56±0.15	4.45±0.36
肌肉				
水分	78.13±0.21	77.41±0.09	77.86±0.35	77.70±0.22
粗蛋白	20.25±0.22	20.46±0.17	20.36±0.33	20.49±0.40
粗脂肪	1.46±0.14	1.58±0.19 ^a	1.48±0.07 ^a	1.15±0.16 ^b
灰分	1.40±0.01	1.24±0.03	1.22±0.04	1.23±0.04
肝脏				
水分	66.86±0.06	70.79±1.19	71.06±0.82	72.58±1.09
粗蛋白	12.36±0.37	12.45±0.7 ^b	13.76±0.5 ^b	14.45±0.57 ^a
粗脂肪	2.75±0.10	2.37±0.52 ^b	2.96±0.53 ^{ab}	3.71±0.70 ^a

1) 每行数据上标字母无重复者表示显著性差异(P<0.05)

3 讨论

整个试验过程, 各组大口黑鲈摄食活跃, 没有出现厌食情况, 只是最后 2 周, 由于养殖系统的载鱼量过高, 大口黑鲈摄食量有所下降, 降至鱼体质量的 2.2%。在第 6 周, 出现极个别大鱼吃小鱼的现象, 饲料对大口黑鲈的死亡率没有影响。本试验, 各组大口黑鲈特定生长率在 2.43%~2.57% 之间, 均高于 Anderson 等^[1] 和 Portz 等^[3] 在研究相近大小大口黑鲈蛋白质需求量时的最大特定生长率 (分别是 0.99% 和 0.70%)。

鱼类对碳水化合物的利用能力较低, 尤其是肉食性鱼类。Lanari 等^[7] 在对海鲈 *Dicentrarchus labrax* 幼鱼的研究时发现, 在相同脂肪水平下, 增加无氮渗出物含量, 对海鲈生长没有影响。Ballestrazzi 等^[8] 在对 1 龄海鲈的研究中也得到相似的结果, 再次说明了在海鲈营养中, 无氮渗出物发挥较少作用的观点。当饲料中碳水化合物水平超过一定限度时, 鱼类生长会受到抑制。Furuichi 等^[9] 报道, 鲤 *Cyprinus carpio* 分别摄食含以为 10%、20% 和 30% 糊精的饲料时, 生长没有显著性差异, 摄食含 w 为 40% 糊精组生长下降。Tidwell 等^[2] 发现当饲料无氮渗出物从 w 为 32.7% 降到 26.7% 时, 大口黑鲈生长速度升高。本试验, 虽然碳水化合物水平 w 为 19% 组大口黑鲈增质量率、蛋白质效率和饲料系数与其它两组相比没有显著性差异, 但也表明了, 在大口黑鲈配合饲料中, 碳水化合物应控制在 $w=20\%$ 内。

摄食一定碳水化合物含量的饲料对鱼类生长没有影响, 但会影响鱼体内脏器官的相对质量^[10-13]。Hutchins 等^[10] 研究碳水化合物的种类和水平对阳光鲈 *Morone chrysops* ♀×*M. saxatilis* ♂ 生长、体营养成分组成的影响, 研究结果显示, 含可溶性碳水化合物饲料组阳光鲈的肝体比高于摄食不含可溶性碳水化合物饲料组, 而不同碳水化合物水平饲料组阳光鲈的肝体比之间没有显著性差异。本试验结束, 各组大口黑鲈肥满度、脏体比和脂体比与试验前大口黑鲈相应的各项指标相近, 只是肝体比低于试验前的, 这可能与用冰鲜杂鱼培育大口黑鲈鱼苗有关。随着饲料碳水化合物水平降低, 大口黑鲈肝体比呈下降趋势, 碳水化合物水平 $w=15\%$ 组大口黑鲈肝体比 $(0.99 \pm 0.01)\%$ 明显低于碳水化合物水平 $w=23\%$ 组大口黑鲈肝体比 $(1.58 \pm 0.19)\%$, 本试验结果, 再次印证了长期摄食高碳水化合物水平饲料会导致鱼肝脏体积增大的观点^[14]。而对于碳水化合物水平是否会影响大口黑

鲈肝脏的生理功能, 有待深入研究。

肝脏是机体的重要代谢器官, 当摄食不同碳水化合物水平饲料时, 鱼体肝脏中营养物质含量会有所改变。肝脏糖原与饲料的碳水化合物含量呈正相关^[11, 13], 而肝脏水分、蛋白和脂肪含量与饲料中碳水化合物水平关系不密切^[11, 13]。而本试验中, 大口黑鲈肝脏水分、脂肪和蛋白含量都随饲料中碳水化合物水平下降而显著升高, 因此, 有待进一步研究碳水化合物水平对大口黑鲈代谢的影响。

鲑鳟鱼类摄食高水平可消化碳水化合物会促进鱼体脂肪合成。本试验, 碳水化合物水平 $w=23\%$ 组大口黑鲈肠系膜脂肪低于 15% 组, 肝脏脂肪含量也低于其它两组, 而全鱼的营养成分与其它两组没有明显差异, 但肌肉的脂肪含量 $[(1.58 \pm 0.19)\%]$ 是碳水化合物水平 $w=15\%$ 组 (1.15 ± 0.16) 的 1.37 倍。这说明了, 高碳水化合物会增加大口黑鲈肌肉中脂肪沉积。

用冰鲜杂鱼作为鲈饵料, 容易诱发鲈 *Lateolabrax japonicus* 脂肪肝^[16]。本试验结束取样, 只发现极个别大口黑鲈肝脏颜色异常, 呈棕色, 其余各组大口黑鲈肝脏颜色红润, 没有发现脂肪肝。试验结束后, 继续以相应饲料饲养碳水化合物水平 (w) 23% 和 19% 两组 8 周, 也没有发现脂肪肝病变。本试验大口黑鲈肠系膜脂肪较少, 脂体比在 1.26%~1.34% 之间, 低于草鱼 *Ctenopharyngodon idella* 2.50%~3.75%^[17]、罗非鱼 *Oreochromis nilotica* ♀×*O. aurea* ♂ 2.98%~3.55%^[18], 也低于鲈 *L. japonicus* 2.40%~5.03%^[16], 另外, 肝脏脂肪含量 2.37%~3.00% 较低, 低于条纹鲈 *M. saxatilis* 和阳光鲈肝脏脂肪含量 5.7%~11.8%^[13], 也低于海鲈 *D. labrax* 18%~40%^[19]。

大口黑鲈耐低氧能力极差, 溶氧低于 2.4 mg·L⁻¹ 的水体不利大口黑鲈生长^[20]。实际生产中, 当用普通配合饲料饲养大口黑鲈, 一段时间后, 大口黑鲈厌食, 继而死亡。长期摄食普通配合饲料, 是否会降低大口黑鲈血液的载氧能力, 造成机体内部缺氧而厌食呢? 随饲料中淀粉水平升高, 大西洋鲑 *Salmo salar* 血液中血红蛋白、MCV、MCH、和 MCHC 呈下降趋势^[11]。本试验过程中, 各组大口黑鲈没有出现厌食情况, 各组血液中红细胞计数、MCV、MCH、和 MCHC 也没有显著性差异。

结果表明, 在大口黑鲈配合饲料中, 饲料的碳水化合物 (w) 应在 20% 内, 高碳水化合物水平会增加大口黑鲈肌肉的脂肪积累。 w 为 15%~23% 的碳水化合物水平主要影响了大口黑鲈内脏器官的相对质量及肝脏营养成分组成。有待进一步研究最

适宜大口黑鲈生长的碳水化合物种类及其对大口黑鲈代谢的影响。

致 谢 中山大学第一附属医院血液检验室钟武平、张仕洪、蔡丹3位老师在血液生化分析方面给予大力协助，本实验室杜震宇、周歧存、王骥腾、王勇、肖伟平、王胜和李程琼同学对本实验提出了宝贵意见，叶超霞、张朝正、吴小易、牛津和谭丽华同学参加了本实验部分工作，一并致谢。

参考文献:

[1] ANDERSON R J, KIENHIZ E W, FLICKINGER S A. Protein requirement of smallmouth bass and largemouth bass [J]. J Nutr, 1981, 111: 1085—1097.

[2] TIDWELL J H, WEBSTER C D, COYLE, et al. Effects of dietary protein level on second year growth and water quality for largemouth bass (*Micropterus salmoides*) raised in ponds [J]. Aquaculture, 1996, 145: 213—223.

[3] PORIZ L, CYRINO J E P, MARTION R C. Growth and body composition of juvenile largemouth bass *Micropterus salmoides* in response to dietary protein and energy levels [J]. Aquaculture Nutrition, 2001, 7: 247—254.

[4] QIAN G Y. Available amino acids of common feed ingredients for largemouth bass (*Micropterus salmoides*) [J]. Acta Zoonutrimenta Sinica, 2001, 13: 43—46. [钱国英. 大口黑鲈常用饲料原料的可利用氨基酸研究 [J]. 动物营养学报, 2001, 13: 43—46.]

[5] WANAKOWAT J, BOONYARATPALIN M, PIMOLJINDA T, et al. Vitamin B6 Requirement of Juvenile Seabass *Lates calcarifer* [J]. The current Status of Fish Nutrition in Aquaculture. The Proc. Third Int. Symp. on Feeding and Nutr. in Fish. Toba, Japan. 1989. Aug. 28— Sept. 1: 141—149.

[6] NEMATIPOUR G R, GATLIN III D M. Requirement of Hybrid Striped Bass for Dietary (n-3) Highly unsaturated fatty acids [J]. J Nutr, 1993, 123: 744—753.

[7] LANARI D, POLI B M, BAILESTRAZZI R, et al. The effects of dietary fat and NFE levels on growing European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) Growth rate, body and fillet composition, carcass traits and nutrient retention efficiency [J]. Aquaculture, 1999, 179: 351—364.

[8] BAILESTRAZZI R, LANARI D, D' AGARO E. Performance, nutrient retention efficiency, total ammonia and reactive phosphorus excretion of growing European sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L) as affected by diet processing and feeding level [J]. Aquaculture, 1998, 161: 55—65.

[9] FURUICHI M, YONE Y. Effects of dietary dextrin levels on growth and feed efficiency, the chemical composition of liver and dorsal muscle, and absorption of dietary protein and dextrin in fishes [J]. Bull Jpn Soc Sci Fish, 1980, 46: 225—229.

[10] HUTCHINS C G, RAWLES S D, GATLIN III D M. Effects

of dietary carbohydrate kind and level on growth, body composition and glycemic response of juvenile sunshine bass (*Morone chrysops* ♀ × *M. saxatilis* ♂) [J]. Aquaculture, 1998, 161: 187—199.

[11] WAAGB R, GLETTE J, SANDNES K, et al. Influence of dietary carbohydrate on blood chemistry, immunity and disease resistance in Atlantic salmon, *Salmo salar* L [J]. J Fish Disease, 1994, 17: 245—258.

[12] FYNN-AIKINS K, HUNG S S O, LIU W, et al. Growth, lipogenesis and liver composition of juvenile white sturgeon fed different levels of D- glucose [J]. Aquaculture, 1992, 105: 61—72.

[13] RAWELS S D, GATLIN III D M. Carbohydrate utilization in striped bass (*Morone saxatilis*) and sunshine bass (*M. chrysops* ♀ × *M. saxatilis* ♂) [J]. Aquaculture, 1998, 161: 201—212.

[14] HEMRE G I, LIED E, LAMBERTSEN G. Starch as an energy source in feed for cod (*Gadus morhua*): digestibility and retention [J]. Aquaculture, 1989, 80: 261—270.

[15] KIM J D, KAUSHIK S J, TACHINO S. Contribution of digestible energy from carbohydrates and estimation of protein/ energy requirements for growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Aquaculture, 1992, 106: 161—169.

[16] DU Z Y, LIU Y J, ZHENG W H, et al. The effects of three oils sources and two anti-fat liver factors on the growth, nutrient composition and serum biochemistry indexes of *Lateolabrax japonicus* [J]. Journal of Fisheries of China, 2002, 26: 542—550. [杜震宇, 刘永坚, 郑文辉, 等. 三种脂肪源和降脂因子对鲈鱼生长、体营养成分组成和血清生化指标的影响 [J]. 水产学报, 2002, 26: 542—550.]

[17] TIAN L X, LIU Y J, FENG J, et al. Effect of different types of starch on growth, the deposition of mesenteric fat and body composition of *Ctenopharyngodon idellus* [J]. Journal of Fisheries of China, 2002, 26: 247—251. [田丽霞, 刘永坚, 冯健, 等. 不同种类淀粉对草鱼生长、肠系膜脂肪沉积和鱼体组成的影响 [J]. 水产学报, 2002, 26: 247—251.]

[18] DU Z Y, LIU Y J, TIAN L X, et al. Effects of two different camitine isomers on growth and body composition of hybrid *Oreochromis nilotica* ♀ × *Oreochromis aurea* ♂ [J]. Journal of Fisheries of China, 2002, 26: 259—264.

[19] [杜震宇, 刘永坚, 田丽霞, 等. 添加不同构型肉碱对于罗非鱼生长和鱼体营养成分组成的影响 [J]. 水产学报, 2002, 26: 259—264.]

[20] DIAS J, ALVAREZ M J, DIEZ A, et al. Regulation of hepatic lipogenesis by dietary protein/energy in juvenile European seabass (*Dicentrarchus labrax*). Aquaculture, 1998, 161: 169—186.

[21] BURLESON M L, WILHELM D R, SMATRESK. The influence of fish size on the avoidance of hypoxia and oxygen selection by largemouth bass [J]. Journal of Fish Biology, 2001, 59: 1336—1349.

The Effects of Dietary Carbohydrate Levels on the Growth, Nutrient Composition of Juvenile Largemouth Bass *Micropterus salmoides*

TAN Xiao ying, LIU Yong jian, TIAN Li-xia, YANG Hui jun,
LIANG Gui-ying, LUO Zhi, HUANG Jun-wa, GUO Ran

(Institute of Economic Aquatic Animals, SUN Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: An experiment was conducted to determine the effects of dietary carbohydrate levels on the growth, nutrient composition of largemouth bass (*Micropterus salmoides*). Fish were fed with isonitrogenous (47% crude protein) and isolipidic (9% crude lipid) diets with three carbohydrate levels (23%, 19% and 15%, respectively) for 76 days, respectively. Growth performance and nutrient composition were determined. The best growth performance and feed utilization efficiency were obtained for fish fed diets containing 19% carbohydrate content. Muscle lipid content increased with increasing dietary carbohydrate levels. The relative weight of carcass and nutrient composition of liver were significantly affected by dietary carbohydrate levels.

Key words: *Micropterus salmoides*; carbohydrate levels; growth; body composition