

生物学指标在评定养殖鲫肝脏脂肪蓄积程度中的作用

黄春红^{1,2}, 曾斌², 陆东东², 罗昌², 肖调义^{1*}

(1. 湖南农业大学动物科学技术学院, 湖南长沙 410128;

2. 湖南文理学院生命科学学院, 动物学湖南省高校重点实验室, 湖南常德 415000)

摘要: 为了了解配合饲料养殖鲫肝脏中脂肪蓄积状况, 以及肥满度、体质量/体长、脏器指数、肝体指数、肠系膜脂肪指数、肠道指数等6项生物学指标在评定养殖鲫肝脏脂肪蓄积程度中的作用, 分别采用物理方法和索氏抽提法对30尾野生鲫和60尾配合饲料养殖鲫的生物学指标和肝脏脂肪含量进行了检测; 采用HE染色法制作和观察了鲫肝脏组织切片; 采用SPSS 19.0软件对生物学指标和肝脏脂肪含量的相关关系进行了统计分析。结果表明, 养殖鲫的肥满度、体质量/体长、脏器指数、肝体指数、肠系膜脂肪指数、肠道指数、肝脏脂肪含量平均值均高于野生鲫; 其中野生和养殖鲫肝脏脂肪含量平均值分别为 $2.11\% \pm 0.69\%$ 和 $19.49\% \pm 4.31\%$ 。肝脏组织学检查发现野生鲫肝细胞形态正常, 肝细胞轮廓清晰, 且沿肝细胞索有序排列, 无脂肪空泡; 养殖鲫的肝脏细胞形态大小不一, 细胞核萎缩、溶解以及偏移细胞中央的现象比较严重, 肝细胞轮廓不清, 脂肪严重蓄积时可见明显脂肪空泡。养殖鲫的肥满度、体质量/体长、肠道指数均与肝脏脂肪含量之间无显著相关; 但脏器指数(X_1)、肝体指数(X_2)、肠系膜脂肪指数(X_3)均与肝脏脂肪含量(Y)存在显著中等正相关, 多元线性回归方程为 $Y = 8.085 + 0.282 X_1 + 3.726 X_2 + 0.505 X_3$ ($R = 0.562, F = 3.995, P = 0.018$)。养殖鲫肝脏中脂肪蓄积现象严重, 并且蓄积程度随脏器指数、肝体指数、肠系膜脂肪指数的增加而加重。

关键词: 鲫; 肝脏脂肪; 蓄积; 生物学指标

中图分类号: S 917.4

文献标志码: A

高密度养殖条件下, 受天然饵料的限制, 大宗淡水鱼类主要以人工配合饲料为主要食物来源。早在20世纪80年代, 已有研究表明在人工配合饲料养殖条件下, 鱼体和肝脏容易出现脂肪蓄积^[1-2]。近十余年来, 大量研究进一步证实, 配合饲料中营养物质不平衡, 例如高脂肪饲料^[3-5], 高蛋白质或高能量饲料^[6-8], 高碳水化合物饲料^[9-10], 不适宜的脂肪源^[11-14]、蛋白源^[15-16]、糖源^[17-18]以及配合饲料中抗脂因子不足^[19-21]等均可导致过量脂肪在鱼体及肝脏中蓄积。这不仅会损害鱼体健康, 降低鱼肉品质, 也会降低养殖效益。鲫(*Carassius auratus*)是我国的大宗淡水鱼类之一, 2011年其年产量已超过220万t^[22-23]。目前, 有关大宗淡水鱼类脂肪沉积和脂肪代谢方

面的研究多集中在草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)上^[24-28], 对于完全配合饲料养殖的鲫, 尤其是成鱼机体和肝脏中脂肪蓄积状况的研究报道很少。

肝活检是评定肝脏脂肪蓄积程度的黄金标准^[29], 因此肝脏组织学检查以及肝脏脂肪含量检测在鉴定鱼类肝脏脂肪蓄积程度中起着关键作用^[30-32]。但是, 肝脏组织学检查以及脂肪含量检测耗时又费力。鱼类生物学指标, 例如肥满度、脏器指数、肝体指数以及肠系膜脂肪指数, 逐渐被用于评价鱼类脂肪沉积的参考指标^[33-34]。由于鱼类生物学指标与肝脏脂肪含量之间的关系还缺少系统研究, 因此生物学指标在研究鱼类脂肪沉积中的作用还没有突显出来。研究鲫生物学指标与

收稿日期: 2014-06-17 修回日期: 2014-11-07

资助项目: 国家大宗淡水鱼类产业技术体系常德综合试验站专项(CARS-46-42)

通信作者: 肖调义, E-mail: tyxiao1128@163.com

肝脏脂肪含量间的相关关系,不仅可以了解配合饲料养殖鲫鱼肝脏中脂肪蓄积状况,而且有利于明确鱼类生物学指标在评价鱼类肝脏脂肪蓄积程度中的作用,进而为快速、简便地评价鲫鱼肝脏脂肪蓄积程度奠定基础。

1 材料与方法

1.1 实验对象

2013年9月—12月于湖南省常德市沅水河岸的丹洲乡随机采集野生鲫30尾,体质量为77~187g,平均体质量为 (143.50 ± 33.18) g;同期在常德市某养殖场随机采集高密度集约化配合饲料养殖的普通鲫60尾,体质量为300~600g,平均体质量为 (402.17 ± 85.51) g。

1.2 实验方法

生物学指标检测方法 鲫先饥饿12h以上,再用丁香油麻醉,逐尾称取鱼体质量(精确至1g),测量体长(精确至1mm),再解剖分离内脏、肝胰脏、肠系膜脂肪和肠道,并分别称重(精确至0.0001g);根据以下公式分别计算鲫各生物学指标:

$$\text{肥满度 (CF, g/cm}^3\text{)} = \text{鱼体质量} / \text{体长}^3$$

$$\text{体质量/体长 (W/L, g/cm)} = \text{鱼体质量} / \text{体长}$$

$$\text{脏器指数 (VSI, \%)} = \text{内脏质量} / \text{鱼体质量} \times 100$$

$$\text{肝体指数 (HSI, \%)} = \text{肝脏质量} / \text{鱼体质量} \times 100$$

$$\text{肠系膜脂肪指数 (MFI, \%)} = \text{肠系膜脂肪质量} / \text{鱼体质量} \times 100$$

$$\text{肠道指数 (II, \%)} = \text{肠道质量} / \text{鱼体质量} \times 100$$

以上公式中,质量单位为g,长度单位为cm。

肝脏脂肪含量测定方法 分别参照Folch等^[35]的氯仿—甲醇鲜样浸提法,王少梅等^[36]的氯仿—甲醇干样浸提法,以及索氏抽提法^[37],测定鲫肝脏中总脂肪含量。根据测定结果的重现性和准确性,从以上3种方法中筛选出适宜方法作为鲫肝脏脂肪含量测定的最终方法。

肝脏组织切片制作方法 从距离鲫鱼肝脏大叶边缘约1cm处采集1cm³大小肝脏组织,立即置于4%甲醛中,固定48h。参照袁广明等^[38]、卢明明等^[39]的苏木精—伊红染色方法制作鲫肝脏石蜡组织切片,于摄影显微镜下观察和拍照。

数据处理与分析方法 采用SPSS 19.0软件计算鱼体各生物学指标的平均值和标准差。利用该软件中的Kolmogorov-Smirnov(K-S)检验法对野生鲫肥满度、体质量/体长、脏器指数、肝体指数、肠系膜脂肪指数、肠道指数等6项生物学指标进行正态分布检验,显著性水平设为0.05。同时对生物学指标和肝脏脂肪含量间的相关关系进行分析,对具有显著性相关的两变量进一步线性回归分析。根据“3 σ ”法则^[40],取各生物学指标在68.3%置信区间的范围值为各指标正常参考值。采用Sigmaplot 10.0软件作图。

2 结果

2.1 鲫肝脏脂肪含量的适宜测定方法

采用不同浸提方法测定4份鲫鱼肝脏样品中脂肪含量的结果表明,索氏抽提法的重现性最好,氯仿—甲醇干样浸提法的重现性较差,氯仿—甲醇鲜样浸提法的重现性最差(图1)。氯仿—甲醇鲜样浸提法的测定结果显著低于氯仿—甲醇干样浸提法和索氏抽提法($P < 0.05$),但氯仿—甲醇干样浸提法和索氏抽提法的测定结果无显著差异($P > 0.05$)。3种检测方法中,由于索氏抽提法重现性好,测定结果准确,且操作简单、方便,被确定为鲫肝脏脂肪含量的最终测定方法。

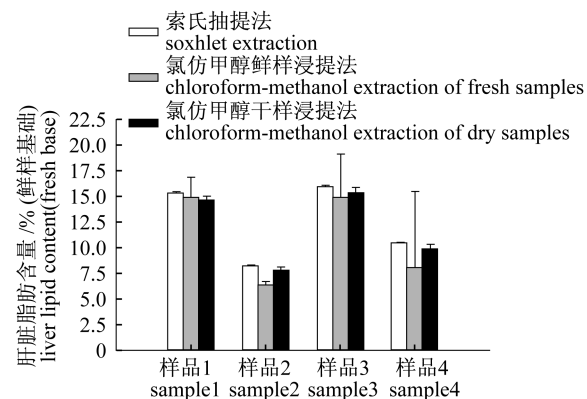


图1 不同浸提方法测定鲫肝脏总脂肪效果的比较
每个样品重复测定6次,鲜样及干样氯仿—甲醇浸提结果重现性均明显低于索氏抽提法

Fig. 1 Comparison of effects on total liver lipid determination by different methods

Values were means of six determination values, reproducibility of results from the chloroform methanol extraction both with dry and fresh liver samples was poorer than that of Soxhlet extraction

2.2 野生鲫与养殖鲫各生物学指标及肝脏脂肪含量

配合饲料养殖鲫肥满度、体质量/体长、脏体指数、肝体指数、肠系膜脂肪指数、肠道指数等6项生物学指标的平均值均高于野生鲫(表1),尤其体质量/体长与肠系膜脂肪指数分别约为野生鲫的2倍和58倍。野生鲫肝脏中水分含量较高,达77.99%,脂肪含量较低,所有野生鲫肝脏脂肪含量均在3%以下,平均含量仅为2.11%(表2)。配合饲料养殖鲫肝脏中水分含量相对较少,平均

含量仅65.16%,而肝脏脂肪含量则较高,肝脏脂肪最低含量为13.32%,最高含量达27.04%,平均含量接近20%。将养殖鲫肝脏脂肪蓄积程度按<15%、15%~20%、>20%依次划分为轻度、中度、重度蓄积,则养殖鲫肝脏脂肪轻度、中度、重度蓄积尾数分别为12、24和24尾,且脏体指数、肝体指数及肠系膜脂肪指数均随着肝脏脂肪蓄积程度加重而增加(表3),肥满度、体质量/体长以及肠道指数并不随肝脏脂肪蓄积程度增加而有规律地变化。

表1 野生鲫及养殖鲫各生物学指标范围值及平均值

Tab.1 Ranges and means of body indices for wild and cultured *C. auratus*

生物学指标 body indices	野生鲫 wild <i>C. auratus</i>		养殖鲫 cultured <i>C. auratus</i>	
	指标范围值 ranges of values	平均值 ± 标准差 mean ± SD	指标范围值 ranges of values	平均值 ± 标准差 mean ± SD
体质量/g body weight	77 ~ 187	143.50 ± 33.18	300 ~ 600	402.17 ± 85.51
体长/cm body length	14.70 ~ 19.80	17.52 ± 1.51	21 ~ 28	23.73 ± 2.08
内脏质量/g visceral weight	5.91 ~ 14.84	10.34 ± 2.55	20.62 ~ 61.98	35.07 ± 11.13
肝脏质量/g liver weight	1.18 ~ 4.84	3.15 ± 1.03	4.25 ~ 16.29	8.45 ± 2.75
肠系膜脂肪质量/g mesenteric fat weight	0 ~ 0.11	0.05 ± 0.03	2.25 ~ 19.21	9.41 ± 4.82
肠道质量/g intestinal weight	0.82 ~ 2.59	1.86 ± 0.61	3.31 ~ 8.86	5.59 ± 1.48
肥满度/(g/cm ³) condition factor(CF)	2.31 ~ 2.88	2.63 ± 0.20	2.14 ~ 3.83	3.01 ± 0.40
体质量/体长/(g/cm) body weight/body length(W/L)	5.24 ~ 9.95	8.10 ± 1.32	13.04 ~ 22.22	16.82 ± 2.28
脏体指数/% viscerosomatic index(VSI)	6.28 ~ 8.69	7.23 ± 0.81	5.43 ~ 12.43	8.65 ± 1.76
肝体指数/% hepatosomatic index(HSI)	1.35 ~ 2.27	1.91 ± 0.34	1.30 ~ 3.19	2.09 ± 0.47
肠系膜脂肪指数/% mesenteric fat index(MFI)	0 ~ 0.06	0.04 ± 0.02	0.70 ~ 4.54	2.30 ± 1.02
肠道指数/% intestinal index(II)	0.93 ~ 1.93	1.29 ± 0.32	1.03 ~ 2.02	1.39 ± 0.27

表2 野生鲫与养殖鲫肝脏水分和脂肪含量范围值及平均值

Tab.2 Ranges and means of liver moisture and lipid content of wild and cultured *C. auratus*

成分 nutrients	野生鲫 wild <i>C. auratus</i>		养殖鲫 cultured <i>C. auratus</i>	
	范围值 range of values	平均值 ± 标准差 mean ± SD	范围值 range of values	平均值 ± 标准差 mean ± SD
肝脏水分含量/% liver moisture content	75.56 ~ 81.77	77.99 ± 2.18	56.51 ~ 72.80	65.16 ± 5.02
肝脏脂肪含量/% liver lipid content	1.12 ~ 2.95	2.11 ± 0.69	13.32 ~ 27.04	19.49 ± 4.31

表3 肝脏脂肪不同蓄积程度的养殖鲫生物学指标

Tab.3 Body indices of *C. auratus* with different degrees of lipid accumulation in liver

肝脏脂肪含量/% live lipid content	CF/(g/cm ³)	W/L/(g/cm)	VSI/%	HSI/%	MFI/%	II/%
<15	2.95 ± 0.45	15.87 ± 1.36	7.95 ± 1.91	1.75 ± 0.39	1.69 ± 0.25	1.68 ± 0.25
15~20	2.97 ± 0.21	17.24 ± 2.77	8.17 ± 1.30	1.99 ± 0.41	2.21 ± 0.93	1.23 ± 0.16
>20	3.08 ± 0.51	16.87 ± 2.09	9.49 ± 1.78	2.37 ± 0.40	2.70 ± 1.03	1.41 ± 0.23

2.3 鲫各生物学指标及肝脏脂肪含量正常参考值范围

经K-S检验,野生鲫肥满度、体质量/体长、脏体指数、肝体指数、肠系膜脂肪指数、肠道指数以及肝脏脂肪含量均呈显著正态分布($P >$

0.05)。取各指标在68.3%置信区间范围值为各指标的正常参考值范围(表4)。其中,野生鲫肝脏脂肪含量正常参考值范围为1.42%~2.80%,即鲫肝脏脂肪含量超过2.80%可能意味着肝脏中脂肪过量蓄积。肝脏组织学检查结果显示,野

生鲫鱼肝细胞(图 2-a)形态正常,轮廓清晰,细胞核大多在细胞中央,肝细胞沿肝细胞索排列且大小较均匀;养殖鲫鱼肝脏脂肪蓄积量达 15% (图 2-b),肝细胞形状及大小不一,细胞核偏离细胞中央,移至细胞的一侧,部分肝细胞核溶解和消失,肝细胞轮廓比较模糊且细胞排列杂乱;养殖鲫鱼肝脏脂肪

蓄积量达 20% (图 2-c),肝组织中可见明显的小脂肪空泡。养殖鲫鱼肝脏脂肪蓄积量达 25% (图 2-d),肝组织中可见许多大脂肪空泡。脂肪含量测定结果和肝脏组织学检查结果均证实,相对于野生鲫鱼,养殖鲫鱼肝脏内脂肪蓄积情况比较严重。

表 4 野生鲫鱼各生物学指标及肝脏脂肪含量正常范围值
Tab. 4 Normal range values of body indices for wild *C. auratus*

生物学指标 indices	平均值 ± 标准差 mean ± SD	分布类型 distribution	K-S 检验值	P 值 P value	参考值范围 range
CF/(g/cm ³)	2.63 ± 0.20	正态分布	0.56	0.91	2.43 ~ 2.83
W/L/(g/cm)	8.10 ± 1.32	正态分布	0.52	0.95	6.78 ~ 9.42
VSI/%	7.23 ± 0.81	正态分布	0.52	0.95	6.42 ~ 8.04
HSL/%	1.91 ± 0.34	正态分布	0.43	0.99	1.57 ~ 2.25
MFL/%	0.04 ± 0.02	正态分布	0.58	0.89	0.02 ~ 0.06
II/%	1.29 ± 0.32	正态分布	0.58	0.90	0.97 ~ 1.61
肝脏脂肪含量/% live lipid	2.11 ± 0.69	正态分布	0.62	1.03	1.42 ~ 2.80

注: $P > 0.05$ 表示指标呈显著正态分布

Notes: it means a significant normal distribution when $P > 0.05$

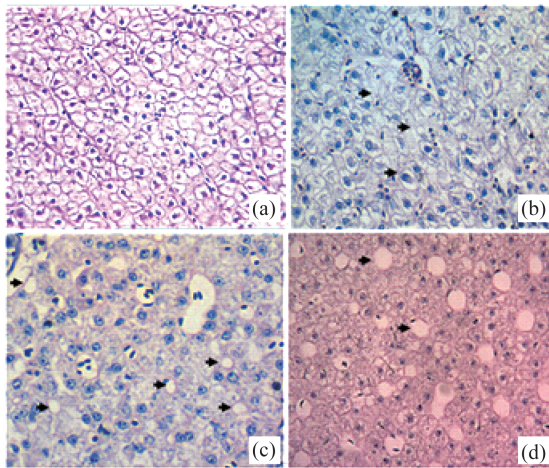


图 2 野生鲫鱼与养殖鲫鱼肝细胞形态结构 (×400 倍)

(a)野生鲫鱼正常肝组织;(b)脂肪含量约为 15% 的养殖鲫鱼肝脏组织;(c)脂肪含量约为 20% 的养殖鲫鱼肝脏组织;(d)脂肪含量约为 25% 的养殖鲫鱼肝脏组织

Fig. 2 Hepatocyte morphology of wild and cultured *C. auratus* (×400)

(a)The normal liver tissue from wild *C. auratus*; (b) the liver tissue with 15% lipid in liver of cultured *C. auratus*; (c) the liver tissue with 20% lipid in liver of cultured *C. auratus*; (d) the liver tissue with 25% lipid in liver of cultured *C. auratus*

2.4 养殖鲫鱼生物学指标与肝脏脂肪含量的关系

肥满度、体质量/体长以及肠道指数均与肝脏脂肪含量间无显著相关 ($P > 0.05$); 脏体指数、肝体指数、肠系膜脂肪指数则均与肝脏脂肪含量间

呈显著中等相关 ($P < 0.05$) (表 5)。回归分析结果表明,在显著相关的两变量间可建立一元线性回归方程(表 6),且各回归方程的显著性检验结果表明所建立的回归方程均显著和有效 ($P < 0.05$)。另外,肝脏脂肪含量 (Y) 与脏体指数 (X_1)、肝体指数 (X_2) 以及肠系膜脂肪指数 (X_3) 这三者之间也可以建立有效的多元线性回归方程。回归方程:

$$Y = 8.085 + 0.282 X_1 + 3.726 X_2 + 0.505 X_3$$

($R = 0.562, F = 3.995, P = 0.018$)

表 5 养殖鲫鱼各生物学指标与肝脏脂肪含量之间的相关性
Tab. 5 Relationship between body indices and liver lipid content of cultured *C. auratus*

变量 1 variable 1	变量 2 variable 2	相关系数 Pearson coefficient	P 值 P value
CF/(g/cm ³)	肝脏脂肪含量/% liver lipid content	0.169	0.372
W/L/(g/cm)	肝脏脂肪含量/% liver lipid content	0.131	0.489
VSI/%	肝脏脂肪含量/% liver lipid content	0.440	0.015
HSL/%	肝脏脂肪含量/% liver lipid content	0.538	0.002
MFL/%	肝脏脂肪含量/% liver lipid content	0.406	0.026
II/%	肝脏脂肪含量/% liver lipid content	-0.174	0.359

表6 养殖鲫显著相关的两变量间的回归分析
Tab. 6 Regression analysis between two significantly related variables of cultured *C. auratus*

因变量 dependent variable	自变量 independent variable	回归方程 regression equation	调整R方 adjust R square	F值 F value	P值 P value
肝脏脂肪含量/% liver lipid content	VSI/%	$Y = 10.126 + 1.082X$	0.165	6.740	0.015
肝脏脂肪含量/% liver lipid content	HSI/%	$Y = 9.070 + 4.977X$	0.264	11.382	0.002
肝脏脂肪含量/% liver lipid content	MFL/%	$Y = 15.538 + 1.715X$	0.135	5.530	0.026

3 讨论

3.1 配合饲料养殖鲫肝脏脂肪蓄积状况及影响因素

配合饲料养殖条件下,有关鱼类肝脏脂肪蓄积量的研究较多,例如红鼓鱼(*Sciaenops ocellatus*)^[6,32]、草鱼^[17]以及异育银鲫(*C. gibelio*)^[41]肝脏中脂肪含量可分别高达31.72%、26.29%和34.71%。不同研究者对于同一种鱼类肝脏脂肪含量的分析结果相差比较大,例如草鱼^[17,19]或者鲫肝脏脂肪含量^[20,41],其原因主要与配合饲料中营养物质的平衡状态有关。本研究测得配合饲料养殖鲫不同个体间肝脏脂肪含量相差较大,肝脏脂肪含量最低值和最高值分别为13.32%和27.04%,两者相差2倍以上。野生鲫肝脏脂肪含量均低于3%。食物来源不同可能是导致野生与养殖鲫肝脏脂肪含量差异大的主要原因。野生鲫以天然水体中维管束水草的茎、叶、芽以及高等水生植物等能量浓度较低的食料为主,而养殖鲫以富含蛋白质、淀粉和脂肪的能量浓度较高的配合饲料为主要食物。我国的淡水养殖采用高密度混合养殖模式,同一水体同时养殖多个品种的鱼类,不同营养需求的鱼类摄食相同营养水平的饲料。在投料量较大,投喂频次较多的情况下,这种养殖方式势必造成某些鱼类出现营养缺乏或营养过剩,最终导致能量代谢异常,引起脂肪在鱼体和肝脏中过量蓄积。采用单一品种养殖模式,以及研究不同生长阶段鲫的营养需求,尤其是能量需要量,建立不同生长阶段鲫的营养需求标准,科学地设计不同生长阶段鲫专用的配合饲料将有利于预防养殖鲫出现肝脏脂质过量蓄积。

3.2 生物学指标在评定鲫肝脏脂肪蓄积程度中的作用

有关鲫生物学指标的研究较多,但主要集中在鲫幼鱼上。例如,鲫幼鱼摄食不同水平多糖复合物日粮后,脏体指数和肝体指数平均值范围分

别为17.59%~19.94%和6.43%~7.35%^[42];不同投喂频次和不同糖、脂水平日粮养殖条件下,异育银鲫幼鱼肥满度和肝体指数平均值范围分别为(2.78~2.95)g/cm³和5.16%~6.11%^[43]。不同脂肪源日粮养殖条件下,异育银鲫幼鱼的肝体指数和脏体指数平均值范围分别为4.55%~5.31%和16.68%~17.84%^[44];张缓缓等^[45]测得异育银鲫幼鱼的肝体指数、脏体指数以及肥满度平均值范围分别为3.80%~4.83%、11.22%~12.27%和(2.80~3.06)g/cm³。上述研究中均未对生物学指标与体脂或肝脏脂肪沉积量间的关系进行相应的分析。本研究测得养殖鲫的肥满度、脏体指数以及肝体指数分别为(2.14~3.83)g/cm³、5.43%~12.43%和1.30%~3.19%,研究结果与张缓缓等^[45]的报道比较相近,但与刘军等^[42]、何吉祥等^[43]、陈家林等^[44]的报道相差比较大。有研究表明,鲤(*Cyprinus carpio* L.)的脏体指数会随着年龄的增长而增加^[46],即鱼类的年龄可以影响某些生物学指标。但是,不同鱼类的生物学指标与饲料营养水平、生长阶段之间的关系还缺乏系统研究。

配合饲料养殖鲫的肥满度、肠道指数与肝脏脂肪含量之间无显著相关,因此这两个生物学指标在单独评定鲫肝脏脂肪蓄积量中的意义不大。养殖鲫的体质量/体长与肝脏脂肪含量之间也无显著相关,即对于已经出现肝脏脂肪过量蓄积的鲫,该指标不能有效地评价肝脏脂肪的蓄积量。但是,野生与养殖鲫的体质量/体长差异很大,表明该指标在评价肝脏脂肪是否过量蓄积方面具有一定的价值,当体质量/体长大于该指标参考值上限9.42时,鲫肝脏极有可能出现脂肪过量蓄积。Lin等^[2]认为肝体指数是诊断草鱼脂肪肝的参考指标之一,肝体指数大于3%的草鱼即为脂肪肝草鱼。本研究结果也表明,无论是不同脂肪蓄积程度的养殖鲫各生物学指标的分布结果,还是生物学指标与肝脏脂肪含量的相关分析和回归结果

均证实脏体指数、肝体指数以及肠系膜脂肪指数一定程度上可以用来评定养殖鲫鱼肝脏中的脂肪蓄积程度,且养殖鲫的脏体指数(X_1)、肝体指数(X_2)以及肠系膜脂肪指数(X_3)均与肝脏脂肪含量之间呈显著正相关,且肝脏脂肪含量(Y)与上述3个指标存在以下关系: $Y = 8.085 + 0.282 X_1 + 3.726 X_2 + 0.505 X_3$ ($R = 0.562, F = 3.995, P = 0.018$),即同时结合脏体指数、肝体指数和肠系膜脂肪指数3个指标来综合评价养殖鲫鱼肝脏中的脂肪蓄积程度,其准确性相对比采用单一指标来评价要高。

4 结论

相对于野生鲫,配合饲料养殖鲫的肥满度、体质量/体长、脏体指数、肝体指数、肠系膜脂肪指数以及肠道指数均偏高,且肝脏中脂肪蓄积严重。上述6项生物学指标中,由于肥满度、体质量/体长以及肠道指数均与肝脏脂肪含量之间无显著相关,因此肥满度、体质量/体长以及肠道指数在评定养殖鲫鱼肝脏脂肪蓄积程度方面意义不大。但是,体质量/体长在评价鲫鱼肝脏脂肪是否过量蓄积方面仍有一定价值。脏体指数、肝体指数、肠系膜脂肪指数与肝脏脂肪含量之间均存在显著正相关,即脏体指数、肝体指数、肠系膜脂肪指数越大,鲫鱼肝脏中脂肪蓄积量相对越多。生产中,若要根据鲫的脏体指数、肝体指数以及肠系膜脂肪指数准确评价鱼体肝脏中脂肪的蓄积量,则还需对不同年龄、不同体质量规格,甚至不同季节鲫的生物学指标与肝脏脂肪含量间的关系进行系统和深入的研究。

参考文献:

- [1] Mosconi B N. Hepatic disturbances induced by an artificial feed in the sea bass (*Dicentrarchus labrax*) during the first year of life [J]. *Aquaculture*, 1987, 67 (1 - 2): 93 - 99.
- [2] Lin D, Mao Y Q, Cai F S. Nutritional lipid liver disease of grass carp *Ctenopharyngodon idullus* (C. et V.) [J]. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 1990, 8 (4): 363 - 373.
- [3] Lima C, Yildirim A M, Li M H, et al. Influence of dietary levels of lipid and vitamin E on growth and resistance of Nile tilapia to *Streptococcus iniae* challenge [J]. *Aquaculture*, 2009, 298 (1 - 2): 76 - 82.
- [4] Wang J T, Liu Y J, Tian L X, et al. Effect of dietary lipid level on growth performance, lipid deposition, hepatic lipogenesis in juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) [J]. *Aquaculture*, 2005, 249 (1 - 4): 439 - 447.
- [5] Nanton D A, Lall S P, McNiven M A. Effects of dietary lipid level on liver and muscle lipid deposition in juvenile haddock, *Melanogrammus aeglefinus* L. [J]. *Aquaculture Research*, 2011, 32 (s1): 225 - 234.
- [6] Liu Y J, Liu D H, Tian L X, et al. Effect of dietary protein and lipid levels on growth and body composition of juvenile *Sciaenops ocellatus* [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2002, 26 (3): 242 - 246. [刘永坚, 刘栋辉, 田丽霞, 等. 饲料蛋白质和能量水平对红姑鱼生长和鱼体组成的影响. *水产学报*, 2002, 26 (3): 244 - 246.]
- [7] Cheng Z Y, Chen C X, Sun X L, et al. Effect of dietary protein to energy ratios on growth and body composition of juvenile gold carp, *Carassius auratus* [J]. *Feed Industry*, 2013, 34 (18): 16 - 20. [程镇燕, 陈成勋, 孙学亮, 等. 饲料中不同蛋白能对黄金鲫幼鱼生长和体组成的影响. *饲料工业*, 2013, 34 (18): 16 - 20.]
- [8] Li X. Effect of dietary energy to protein ratios on growth, nitrogen budget and energy budget of juvenile tinfoil barb *Barkodes schwanenfeldi* [D]. Guangzhou: Jinan university, 2010. [李想. 饲料能量蛋白比对红鳍银鲫 (*Barbodes schwanenfeldi*) 幼鱼生长、氮收支和能量收支的影响. 广州: 暨南大学, 2010.]
- [9] Miao L H, Liu B, Ge X P, et al. Effect of high carbohydrate levels in the dietary on growth performance, immunity and transmission electron microscopy (TEM) on hepatic cell of allogynogenetic crucian carp (*Carassius auratus gibelio*) [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2011, 35 (2): 221 - 230. [缪凌鸿, 刘波, 戈贤平, 等. 高碳水化合物水平日粮对异育银鲫生长、生理、免疫和肝脏超微结构的影响. *水产学报*, 2011, 35 (2): 221 - 230.]
- [10] Wu F, Wen H, Jiang M, et al. Effects of different dietary carbohydrate levels on growth performance and blood biochemical parameters of juvenile GIFT tilapia (*Oreochromis niloticus*) [J]. *Journal of Northwest A&F University: Nature Science Edition*, 2012, 40 (12): 8 - 14. [吴凡, 文华, 蒋明, 等. 饲料碳水化合物水平对吉富罗非鱼幼鱼生长性能和血液主要生化指标的影响. *西北农林大学学报: 自然*

- 科学版,2012,40(12):8-14.]
- [11] Majid N H, Hossein K, Mohammad A, *et al.* Effects of dietary fish oil substitution with mixed vegetable oils on growth and fillet fatty acid composition of juvenile Caspian great sturgeon (*Huso huso*) [J]. *Aquaculture International*,2013,21(1):143-155.
- [12] Yun B, Xue M, Wang J, *et al.* Effects of lipid sources and lipid peroxidation on feed intake, growth and tissue fatty acid compositions of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) [J]. *Aquaculture International*,2013,21(1):97-110.
- [13] Du Z Y, Clouet P, Huang L M, *et al.* Utilization of different dietary lipid sources at high level in herbivorous grass carp (*Ctenopharyngodon idella*): mechanism related to hepatic fatty acid oxidation [J]. *Aquaculture Nutrition*,2008,14(1):72-92.
- [14] Feng J, Qin Z B. Effects of four dietary lipids on the performance of growth and body composition in Pacific salmon, *Oncorhynchus* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*,2006,30(3):256-261. [冯健,覃志彪.4种不同脂肪源对太平洋鲑生长和体组成的影响.水生生物学报,2006,30(3):256-261.]
- [15] Tan Q S, Liu Q, Chen X X, *et al.* Growth performance, biochemical indices and hepatopancreatic function of grass carp, *Ctenopharyngodon idellus*, would be impaired by dietary rapeseed meal [J]. *Aquaculture*,2013(414-415):119-126.
- [16] Jin S Y, Ye Y T, Cai C F, *et al.* Effects of feeding four kinds of rapeseed meal on growth performance of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) [J]. *Acta Zoonutrimenta Sinica*,2011,23(2):349-356. [金素雅,叶元土,蔡春芳,等.4种菜籽饼粕对草鱼生长性能的影响.动物营养学报,2011,23(2):349-356.]
- [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(3):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.水产学报,2002,26(3):247-251.]
- [18] Miao S Y, Miao H J, Nie Q, *et al.* Effects of different dietary carbohydrates on growth performance and metabolism response of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*) [J]. *Journal of Fisheries of China*,2013,37(6):910-919. [苗淑彦,苗惠君,聂琴,等.饲料中不同种类的碳水化合物对大菱鲂生长性能和代谢反应的影响.水产学报,2013,37(6):910-919.]
- [19] Tian J, Leng X J, Li X Q, *et al.* Effect of dietary carnitine on growth performance, body composition and lipid metabolism enzymes of grass carp, *Ctenopharyngodon idella* [J]. *Journal of Fisheries of China*,2009,33(2):295-302. [田娟,冷向军,李小勤,等.肉碱对草鱼生长性能、体成分和脂肪代谢酶活性的影响.水产学报,2009,33(2):295-302.]
- [20] Li H X, Liu W B, Li X F *et al.* Effects of dietary choline-chloride, betaine and lysophospholipids on the growth performance, fat metabolism and blood indices of crucian carp (*Carassais auratus gibelio*) [J]. *Journal of Fisheries of China*,2010,34(2):292-299. [李红霞,刘文斌,李向飞,等.饲料中添加氯化胆碱、甜菜碱和溶血卵磷脂对异育银鲫生长、脂肪代谢和血液指标的影响.水产学报,2010,34(2):292-299.]
- [21] Lu Q E, Li Z Q, Li X X. Effects of betaine hydrochloride on lipid metabolism of *Colossoma brachypomum* [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*,2003,34(3):306-312. [陆清儿,李忠全,李行先.盐酸甜菜碱对短盖巨脂鲤脂肪代谢的影响.海洋与湖沼,2003,34(3):306-312.]
- [22] Ge X P, Miao L H. Current state and development suggestion on national conventional freshwater fishery industry [J]. *Chinese Fishery Quality and Standards*,2011,1(3):22-31. [戈贤平,缪凌鸿.我国大宗淡水鱼产业发展现状与体系研究进展.中国渔业质量与标准,2011,1(3):22-31.]
- [23] Zhao Y F, Hu H Y, Jiang G Z, *et al.* Current status and development trend on national conventional freshwater fishery industry [J]. *Chinese Fisheries Economics*,2012,30(5):91-99. [赵永锋,胡海彦,蒋高中,等.我国大宗淡水鱼的发展现状及趋势研究.中国渔业经济,2012,30(5):91-99.]
- [24] Du Z Y, Liu Y J, Tian L X, *et al.* Effect of dietary lipid level on growth, feed utilization and body composition by juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) [J]. *Aquaculture Nutrition*,2005,11(2):139-146.
- [25] Du Z Y, Clouet P, Zheng W H, *et al.* Biochemical hepatic alterations and body lipid composition in the herbivorous grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fed high-fat diets [J]. *British Journal of Nutrition*,2006,

- 95(5):905-915.
- [26] Gao W, Liu Y J, Tian L X, *et al.* Effect of dietary carbohydrate-to-lipid ratios on growth performance, body composition, nutrient utilization and hepatic enzymes activities of herbivorous grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) [J]. *Aquaculture Nutrition*, 2010, 16(3):327-333.
- [27] Zhu R J, Li X Q, Xie J, *et al.* Effects of dietary supplemental choline chloride on growth performance and lipid deposition and activities of lipid metabolism enzymes of grass carp, *Ctenopharyngodon idella* [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2010, 17(3):527-535 [朱瑞俊, 李小勤, 谢骏, 等. 饲料中添加氯化胆碱对草鱼成鱼生长、脂肪沉积和脂肪代谢酶活性的影响. *中国水产科学*, 2010, 17(3):527-535.]
- [28] Tian J, Wen H, Zeng L B, *et al.* Judgment on the degree of fatty liver in different color livers for edible grass carp, *Ctenopharyngodon idella* [J]. *Journal of Zhejiang University: Agriculture and Life Science Edition*, 2011, 37(5):557-564. [田娟, 文华, 曾令兵, 等. 草鱼食用鱼不同颜色肝脏脂肪肝程度的判断. *浙江大学学报: 农业与生命科学版*, 2011, 37(5):557-564.]
- [29] McCullough A J. The clinical features, diagnosis and natural history of nonalcoholic fatty liver disease [J]. *Clinic of Liver Disease*, 2004, 8(3):521-533.
- [30] Pietsch C, Schulz C, Rovira P, *et al.* Organ damage and hepatic lipid accumulation in carp (*Cyprinus carpio* L.) after feed-borne exposure to the mycotoxin, deoxynivalenol (DON) [J]. *Toxins (Basel)*, 2014, 6(2):756-778.
- [31] Furhan I, Irfan Z Q, Muhammad A. ALI Histopathological changes in the liver of a farmed cyprinid fish, *Cyprinus carpio*, following exposure to nitrate [J]. *Pakistan Journal of Zoology*, 2005, 37(4):297-300.
- [32] Feng J, Jian G. Studies on the fatty liver diseases resulted from different lipid levels in *Sciaenops ocellatus* diets [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2005, 29(1):61-64. [冯健, 贾刚. 饵料中不同脂肪水平诱导红姑鱼脂肪肝病的研究. *水生生物学报*, 2005, 29(1):61-64.]
- [33] Chatzifotis S, Panagiotidou M, Papaioannou N, *et al.* Effect of dietary lipid levels on growth, feed utilization, body composition and serum metabolites of meagre (*Argyrosomus regius*) juveniles [J]. *Aquaculture*, 2010, 307(1-2):65-70.
- [34] Yang H J, Liu Y J, Tian L X, *et al.* Effects of supplemental lysine and methionine on growth performance and body composition for grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) [J]. *American Journal of Agricultural & Biological Science*, 2010, 5(2):222-227.
- [35] Folch J, Lees M, Sloane S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues [J]. *Journal of Biological and Chemistry*, 1957, 226(1):497-509.
- [36] Wang S M, Cheng S L, Cui Y B. On the procedures of chloroform-methanol extraction for the determination of lipid content of fish samples [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1993, 17(2):193-196. [王少梅, 陈少莲, 崔奕波. 用氯仿-甲醇抽提法测定鱼体脂肪含量的研究. *水生生物学报*, 1993, 17(2):193-196.]
- [37] GB/T 14772-2008. Determination of crude fat in foods [S]. Beijing: Standards Press of China, 2008. [GB/T 14772-2008. 食品中粗脂肪的测定. 北京: 中国标准出版社, 2008.]
- [38] Yuan G M, Hu L P, Li Y, *et al.* Paraffin serial sections of adult Zebrafish made by method of hematoxylin and eosin staining [J]. *Anatomical Research*, 2006, 28(1):73-75. [袁广明, 胡黎平, 李燕, 等. 成年斑马鱼石蜡连续切片的制作和苏木精-伊红染色. *解剖学研究*, 2006, 28(1):73-75.]
- [39] Lu M M, Li H Y, Zhu J Q, *et al.* Morphology of the digestive tract and liver of *Plecoglossus altivelis* [J]. *Journal of Biology*, 2012, 29(5):25-28. [卢明明, 李海燕, 竺俊全, 等. 香鱼消化道及肝脏的形态结构特征. *生物学杂志*, 2012, 29(5):25-28.]
- [40] Sheng Z, Xie S Q, Pan C Y. Probability and Statistics [M]. 4th ed. Beijing: Higher education press, 2008: 51-62. [盛骤, 谢式千, 潘承毅. 概率论与数理统计(第四版). 北京: 高等教育出版社, 2008: 51-62.]
- [41] Wang A M, Lv F, Yang W P, *et al.* Effects of dietary lipid levels on growth performance, body fat deposition, muscle composition and activities of digestive enzymes of Gibel carp (*Carassius auratus gibelio*) [J]. *Acta Zoonutrimenta Sinica*, 2010, 22(3):625-633. [王爱民, 吕富, 杨文平, 等. 饲料脂肪水平对异育银鲫生长性能、体脂沉积、肌肉成分及消化酶活性的影响. *动物营养学报*, 2010, 22(3):625-633.]
- [42] Liu J, Cheng A J, Hu X Q, *et al.* Effect of

- polysaccharide on body composition, organ indexes and white blood cell count of *C. auratus* [J], *Feed Industry*, 2009, 30 (24): 34 - 37. [刘军, 陈爱敬, 胡先勤, 等. 多糖复合物对鲫鱼躯体生化组成、脏器指数及白细胞数目的影响. 饲料工业, 2009, 30 (24): 34 - 37.]
- [43] He J X, Cui K, Xu X Y, *et al.* Effects of feeding frequency on utilization of high carbohydrate or lipid diets for *Carassius auratus gibelio* [J]. *Acta Zoonutrimenta Sinica*, 2014, 26 (6): 1698 - 1705. [何吉祥, 崔凯, 徐晓英, 等. 投喂频率对异育银鲫高糖、高脂饲料利用的影响. 动物营养学报, 2014, 26(6): 1698 - 1705.]
- [44] Chen J L, Han D, Zhu X M, *et al.* Dietary lipid sources for Gibel carp *Carassius auratus gibelio* growth performance, tissue composition and muscle fatty acid profiles [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2011, 35 (6): 988 - 997. [陈家林, 韩冬, 朱晓鸣, 等. 不同脂肪源对异育银鲫的生长、体组成和肌肉脂肪酸的影响. 水生生物学报, 2011, 35 (6): 988 - 997.]
- [45] Zhang Y Y, Liu B, Ge X P, *et al.* Effect of dietary oil sources on growth performance, body composition, the serum biochemical indices, fatty acids composition and lipid metabolism of *Carassius auratus gibelio* [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2012, 36(7): 1111 - 1118. [张媛媛, 刘波, 戈贤平, 等. 不同脂肪源对异育银鲫生长性能、机体成分、血清生化指标、体组织脂肪酸组成及脂质代谢的影响. 水产学报, 2012, 36(7): 1111 - 1118.]
- [46] Geri G, Poli B M, Gualtieri M, *et al.* Body traits and chemical composition of muscle in the common carp (*Cyprinus carpio* L.) as influenced by age and rearing environment [J]. *Aquaculture*, 1995, 129 (1 - 4): 329 - 333.

Functions of body indices in evaluating the degree of lipid accumulation in livers of cultured *Carassius auratus*

HUANG Chunhong^{1,2}, ZENG Bin², LU Dongdong², LUO Chang², XIAO Tiaoyi^{1*}

(1. College of Animal Science and Technology, Hunan Agriculture University, Changsha 410128, China;

2. Key Laboratory of Zoology in Hunan Higher Education, College of Life Science, Hunan University of Arts and Science, Changde 415000, China)

Abstract: To understand the lipid state accumulated in livers of cultured *Carassius auratus* and clarify the functions of body indices in evaluating the lipid accumulation of liver, body indices including condition factor (CF), ratio of body weight to body length (W/L), viscerosomatic index (VSI), hepatosomatic index (HSI), mesenteric fat index (MFI) and intestinal index (II) of thirty wild *C. auratus* and sixty cultured *C. auratus* were calculated and liver lipid content was determined by Soxhlet method. The morphology of hepatic cell was observed by method of hematoxylin and eosin stain. Relationships between body indices and liver lipid content were studied by software SPSS 19.0. Results showed that all the CF, W/L, VSI, HSI, MFI and II of cultured *C. auratus* were higher than those of wild *C. auratus*. The average liver lipid contents of wild and cultured *C. auratus* were $1.88\% \pm 0.69\%$ and $19.49\% \pm 4.31\%$, respectively. Hepatic histology showed that hepatic cells, arranged along the hepatic cell cords, of wild *C. auratus* were uniform in size and most nuclei were located in the central, which indicated the normal morphology of hepatic cells. However, hepatic cells of cultured *C. auratus* were irregular in size and morphology, characterized by obvious nuclei migration, atrophy, unclear outline and more fat vacuoles. No significant relationship between CF and liver lipid content of cultured *C. auratus* was found ($P > 0.05$). However, VSI (X_1), HSI (X_2) and MFI (X_3) all were significantly and positively related to the liver lipid content (Y) ($P < 0.05$), and the regression equation was as follows: $Y = 8.085 + 0.282 X_1 + 3.726 X_2 + 0.505 X_3$ ($R = 0.562$, $F = 3.995$, $P = 0.018$). It is concluded from the above that the liver lipid accumulation is very serious. The higher the VSI, HSI and MFI of cultured *C. auratus*, the more severe of lipid accumulation in the liver.

Key words: *Carassius auratus*; liver lipid; evaluation; body indices

Corresponding author: XIAO Tiaoyi. E-mail: tyxiao1128@163.com