

周期性饥饿下花鲈的形态变化与饥饿状态的相对判别分析

朱艺峰^{1,2}, 林霞², 吴望星³, 徐同成², 麦康森¹

(1. 中国海洋大学水产学院, 山东青岛 266003; 2. 宁波大学生命科学与生物工程学院, 浙江宁波 315211; 3. 奉化市海洋与渔业局, 浙江宁波 315500)

摘要:采用一直投喂(S0R0)和周期性饥饿2 d再投喂2 d(S2R2)、饥饿7 d再投喂2 d(S7R2)、饥饿7 d再投喂7 d(S7R7)4种投喂方式,研究周期性饥饿对花鲈(*Lateolabrax japonicus*)形态参数的影响,并对形态参数进行典型判别分析。实验周期为8周,所用饲料为浮性饲料。结果表明,4种处理对花鲈的形态参数影响有显著差异($P < 0.0001$)。除 Fulton 值(K)外,3种周期性饥饿模式下的各形态参数以S2R2组最好,S7R7组次之,S7R2组最差,但3种处理下的形态参数均未超过S0R0组。在不同参数中,鱼体宽与内脏团重量呈相关($r = 0.9224$), K 值在周期性饥饿中变化最敏感,而体长受饥饿影响最小。典型判别分析显示,6个形态参数产生的2个典型变量主要代表体重和内脏团重,并依此分析了4种投喂模式下花鲈的相对饥饿状态,认为在相似体重下,内脏团越重,花鲈受饥饿程度越低。[中国水产科学,2006,13(1):45-51]

关键词:周期性饥饿;花鲈;形态;饥饿状态;判别分析

中图分类号:S965.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-8737-(2006)01-0045-07

饥饿是鱼类适应环境食物变化的一种常见现象,由此开展的鱼类抗饥饿方面研究已有大量的报道^[1-5]。由于判别鱼类所处的饥饿状态对调整养殖中的投喂策略,或客观评价渔业资源至关重要^[6],因此,利用鱼类形态、生理生化等指标,对鱼类饥饿状态进行评价或判别也得到不同程度的关注^[7-9]。

研究显示,饲料质量及投喂数量可影响鱼类的形态参数变化,如饥饿或限食后鱼类形态参数变小,投喂后增大^[10-15]。显然,形态参数的变化可反映鱼类的饥饿状态或营养状态,若能根据鱼类形态参数变化来判别鱼类的饥饿状态无疑是一个简单的方法。早期研究发现,采用单一的形态特征可判别鱼类的饥饿状态^[7],但最近发现这种方法在其他鱼类中并不可行^[6]。实际上,在鱼类的形态参数中,广泛关注的是体重^[1-2,4,10-12,14-17],而内脏团重量一般不作为形态参数进行研究^[18],其重量和(或)营养成分变化往往用于探讨鱼类的病理变化^[5,16]和鱼类受到饥饿后的营养素消耗机制的研究^[2,4]。由于内脏团也显著受投喂质量和数量的影响,而且,内脏

团增重也相应地减少了鱼体空壳重^[4-5,16],这意味着即使鱼类体重相同,其营养状态也可能不同。已有研究报道,利用内脏团的变化,并与形态参数相结合可较好地对鱼类饥饿状态做出相对的判别^[13]。

花鲈(*Lateolabrax japonicus*)是中国海水网箱养殖鱼类的一个主要种类^[19],有关花鲈的饲料、摄食、生长等方面的研究已有较多报道^[1,16-17]。近年来,由于花鲈销售价格和生产成本的原因,短期的周期性饥饿投喂方式不时地在生产中采用。尽管周期性饥饿是研究鱼类补偿生长能力的一种方式,但不同鱼类的补偿生长能力是不同的^[9,20];其次,为探明鱼类的补偿生长能力,通常在研究中的饥饿时间设置也较长(≥ 7 d)。相比之下,鱼类的周期性饥饿,尤其是对短期的周期性饥饿研究非常缺乏^[10],而有关花鲈的周期性饥饿研究也未见报道。为此,研究了周期性饥饿对花鲈的形态参数影响,并对形态参数进行了典型判别分析,旨在探明周期性饥饿与花鲈形态参数变化之间的关系,为周期性饥饿的花鲈养殖积累基础资料。

收稿日期:2004-11-24; 修订日期:2005-05-26。

基金项目:宁波市青年基金资助项目(2003A62015);农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室基金资助项目(实开2004-09);浙江省教育厅资助项目(20040900)。

作者简介:朱艺峰(1964-),男,副教授,在职博士,从事水生生物营养生理与生态学。Tel: 0574-87600121; E-mail: yifan@163.com

1 材料与方法

1.1 实验花鲈与暂养驯化

花鲈体重 6.4~29.6 g, 体长 8.7~12.6 cm, 1300 尾, 购于海水网箱养殖户, 购买后养于阴凉的室内水泥池, 池规格为 9.5 m × 1.4 m × 0.7 m。暂养时不间断充气, 每日定时(08:00 和 16:00)换沙滤海水 2 次, 每次 75%。换水后投喂天帮牌 5# 浮性饲料[(5.6 ± 0.6) mm, $n=30$ 。含水分 9.9%, 粗蛋白 46.0%, 粗脂肪 11.2%, 粗灰分 9.1%, $n=3$], 定点投喂驯化, 2 d 后花鲈恢复少量摄食, 第 5 天开始摄食快捷。当水面飘浮 1~3 粒饲料并在 15 min 内未被摄食时, 认为花鲈已饱食。驯养共进行 14 d。

1.2 实验分组与饲养

实验设 4 个处理组, 分别为一直投喂组(S0R0)、周期性饥饿 2 d 再投喂 2 d 组(S2R2)、饥饿 7 d 再投喂 2 d 组(S7R2)和饥饿 7 d 再投喂 7 d 组(S7R7)。每处理设置 3 个重复。周期性饥饿组均为先饥饿后投喂。

分组实验于 2003 年 7 月 31 日开始, 9 月 25 日结束, 整个实验进行 8 周。实验容器为 12 只白色 150 L 圆桶(φ 51 cm), 置于与暂养池相同大小的水泥池, 各桶在池中摆放位置按 Microsoft Excel Rand 函数生成的随机数确定。视觉观察并逐一选择运动迅速、体表无损的驯养花鲈, 并按预先生成的随机数大小逐尾随机分配到各桶中, 每桶放养 24 尾, 各处理花鲈起始体重分别为 S0R0: (14.5 ± 3.8) g, S2R2: (14.6 ± 4.3) g, S7R2: (15.2 ± 5.2) g, S7R7: (14.6 ± 4.2) g。充气与换水量按暂养时方法, 饲料按粒投喂并予以饱足, 每日操作顺序一致。实验期间水温变动范围为 26.2~29.5 °C, pH 7.9~8.2, 盐度 21.6~25.5, 日光灯光源, 光照强度 3.2 μmol/(m²·s), 光暗周期 14 h:10 h。

1.3 参数测量

每周(包括实验开始日)每桶随机取 2 尾(共 24 尾)测定形态参数, 测体重 W 时, 饥饿组直接称重, 投喂组饥饿 24 h 后尽量排出体内粪便。称量时用拧干湿毛巾吸干鱼体表水分, 并包裹称重(天平感量 0.1 g)。鱼再经击打头部致死, 测量体长 L 、体高 H 、体宽 T (游标卡尺, 精度 0.1 cm), 并计算肥满度 Fulton 值($K = W/L^3 \times 100$)。鱼体解剖(解剖时的体液损失按各器官重量百分比还原^[4])得空壳重和内脏重(V)。经预分析, 内脏重与鱼体宽显著相关,

故把 V 作为形态参数进行描述。

1.4 统计分析

统计分析经 SAS(Ver.8.01)处理^[21]。对不同采样时间所形成的每个形态参数序列数据, 分别进行 GLM 重复测量方差分析, 数据经球形检验(Sphericity test, $P=0.0001\sim0.0006$), 以 $G-G$ (Greenhouse-Geisser) 概率作为校正概率^[13]。在分析不同处理间鱼体形态参数发生改变的时间时, 分别以各处理初始形态作为对照。形态参数间的相关性分析经 Pearson 测试。不同形态参数变化对花鲈周期性饥饿状态的判别经 CDA 分析(典型判别分析, Canonical discriminant analysis)。前 3 个典型变量分别记为 CAN1、CAN2 和 CAN3。统计显著性水平 $\alpha=0.05$, 结果数据为平均值 ± 标准差($\bar{X} \pm SD$)。

2 结果

2.1 周期性饥饿下花鲈的形态参数变化

随机化分组并取样后, 4 个处理鱼体初始体重无显著差异(Kruskal-Wallis 检验, $\chi^2=0.5544$, $df=3$, $P=0.9068$), 各处理取样鱼体的 6 个初始形态参数(W , L , K , H , T , V)也均无显著差异(Kruskal-Wallis 检验, $\chi^2=0.9060\sim7.0800$, $df=3$, $P=0.0694\sim0.8240$)。

重复测量方差分析结果显示, 不同处理($df=3$, $F=34.6\sim83.4$, $P<0.0001$)、时间($df=8$, $F=16.3\sim105.1$, $G-G<0.0001$)及其交互作用($df=24$, $F=3.5\sim17.8$, $G-G=0.0001\sim0.0018$)对花鲈的形态参数均有显著影响(图 1)。实验开始时, 由于花鲈个体称重操作, 除引起第 1 周摄食量明显偏低(前 2 天基本不摄食), 从而影响第 1 周的测定值。从总的变化趋势看, S0R0 处理下的不同形态参数随花鲈生长呈增大态势, 在 S7R7 处理下的形态参数变化(除体长外)最具周期性波动规律; 而在 S7R2 和 S2R2 处理下, 各形态参数均存在明显的不规则波动。但结合各测定周期内的饥饿和再投喂的时间分析, 各处理下形态参数的波动规律及幅度与饥饿和再投喂的时间长短相吻合, 说明饥饿和再投喂的天数对形态参数的变化起主导作用。

8 周实验结果显示, 与 S0R0 处理组相比, S2R2 组最后的形态参数最大, 其次是 S7R7 组, 最小为 S7R2 组。但 3 种周期性饥饿模式的形态参数除 K 值外都不同程度地低于 S0R0 组, 说明花鲈在周期性饥饿模式下的各参数生长始终不能赶上一直投喂

组。其中, S7R2 处理结果与实验开始参数的水平相当,即在 S7R2 投喂模式下的花鲈基本上处于维持状态。对 S2R2 组和 S7R7 组,尽管参数变化过程不同,但最后结果较相近。据文献报道,影响鱼类补偿生长机制的最主要因素是由不同饥饿时间处理后所引起的摄食水平增加或饲料效率提高引起^[9,30],而在短期饥饿下,则主要通过摄食水平增加实现补偿生长^[12]。同 S0R0 组(49.8 g/ind, 干物质摄食量)和 S7R2 组(8.3 g/ind)相比,只有 S2R2 和 S7R7 组

的总饥饿时间是相同的(28 d),而且总干物质摄食量(31.1 g/ind, 26.9 g/ind)也更接近,故 S2R2 组与 S7R7 组参数相近。但从 S2R2 和 S7R7 组第4周和第8周的结果比较中还发现,即使这2组分别在这2个时间点的饥饿总时间相同,但由于周期性饥饿模式不同,其总摄食量和最终的养殖效果也不同,即 S2R2 组优于 S7R7 组,这预示了周期性饥饿的时间越短,花鲈的生长越好。

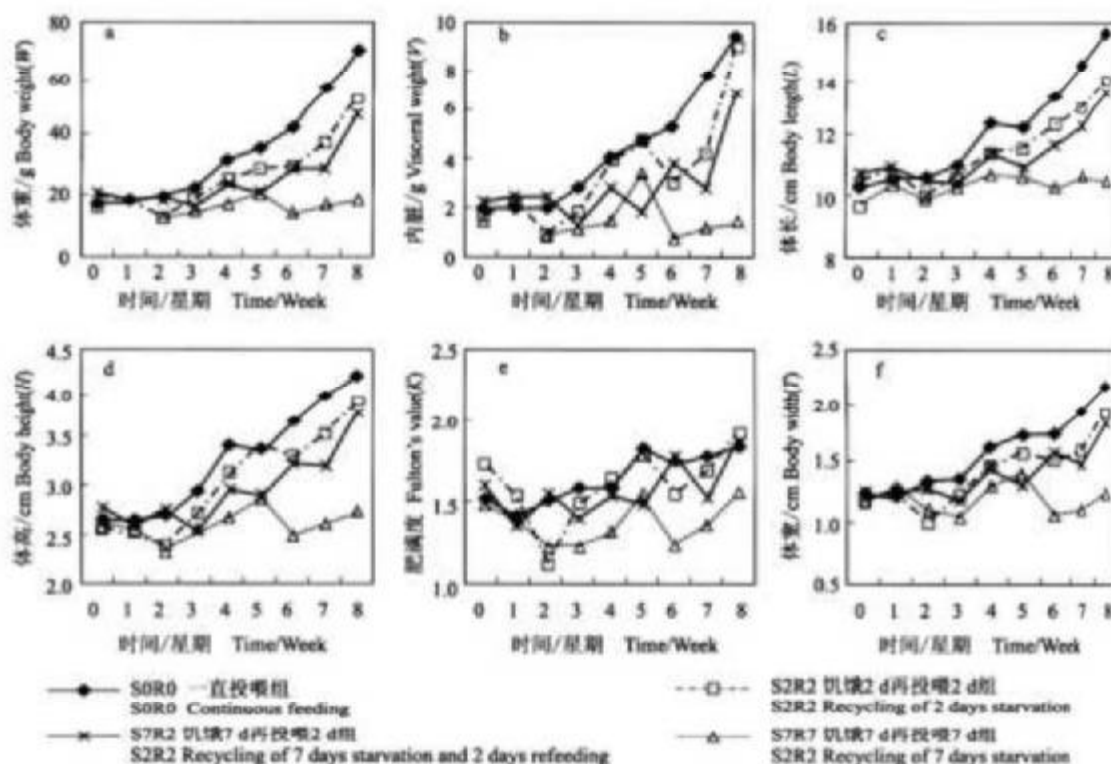


图1 花鲈周期性饥饿的形态参数变化

Fig.1 Changes in morphological parameters during periodical starvation of *L. japonicus*

如图1所示,各形态参数在前3周的变化相对较缓,第4周开始(体重 32.5 g, 体长 12.5 cm)各参数的增长幅度明显加快,这是由于花鲈在不同的生长阶段,其生长速度存在加速现象^[1,17]。方差分析结果显示,不同处理间各形态参数开始发生变化的时间也显著不同($P < 0.05$) (图2)。其中, K 在周期性测定过程中的变动最敏感,从第2周开始就随处理出现显著波动,表现为饥饿时变小,再投喂时变大的趋势(图1-e)。最不敏感的是体长、体高和体

宽,从第6周开始才出现显著差异。尤其是体长,即使受到短期饥饿也表现为增长的态势,而此时 S7R2 组的体长、体高和体宽仍较小,于是,不同处理间的差异开始显著增大(图1-c、图1-d、图1-f)。内脏团重从第3周开始随处理而显著波动(图1-b),相关分析显示,鱼体宽与内脏团重显著相关($r = 0.9224, P < 0.0001$)。不同处理间的鱼体体重出现显著差异是从第5周开始,即使处于快速生长阶段仍受到短期饥饿的影响(图1-a)。

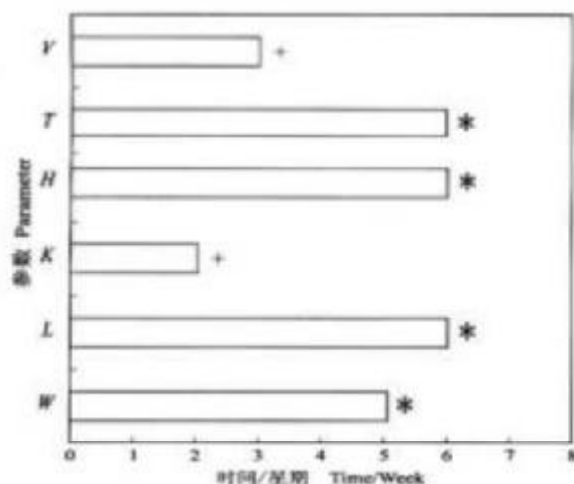


图2 花鲈形态参数开始变化的时间

注: “*” 该周后均存在显著差异 ($P < 0.05$); “+” 该周后随处理出现显著波动;

V—内脏重, T—体宽, H—体高, K—肥满度, L—体长, W—体重。

Fig. 2 Time of change beginning in morphological parameter of *L. japonicus*

Note: “*” Significant difference between different treatments lasted after this week ($P < 0.05$); “+” Fluctuation between different treatments occurred after this week;

V—visceral weight, T—body width, H—body height, K—Fulton K, L—body length, W—body weight.

2.2 形态参数对饥饿状态的典型判别

采用上述6个参数对4种不同投喂方式的判别效果显著(表1),所产生的前3个典型变量可完全解释6个参数的变化(占累积方差100%)。其中,CAN1最主要,其特征值明显高于CAN2和CAN3,可解释总方差的63.8%,CAN2次之,占总方差的29.4%,而CAN3只占总方差的6.8%,且无显著意义。

根据表2,对CAN1贡献最大的是体重,其值明显高于其他各参数的标准化系数,是CAN1总方差的主要成分。对CAN2正值贡献最大的是内脏重,但由于CAN2只解释总方差的29.4%,因此,内脏重比体重解释的灵敏度要差的多。显然,在相同体重下,根据CAN2的正值大小可判断内脏团的重量差异。其他参数的标准化系数较小,说明对CAN1和CAN2的影响相对较小。

CAN1和CAN2建立的4种投喂方式判别结果见图3。据表2结果并结合图1比较分析,各投喂方式中CAN1和CAN2的变动幅度和方向同图1—(a~c)各处理的体重、内脏重变化相一致,说明CDA分析同各处理下形态参数的变化拟合较好。此外,在图3中的各相同时间点(除第1周外),S0R0的CAN1最大,S7R2最小,S2R2和S7R7居中。显然,若以未经饥饿的S0R0组花鲈作为最佳

表1 不同投喂方式的典型判别分析显著性检验

Tab.1 Significant test of CDA for different feeding regimes

典型变量 Canonical variable	特征值 Eigenvalue	典型相关系数 R	累积方差/% Cumulative proportion of variance	λ	d/f1	d/f2	F	P
CAN1	0.4230	0.5452	63.8	0.5626	18	555	6.95	<0.0001
CAN2	0.1952	0.4041	93.2	0.8006	10	394	4.63	<0.0001
CAN3	0.0451	0.2077	100	0.9569	4	198	2.23	0.0670

注: CAN1、CAN2和CAN3分别代表前3个典型变量。

Note: CAN1, CAN2 and CAN3 indicate first, second and third canonical variables in canonical discriminant analysis, respectively.

表2 原始形态参数变量标准化系数

Tab.2 Standardized coefficients for original morphological variables

典型变量 Canonical variable	L	W	K	H	T	V
CAN1	-1.1912	2.7963	0.1204	-0.0321	0.6702	-1.2857
CAN2	2.7320	-4.8208	0.9809	0.3551	-1.5998	3.0397

注: ①L—体长, W—体重, K—肥满度, H—体高, T—体宽, V—内脏重; ②CAN1和CAN2分别代表前2个典型变量。

Note: ①L—body length, W—body weight, K—Fulton K, H—body height, T—body width, V—visceral weight; ②CAN1 and CAN2 indicated first and second canonical variable, respectively.

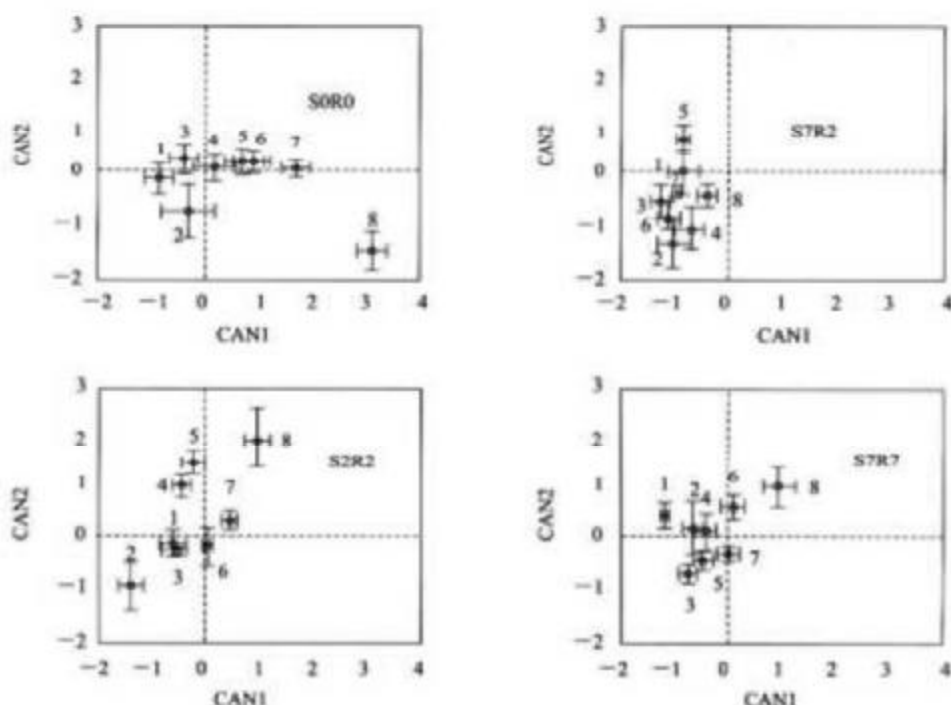


图3 不同投喂方式的典型判别分析结果

注:①CAN1和CAN2分别代表第1、第2典型变量;②水平与垂直误差条分别指示CAN1和CAN2的标准差;③图中1~8指实验周期(周);④S0R0、S2R2、S7R2和S7R7分别表示一直投喂组、饥饿2d再投喂2d组、饥饿7d再投喂2d组和饥饿7d再投喂7d组。

Fig.3 Results of CDA for different feeding regimes

Note: ①CAN1 and CAN2 indicate first and second canonical variable, respectively. ②Horizontal and vertical bars indicated standard deviations of CAN1 and CAN2, respectively. ③Digitals (from 1 to 8) in these charts showing the experimental weeks. ④S0R0, S2R2, S7R2 and S7R7 show continuous feeding, recycling of 2 days starvation and 2 days refeeding, recycling of 7 days starvation and 2 days refeeding, and recycling of 7 days starvation and 7 days refeeding, respectively.

营养状态, S7R2 作为极度的饥饿状态, 则 S7R7 和 S2R2 为中等饥饿状态。因此, 可以根据 CDA 分析, 判别不同周期性饥饿养殖模式下花鲈的相对饥饿状态。从图 3 还可看出, 在实验的第 4 周和第 8 周, S2R2 的 CAN1 均略优于 S7R7, 但 CAN2 的正值也高于 S7R7, 这说明 S2R2 处理花鲈的内脏团重高于 S7R7 组, 即在相近体重下, 内脏团越重, 其受到的饥饿程度越低或受周期性饥饿时间越短。

3 讨论

3.1 周期性饥饿对花鲈的形态参数影响

本研究结果显示, 周期性饥饿下花鲈的形态参数发生显著变化, 其变化幅度和变化的敏感程度随不同处理和生长时间的长短而不同(图 1 和图 2)。体重无疑是反映鱼类饥饿程度或营养状态的最重要

的指标^[1-2, 4, 10-12, 14-17], 这在 CDA 分析的 CAN1 中已得以反映(表 2)。Fulton's K 广泛用于判断鱼类的营养状况, 在测定过程中都表现为饥饿时减小, 再投喂时增大的趋势^[10-15], 但从不同处理的最终结果来看, 即使不同的限食或饥饿处理其差异也可能不显著^[11, 15]。因此, 在养殖过程中, 通过形态参数进行比较时, 若 K 值变小, 明显代表鱼类处于相对的饥饿状态或营养不足, 但若 K 值差异不大, 并不代表鱼类具有相似的营养状态^[14, 16]。体长变化与花鲈脊椎骨的生长发育有关, 体长在周期性饥饿后期不随饥饿变小的主要原因, 很可能是在饥饿或限食条件下, 脊椎骨依靠肌肉和内脏团的营养贮存进行生长, 体高和体宽则易由于饥饿后背、腹部变瘦而变小^[4]。这在其他研究中也有类似的报道^[3, 15]。

3.2 内脏团重量对花鲈肥胖的影响

相关分析结果显示,花鲈体宽与内脏团重量显著相关($r=0.9224$)。但根据图2分析,内脏团重量变化与体宽变化并不同步,且早于体宽变化,说明花鲈在个体较小时,内脏团变化对体宽的影响相对较小,但由于两者相关系数显著,不难分析出内脏团对体宽的影响随鱼体增大而增大。据报道,内脏团重量表现为饥饿时减小,投喂后增大^[2,4,15]。因此,花鲈长至一定大小后(本研究花鲈体重约为42.3 g,体长约为13.4 cm),内脏团的增重就会增加鱼体变宽发胖。据此判断,养殖中的肥胖鱼问题,除鱼类腹部脂肪大量累积外^[22],内脏团增重可能是引起鱼类肥胖的另一个因素。已有研究显示,若与一直投喂组和一直饥饿组相比,自然海区鱼类处于中等饥饿状态^[13]。因此,为了减轻养殖鱼类的肥胖,有2点必须考虑:(1)开展可以增加空壳重的饲料研究,并摸清内脏团增重的机理,以减少内脏团引起的腹部变宽。这在已有的研究中证实,不同饲料下鱼体的空壳率明显不同^[16]。(2)开展饥饿与再投喂的养殖模式研究,通过调节饥饿与再投喂的时间,使鱼处于适当的饥饿状态,以减少花鲈的内脏团重量,至于采用何种饥饿养殖模式,可根据与自然海区花鲈做同步生长及参数比较后确定^[13]。

3.3 内脏团在饥饿状态相对判别中的作用

选择了常见易测的6个参数作为分析参数,并得到了对4种投喂方式的显著判别效果(表1)。数据分析时,作为鱼类最为重要的可食部分^[4]——空壳重未列入分析的原因主要基于2个理由:一是空壳重可通过体重和内脏团重间接算出^[16];二是经CDA预分析显示,内脏团重和空壳重的典型变量系数其中1个必定为0。

鱼类的内脏团变化在饥饿与再投喂过程中是敏感的^[2,4,15]。花鲈在饥饿过程中首先快速动用的就是贮备较多的肠系膜脂肪,而且饥饿一开始就有明显的下降^[5]。在本研究饥饿与再投喂更频繁的情况下,内脏团重量的变化同饥饿与再投喂过程也相当吻合(图1-b),除体重外,内脏团在判别中比其他形态参数具有更高的权重(表2)。在其他鱼类的饥饿与再投喂的研究中,内脏团同样也有显著的判别效果^[13]。但值得注意的是,饥饿状态的判定是相对的,需要参照系,这可根据研究目的不同,用自然海区鱼类或生长最好的组作为参照。基于此思路认为:(1)在不同饲料之间进行比较、不同海区的食物

丰度以及海区食物是否存在周期性变化等评估中,也可通过比较该区域鱼类的内脏团变化进行相对的判别。(2)尽管内脏团在CDA分析中起重要的判别作用(表2),但投喂后内脏团中存有残饵,其准确重量较难把握,大量研究均用饥饿1天后作为残饵的排空时间^[2,10,16],但有的研究认为排空需要3 d^[4]。

事实上,在内脏解剖时也已发现,S2R2组的个别花鲈在饥饿24 h后的肠道中仍存在饲料颗粒,这会高估内脏团的增重,但也恰恰说明该组比S7R2和S7R7饥饿组的食物相对易得,受饥饿的程度也更低。

参考文献:

- [1] 张雅芝,郑金宝,谢柳杰,等.花鲈仔、稚、幼鱼摄食习性与生长的研究[J].海洋学报,1999,21(5):110-119.
- [2] Hung S S O, Liu W, Li H B, et al. Effect of starvation on some morphological and biochemical parameters in white sturgeon, *Acipenser transmontanus* [J]. Aquaculture, 1997, 151:357-363.
- [3] 宋昭彬,何学福.饥饿状态下南方鲇仔鱼的形态和行为变化[J].西南师范大学学报(自然科学版),1998,23(4):462-466.
- [4] Eimori O, Wangen B, Thomassen M S. Starvation prior to slaughter in Atlantic salmon (*Salmo salar*) L. Effects on weight loss, body shape, slaughter and fillet yield, proximate and fatty acid composition [J]. Aquaculture, 1998, 166:85-104.
- [5] 杜震宇,刘永坚,田丽霞,等.饥饿对于鲈肌肉、肝脏和血清主要生化组成的影响[J].动物学报,2003,49(4):458-465.
- [6] 万瑞斌,李显森,庄志猛,等.鲢鱼仔鱼饥饿试验及不可逆点的确定[J].水产学报,2004,28(1):79-83.
- [7] Eberlich K E, Blaxter J H S, Pemberton R. Morphological and histological changes during the growth and starvation of herring and plaice larvae [J]. Mar Biol, 1976, 35:105-118.
- [8] 钱云霞,陈惠群,孙江飞.饥饿对养殖鲈鱼血液生理生化指标的影响[J].中国水产科学,2002,9(2):133-137.
- [9] 谢小军,邓利,张波.饥饿对鱼类生理生态学影响的研究进展[J].水生生物学报,1998,22(2):181-188.
- [10] Ali M, Wootton R J. Capacity for growth compensation in juvenile three-spined sticklebacks experiencing cycles of food deprivation [J]. J Fish Biol, 2001, 58:1531-1544.
- [11] Pirhonen J, Forsman L. Effect of prolonged food restriction on size variation, feed consumption, body composition, growth and smolting of brown trout, *Salmo trutta* [J]. Aquaculture, 1998, 162:203-217.
- [12] 张波,孙耀,唐启升.饥饿对真鲷生长及生化组成的影响[J].水产学报,2000,24(3):206-210.

- [13] Makoy B W, Shewes M J. Otolith increment widths and lipid contents during starvation and recovery feeding in adult *Ambassis tuckelli* (Richardson) [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1998, 221:257-276.
- [14] Pierce A L, Beckman B R, Shover K D, et al. Effects of ration on somatotropic hormones and growth in coho salmon [J]. Comp Biochem Physiol, 2001, 128B:255-264.
- [15] 林学群. 饥饿和再投喂对虹鲟生理参数的影响[J]. 汕头大学学报(自然科学版), 1998, 13(2):51-57.
- [16] 杜震宇, 刘永坚, 邱文晖, 等. 三种脂肪酶和两种降脂因子对鲈生长、体营养成分组成和血清生化指标的影响[J]. 水产学报, 2002, 26(6):542-550.
- [17] 姜志强, 吴立新, 冯相信, 等. 花鲈人工育苗及当年养成技术研究[J]. 大连水产学院学报, 2001, 16(4):257-261.
- [18] 李思发, 李晨虹, 李家乐. 尼罗罗非鱼品系间形态差异分析[J]. 动物学报, 1998, 44(4):450-457.
- [19] Hong W, Zhang Q. Review of captive bred species and fry production of marine fish in China [J]. Aquaculture, 2003, 227:305-318.
- [20] 王 岩, 崔正贤. 鱼类补偿生长研究中的几个问题[J]. 上海水产大学学报, 2003, 12(3):260-264.
- [21] 彭昭美. 世界统计与分析全才 SAS 系统应用开发指南(上、下册)[M]. 北京: 希望电子出版社, 2000. 82-95, 534-586, 710-723.
- [22] Aursand M, Ilevik B, Raimund T R, et al. Lipid distribution and composition of commercially farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) [J]. J Sci Food Agric, 1994, 64:239-248.

Morphological changes of *Lateolabrax japonicus* during periodical starvation and its relatively discriminant analysis for starved status

ZHU Yi-feng^{1, 2}, LIN Xia², WU Wang-xing³, XU Tong-cheng², MAI Kang-sen¹

(1. College of Fisheries, Ocean University of China, Qingdao 266003, China; 2. Faculty of Life Science and Biotechnology, Ningbo University, Ningbo 315211, China; 3. Ocean and Fisheries Bureau of Fenghua, Ningbo 315500, China)

Abstract: Four feeding regimes, which were continuous feeding (SOR0), recycling of 2 days starvation 2 days refeeding (S2R2), recycling of 2 days starvation and 7 days refeeding (S7R7), recycling of 7 days starvation and 2 days refeeding (S7R2), were used to investigate morphological changes of *Lateolabrax japonicus* during periodical starvation and its canonical discriminant analysis for starvation status. The results showed that four feeding regimes had significant effects on morphological changes of *L. japonicus* ($P < 0.0001$). Under three periodically feeding regimes, S2R2 possessed slightly higher morphological parameters than S7R7, while S7R2 was the lowest. No morphological parameters in these periodical feeding treatments, except Fulton's K , was higher than SOR0. Among different morphological parameters, significant correlation ($r = 0.9224$) between body width and visceral weight, the most sensitive changes in Fulton's K , and the least changes in body length were found during cycles of starvation and refeeding. Two canonical variables from canonical discriminant analysis with six original variables indicated that the changes in body weight of *L. japonicus* had a best discriminant effect, then visceral weight. With these discriminant results, the relatively starvation status of *L. japonicus* in all feeding regimes was analysed, and the fish which possessed heavier viscera experienced less starved at similar body weight. [Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 13(1):45-51]

Key words: periodical starvation; *Lateolabrax japonicus*; morphology; starvation status; discriminant analysis