

* 成果与应用 *

鱼类生长变异的生物能量学机制

崔奕波* 解绶启

(水生生物研究所 武汉 430072)

关键词 生物能量学, 鱼类, 生长, 环境因子, 内源因子

鱼类生长的一个特征是变异范围极大。同种鱼类在不同的环境及发育阶段, 不同鱼类在相近的环境, 生长率可产生很大差异。从生物能量学角度来看, 生长可看作食物能与能量收支其它组分之差。能量收支任何一项的变化, 都可能造成生长的变异。本项研究从 80 年代末开始, 通过 10 多年来的努力, 从能量收支角度, 探讨了不同因子影响鱼类生长的机制, 包括摄食率、食物种类、水温等环境因子, 体重、个体差异、外源基因等内源因子, 取得了一批重要成果。在理论上阐明了多种鱼类生长变异的能量学机制, 以及不同鱼类在这些机制上的差异, 澄清了鱼类能量学理论中的一些错误观点, 提出了一些新的观点, 补充了鱼类, 特别是非鲑科鱼类生长能量学的知识; 在应用上亦有重要价值: (1) 在鱼类养殖方面, 研究结果可为养殖条件的优化提供基础; (2) 在渔业管理方面, 研究结果可通过建立生长模型, 预测渔业对象的生长及对饵料生物的捕食压力, 确定鱼产潜力及放养强度; (3) 在水生态系统研究中, 可通过对摄食、排粪、排泄的预测, 估算鱼类对物质循环及能量流的影响。

本项主要研究成果及创新点如下。

1 摄食率的影响

探讨了摄食率对真鱼、草鱼、鲟鱼、尼罗罗非鱼、异育银鲫、稀有鲫、鳊鱼、乌鳢生长及能量收支的影响。按照鱼类能量学的传统观点, 鱼类生长-摄食关系为递减增长曲线, 即在摄食率较低时, 生长率随摄食率上升而迅速增加; 当摄食率较高时, 生长率随摄食率上升的增加速度减缓, 甚至不再增加。我们采用相似的方法, 对不同鱼类的生长-摄食关系做了测定。在真鱼、罗非鱼, 这一关系为递减增长曲线, 而在草鱼、鲟鱼、鳊鱼、乌鳢, 这一关系为线性。这表明, 鱼类生长-摄食关系实际上有两种模式: 递减增长曲线及线性。确定生长-摄食关系为曲线还是线性, 对鱼类养殖有很大意义。当这一关系为曲线时, 在较高的摄食水平生长率增加缓慢, 食物利用效率降低, 因此最佳的饲料投喂水平应低于最大摄食水平。当这一关系为线性时, 生长率及食物

* 水生生物研究所研究员

收稿日期: 1998 年 8 月 9 日

利用效率均在最大摄食水平时最高,因此最佳的投喂水平为最大摄食水平。在摄食-生长关系为递减增长曲线的罗非鱼,随着摄食率上升,食物能损失于粪便中的比例无显著变化,排泄率占食物能的比例下降,代谢率占食物能的比例在中间摄食水平最低,而在较低及较高摄食水平上升。在摄食-生长关系为线性的草鱼,随着摄食水平的上升,食物能损失于粪便中的比例无显著变化,排泄能占食物能的比例下降,代谢占食物能的比例也下降。代谢占食物能的比例随摄食率上升的变化模式不同,是造成不同生长-摄食关系的主要原因。由于在不同摄食水平,代谢占食物能的比例变化较大,我们进一步探讨了代谢的变化主要是 SDA 变化造成,还是活动代谢造成。采用计算机控制摄像分析设备,对罗非鱼、鲫鱼的活动水平进行了长期定量研究,结果表明摄食水平对这两种鱼活动水平无显著影响,代谢随摄食水平的变化主要是由于 SDA 变化造成的。在鱼类能量学研究中,有两个假设常被采用:(1)鱼类总代谢率是标准代谢率的 2 倍(Winberg 假设);(2)鱼体能值(单位体重的能量含量)是恒定的。本研究在多种鱼类均得出代谢率随摄食水平上升而变化、鱼体能值随摄食水平上升而增加的结果,表明这两个假设是不合适的。

2 食物种类的影响

探讨了植物性饵料及动物性饵料对草鱼、天然饵料及配合饲料对金鱼的生长及能量收支的影响。表明同一种鱼类摄取不同食物时,其生长率可能不同,但生长率-吸收率(即摄食率减去排粪率)关系不受食物种类影响。国外一些学者根据初步的实验认为,草鱼是杂食性动物,其食谱中需要较高比例的动物性饵料,才能获得快速生长。本研究的结果表明,摄取植物的草鱼生长率较低,主要是由于其吸收率低的原因。我们提出,一些研究中草鱼在摄取植物性饵料时生长缓慢,主要是未能保证鱼有足够的时间摄食以获取高摄食率。对摄取植物及动物性饵料的草鱼日摄食节律的比较表明,摄取动物性饵料的草鱼一天有 1/4 的时间不摄食或摄食强度很低,而摄取植物性饵料的草鱼几乎是 24 小时连续摄食。这一结果支持了上述假设。随后在关于草鱼生长及能量收支的实验中,草鱼完全以植物性饵料为食时,可获得很高的生长率。

3 水温的影响

处于最大摄食水平时,在一定温度范围内(低于最适生长温度),真鱼、草鱼的生长率随水温上升而增高。食物能分配于能量收支各组分的比例并不受水温影响。这说明生长率随水温上升而增高,主要是由于摄食率增高造成的。比较不同鱼类能量收支的一个难点是不同鱼类的温度适应范围不同,因此需要在不同的温度条件下进行实验。关于正常温度范围内能量分配模式恒定现象的发现,比较不同种类的能量收支提供了基础。

4 体重的影响

处于最大摄食水平时,鱼类的生长率一般随体重增加而下降,这在草鱼、尼罗罗非鱼、鲟鱼中得到了证实。这三种鱼类,食物能分配于能量收支各组分的比例均不受体重影响。在

10—100g的草鱼幼鱼,鱼体能值随体重增加而上升是造成生长率下降的主要原因;在罗非鱼,摄食率的下降是主要原因;而在鲟鱼幼鱼,这两个因素共同造成了生长率的下降。

5 个体差异

即使在相同的饲养条件下,同种鱼类的不同个体生长也可能有很大差异。鲤鱼、鲫鱼、麦穗鱼、黄颡鱼、罗非鱼、圆尾斗鱼等6种鱼类,生长率的变异系数为14.6%—62.2%。对单个鱼的能量收支分析表明,这六种鱼类生长个体差异的能量学机制有三种模式:(1)在圆尾斗鱼,生长的个体差异主要是由摄食率差异造成的;(2)在鲤鱼及罗非鱼,生长的个体差异主要是由摄食代谢占食物能比例上的差异造成;(3)在其他三种鱼类,生长的个体差异主要由以上两个因素共同造成的。对于生长个体差异的能量学机制分析,不仅具有理论上的意义,对根据能量学特征进行定向育种,也有指导意义。由于鱼类育种不仅要选择生长率快的特征,还需要选择食物利用效率高的特征,因此当个体差异的机制为(2)或(3),选育更具有价值。

6 外源基因

转基因技术已成为动物生长性能改良的重要手段。本研究探讨了人生长激素基因转入鲤鱼后,对能量学特征的影响。采用水蚯蚓饲养F₂代转人生长激素基因鲤鱼与对照鱼,表明转基因鱼生长率高于对照鱼,但其摄食率低于对照鱼。转基因鱼生长率高的主要原因是代谢及排泄能占食物能的比例较低,从而生长效率(生长占食物能的比例)较高。转基因鱼的蛋白质贮积率(躯体贮积的蛋白质占摄入蛋白质的比例)也显著高于对照鱼。这一点还反映在转基因鱼的躯体蛋白质含量要显著高于对照鱼。采用三种不同蛋白质水平的人工饲料饲养F₄代转人生长激素基因鲤鱼与对照鱼,表明在每一饲料蛋白水平,转基因鱼的生长率均高于对照鱼,但其机制与饲料蛋白水平有关。在低饲料蛋白水平,转基因鱼生长率高的主要原因是摄食率较高。而在高饲料蛋白水平,转基因鱼生长率高的主要原因是生长效率较高。以上两个实验均表明,转基因鱼在蛋白质利用方面(蛋白质消化率及贮积率)显著高于对照鱼。