

基于不同检测方法的养殖鱼类昼夜摄食节律研究进展

赵建¹, 鲍伟君¹, 叶章颖¹, 朱松明¹, 刘鹰², 李勇³, 沈明卫¹

(1 浙江大学生物系统工程与食品科学学院, 浙江 杭州 310058;

2 大连海洋大学海洋科技与环境学院, 辽宁 大连 116034;

3 中国科学院海洋研究所, 山东 青岛 266071)

摘要:摄食节律是鱼类在长期演化过程中对光照、温度、饵料等周期性变动的环境条件主动适应的结果, 掌握鱼类摄食节律直接关系到对养殖对象投喂时间、投喂方式、投喂频率等投喂策略的决定, 继而影响饲料效率和养殖水体的污染负荷。综述了国内外养殖鱼类昼夜摄食节律检测方法的研究进展, 总结分析了胃肠充塞度法、日摄食率法、自适应投喂法以及观察法这4种摄食节律研究方法的具体实施过程, 比较了各自的优缺点, 指出目前养殖鱼类摄食节律研究方法的局限性, 并对未来养殖鱼类摄食节律的研究和应用进行了展望, 旨在为已有摄食节律检测方法的优化改进以及新检测方法的提出提供参考。

关键词:摄食节律; 养殖鱼类; 投喂策略; 检测方法

中图分类号:S961.6

文献标志码:A

文章编号:1007-9580(2016)02-017-06

近年来, 针对鱼类的福利化养殖愈发受到重视, 其中以基于投喂的营养供给问题尤为关注。研究表明, 饥饿和过分饱食都可能会引起养殖对象的疾病爆发, 而饲料成本又是水产养殖中的主要成本之一(约占50%以上)^[1-3], 直接影响着养殖企业的成本投入。因此, 投喂问题不仅制约着鱼类的福利化养殖, 并且在更大程度上决定着养殖经济效益。合适的投喂时间点和投喂量对于保证鱼类的福利化生长和较高的饲料效率都具有重要意义。目前, 大部分养殖过程中的投喂都是基于鱼类摄食节律, 因此, 针对养殖鱼类的摄食节律研究对当代水产科学养殖至关重要。摄食节律是鱼类为适应自然环境而进化的生理节律。本文将养殖鱼类昼夜摄食节律研究方法大致归纳为4种: 胃肠充塞度法^[4-5]、日摄食率法^[6]、自适应投喂法^[7-10]和观察法, 并综述针对养殖鱼类昼夜摄食节律不同检测方法的研究进展, 为水产养殖中的投喂策略的最佳化和饲料效率的最大化提供理论指导。

1 基于胃肠充塞度法的鱼类摄食节律

胃肠充塞度法是以养殖对象肠胃内的食物充塞程度来衡量其周期性摄食规律的, 一般将肠胃充塞程度分为0~5共6个等级^[11]。

1.1 稳定摄食节律

借助于多等级的肠胃充塞度的划分^[11]以及肠胃饱满指数的测定, 周洁等^[12]认为乌鳢仔鱼摄食具明显昼夜节律性, 其饱满指数21:00最高, 12:00最低, 每天在6:00—15:00之间停食3h左右。相似的明显昼夜节律性在黄颡鱼仔稚鱼的早期发育阶段的摄食研究中也得到了证实^[13]; 黄颡鱼胃平均饱满指数在仔鱼前期、后期和稚鱼期分别于21:00、3:00、6:00达最高峰, 但均于15:00达最低值。因此, 和乌鳢仔鱼相同, 黄颡鱼仔稚鱼亦属于夜间摄食型。竺俊全等^[14]对人工育苗条件下花鲈仔、稚鱼的昼夜摄食节律进行了研究, 得出其仔、稚鱼苗的摄食具有明显的昼夜节律性, 花鲈仔、稚鱼夜间并不摄食, 属于白昼摄食型, 且其

收稿日期: 2015-11-25 修回日期: 2016-03-02

基金项目: “十二五”科技支撑计划(2014BAD08B09); 江苏省重点研发计划(BE2015325); 浙江省科技厅重大科技专项(2015C02G2010100)

作者简介: 赵建(1990—), 男, 博士研究生, 研究方向: 水产智能装备。E-mail: jsjsjzp@163.com

通信作者: 叶章颖(1982—), 男, 副教授, 博士生导师, 研究方向: 精准水产养殖工程与装备。E-mail: yzyzju@zju.edu.cn

40 日龄前,18:00 前后肠(胃)充塞度最高,49~50 日龄及 59~60 日龄,10:00—20:00 时肠(胃)充塞度多数个体 5 级、少数 4 级。李宽意等^[15]通过实验结果得出大口胭脂鱼种具有明显的摄食节律,10:00—18:00 为其摄食高峰期,22:00 摄食活动基本停止,6:00 摄食强度明显回升,每天约有 6 h 的停食时间;相似的摄食高峰还出现在了人工培育的双棘黄姑鱼仔、稚、幼鱼中^[16]。池养刀鲚鱼种也具有明显的昼夜摄食节律,4:00—8:00 是其摄食高峰期,12:00 左右摄食活动基本停止,16:00 起摄食强度又明显回升,属晨昏摄食型^[17]。上述研究中,研究对象的摄食节律在其早期发育阶段是比较稳定的,然而并非所有鱼类都具有这个特性,且该特性受多重因素影响。

1.2 非稳定摄食节律

1.2.1 个体大小对鱼类摄食节律的影响

马爱军等^[18]研究了不同发育阶段半滑舌鳎的摄食节律,发现 6 日龄仔鱼在 24 h 内均有不同程度的摄食,相对来说,9:00、12:00、15:00、18:00 为其摄食率高峰;而 16 日龄稚鱼,9:00、15:00 为其摄食率高峰;26 日龄营底栖生活后稚鱼,摄食率高峰出现在 18:00、24:00。随着仔稚鱼的发育及摄食强度的增强,半滑舌鳎表现出越来越明显的摄食节律。段国庆等^[19]研究黄鳝仔稚鱼的摄食节律,发现 8 日龄仔鱼在 24 h 内均有摄食,无明显节律性;21 日龄稚鱼的全天摄食率均为 100%,没有明显的摄食节律,但在 24 h 内,摄食强度在 16:00—4:00 较高,最高峰出现在 20:00;35 日龄稚鱼呈现明显的摄食节律,属于夜间摄食类型,摄食高峰在 20:00、4:00,摄食率为 100%。

部分仔稚鱼的昼夜摄食节律随着鱼龄增长还会发生较大的转变。陈慧等^[20]研究了鬼鲉早期发育阶段的摄食特性,发现仔鱼和营游泳生活的稚鱼摄食高峰出现在白昼,并以白昼摄食为主;6 日龄仔鱼、17 日龄营游泳生活稚鱼的摄食率高峰出现在 10:00 和 14:00。但随着生活习性的转变,其摄食节律也发生明显变化。稚鱼和幼鱼在营底栖生活方式的阶段,以夜间摄食为主,另一摄食小高峰出现在早晨。进入底栖生活阶段的 29 日龄稚鱼、40 日龄幼鱼的摄食高峰则为 22:00 和 6:00。上述研究表明,个体大小对部分鱼类摄食节律具有一定的影响。

1.2.2 光照条件对鱼类摄食节律的影响

事实上,不同鱼类的摄食节律受光照条件变化的影响也不相同。乔志刚等^[21]的研究结果和分析表明,在自然光照、持续光照和持续黑暗条件下,鲢幼鱼昼夜均有连续摄食特性,且夜间具有明显的摄食高峰,其明显的摄食低谷则出现在白昼。而同样在上述实验光照条件下,5、8 和 12 日龄的叉尾斗鱼仔鱼所表现出的摄食节律特征却不相同^[22-23]:在自然光照下,不同日龄的仔鱼在 12:00—16:00 均表现出明显的摄食高峰,而持续光照组与持续黑暗组未表现出明显的摄食峰谷。除了光照条件变化的影响,季节和月份变化(本质上还是一种光照条件的变化)对鱼类摄食节律也起着决定性作用。孙砚胜等^[24]研究得出宝石鲈在 7 月的肠胃充塞度和饱满指数最大,8 月次之,9 月最小。刘飞等^[25]发现长江上游圆口铜鱼昼夜摄食节律在春季表现为白昼型,而在夏季和秋季为晨昏型。

通过胃肠充塞度法来测定养殖鱼类摄食节律的例子还有很多,但大体上过程是相似的:借助于化学试剂对目标进行固定,继而解剖,随后目测肠胃食物的充塞度(部分需对肠胃饱满指数进行测定),最后完成目标摄食节律的探究。在计算食物团重量时,按各类饵料生物平均个体大小进行折算,将一些微生物如轮虫、卤虫无节幼体和桡足类的湿重按照平均个体大小分别折算成相应的重量,结果较为可靠。综合来看,胃肠充塞度法主要以人工目测判断为主,精确度不高,更适合在不具备相关实验条件的野外进行目标真实摄食节律的研究。

2 基于日摄食率法的鱼类摄食节律

日摄食率是指鱼类每日摄食量占单位体重的百分比,由日摄食率可以推测出一定体重的鱼在 1 d 内的饵料需求量^[26]。

2.1 光照条件对鱼类摄食节律的影响

类似于上文中基于胃肠充塞度法的光照条件变化对鱼类摄食节律影响的研究,日摄食率法在鱼类摄食节律研究(基于光照条件)中的应用也较成熟。刘明华等^[27]利用日摄食率法对东方真鲷日摄食率进行了研究,结果表明幼鱼与 2、3 龄鱼在日摄食率上的差异也存在于其他鱼类,由此

说明鱼类摄食率是随其个体增大而降低的。相同的结论也在鬼鲉早期发育阶段的摄食节律研究中得到了验证(鬼鲉仔、稚、幼鱼各阶段的日摄食率分别为:6日龄仔鱼69.7%,17日龄稚鱼57.7%,29日龄稚鱼42.3%,40日龄幼鱼17.7%)^[20]。

李宽意等^[15]分析得出,6、7、8月池养大口胭脂鱼鱼种的日摄食率分别为34.9、121.5、74.1 g/(kg/d),其中7月份的日摄食率最高,可见在主要养殖季节大口胭脂鱼鱼种的摄食活动较为旺盛。类似的,孙砚胜等^[24]对宝石鲈的日摄食率进行测定并得出9:00—17:00为其摄食高峰期,1:00的摄食活动最弱,而翌日5:00摄食强度明显升高;7—9月该鱼的日摄食率分别为6.07%、3.34%和2.37%。

上述研究表明,光照条件变化对东方真鲷、池养大口胭脂鱼鱼种和宝石鲈的日摄食率影响还是较大的,但其明显的白昼摄食节律并不会因此而改变。

2.2 投喂频率对鱼类摄食节律的影响

实际养殖中投喂频率的变化对不同养殖对象摄食节律的影响亦不相同。杨瑞斌等^[28]对黄颡鱼幼鱼在日过量投喂8次和投喂1次条件下的摄食节律进行了研究,结果表明:前者表现出明显的摄食节律,摄食率高峰值出现在20:00,低峰值在8:00,夜间时段摄食率显著高于白天时段,差异极显著;后者的高峰值出现在23:00,低峰值在11:00,但8个时间段的摄食率差异不显著。前者的日摄食率远高于后者。

郑珂珂等^[29]对大菱鲆幼鱼的昼夜摄食节律的结果表明,在分段式投喂方法下幼鱼表现为18 h出现1次摄食高峰,在1次饱食投喂法下幼鱼的摄食高峰出现在15:00、21:00、00:00和3:00,投喂时间显著影响了大菱鲆幼鱼的日摄食率、特定生长率和饲料效率,结合生产实际,每天15:00—18:00时间段投喂最佳。董桂芳等^[30]探究发现,在两种投喂方式下,斑点叉尾鲷均表现出24 h一周期的摄食节律,两个日摄食率高峰值均出现在6:00和18:00;杂交鲟在1次饱食投喂下表现出24 h一周期的摄食节律,高峰值分别出现在11:00、17:00和5:00,在分段式连续投喂时表现出48 h一周期的摄食节律,高峰值分别出现在11:00、17:00和6:00。上述研究中,受各自胃

肠排空时间和投喂时间的影响,不同养殖对象在不同投喂频率下所表现出的昼夜摄食节律并不相同。

由此可见,对于养殖对象日摄食率的测定也有着不同的计算公式,大部分是建立在日平均饱满指数法基础上的,即在胃肠充塞度法的基础上,通过测定同一天各次饱满指数求得其平均值,以及食物通过消化道所需要的时间来进行日摄食率的测定。因此,通过对目标胃肠充塞度、肠饱满指数以及日摄食率的测定,可以更准确的对鱼类摄食节律进行分析。但该方法需要大量人力资源和时间的投入,研究成本较高。

3 基于自适应投喂法的鱼类摄食节律研究

自适应投喂法是通过养殖对象咬食触控自动装置(Demand-feeding System)来记录其摄食活动的一种方法,由于在研究过程中对实验鱼干扰少而在国外得到广泛的应用^[31-32]。Fast等^[33]较早提出一种用于评估中国鲈鱼的摄食节律的新方法,实验结果显示,中国鲈鱼表现出较明显的昼夜摄食节律,摄食高峰集中在7:00、9:00、17:00和19:00。在相同的实验装置下,相似的摄食节律也在樱鲷中有所体现^[34]。

借助于类似实验装置,Fortes等^[35]对尼罗罗非鱼的摄食节律进行探究,发现其是属于夜间摄食鱼类(摄食活动超过93%),但大部分活动(除摄食活动)却集中在白天(超过66.7%);当刚进入夜间时,尼罗罗非鱼的摄食活动瞬间达到高峰,继而逐步减弱,最后趋于稳定。同样属于夜间摄食型的还有丁鲷和塞内加尔鲷。实验结果表明:丁鲷能够操作弦式传感器来启动自动喂料机,且无论是在室内还是室外条件下,均表现出一种严格的夜间摄食行为^[36];塞内加尔鲷能够操纵3种不同类型的传感器,包括棒状、弦式和光学传感器,且在室内、外条件下,其摄食均能表现出明显的夜间节律性^[37]。事实上,借助于触控自动系统,鱼类摄食节律还被证明受所在鱼群中其他个体的影响^[38]。

鉴于触控自动系统在鱼类自动投喂中的优势,自适应投喂法目前已被用于小规模的水产养殖实践中,且饵料浪费率也被维持在一个较低的

水平^[38-40]。由此可见,自适应投喂法不仅能通过自动化手段对鱼类摄食节律进行探究,即在保证鱼类福利化的基础上,一定程度上避免了实验过程中过多的人工投入,较为省时省力,更为养殖过程中智能投喂的实现提供潜在的可行方案。此外,该方法不需要对实验鱼进行解剖,避免了一定程度上的资源浪费,但需事先对实验鱼进行驯化,当实验鱼密度较大时,该方法的可实施性将会降低。

4 基于观察法的鱼类摄食节律研究

观察法主要通过直接或间接的手段对养殖对象的摄食行为强度进行人工观察。KADRI等^[31-32]测定了不同规格三文鱼之间的摄食节律,结果证明摄食节律跟三文鱼的大小有关,大鱼的摄食节律一天中处于一个相对恒定的水平,中等大小的鱼在清晨以及深夜摄食较为活跃,小鱼则在晨昏时摄食明显。邹桂伟等^[41]观察得出大口鲠仔鱼在晴朗或少云的天气下有明显的昼夜摄食节律,即白天很少摄食,夜晚摄食强度大增,并且有两个摄食高峰期(傍晚和清晨)。而何杰等^[42]通过实验结果分析得知,6个家系的吉富品系尼罗罗非鱼摄食具有明显的节律性,家系之间的摄食周期存在非常显著差异, t 检验发现各家系内摄食周期和排便周期的差异均不显著,结论表明吉富罗非鱼在家系选育过程中产生了摄食节律的分化,但其摄食强度不受昼夜时间变化的影响。

由此可知,该方法不需要对目标进行解剖,避免了一定程度上的资源浪费,且便于观察,但需要大量人力和时间资源的投入。

5 结论

本文总结了多年来国内外研究养殖鱼类昼夜摄食节律检测方法的发展,通过比较可以发现,研究技术越来越成熟,手段也越来越先进。综上所述,针对养殖对象摄食节律的研究有助于养殖者及时调整投喂策略和确定投喂模式。但目前大部分相关研究都是在实验室条件下进行的,实验鱼在自然状况下的条件未被充分考虑到。因此,基于实验条件下得出的实验结论并不能完全让人信服。已有研究表明,鱼类摄食节律受养殖环境、个

体大小以及其他个体行为的影响,单纯依靠养殖对象的理论摄食节律来决策投喂并不完善。因此,在鱼类摄食节律的基础上,利用其自身摄食欲望所表达信息(摄食行为分析、养殖水体流场分析)进行非入侵式的“智能”投喂或将成为趋势。

□

参考文献

- [1] 王华,李勇,陈康,等.水产养殖动物摄食节律与投喂模式的研究进展[J].饲料工业,2008,29(24):17-21.
- [2] 美国科学院国家研究委员会.鱼类与甲壳类营养需要[M].麦康森,李鹏,赵建民,等,主译.北京:科学出版社,2015:288-312.
- [3] CHANG C M, FANG W, AO R C, *et al.* Development of an intelligent feeding controller for indoor intensive culturing of eel [J]. *Aquacultural Engineering*, 2005, 32:343-353.
- [4] CJEM S, HU C, TIAN L, *et al.* Digestion of silver carp (*Hyophthalmichthys molitrix*) and bighead (*Aristichthys nobilis*) for DaPhnia Pulex [J]. *Collect Treatises Ichthyol*, 1985, 4:163-170.
- [5] WANG J, FLICKINGER S A, BE K, *et al.* Daily food consumption and feeding rhythm of silver carp (*Hophthalmichthys molitrix*) during fry to fingerling Period [J]. *Aquaculture*, 1989, 83:73-79.
- [6] 周志刚,解缓启,崔奕波.鱼类投喂系统的研究[J].中国畜牧兽医,2003,30(5):15-17.
- [7] BOUJARD T, JOURDAN M, KENTOURI M. Diel feeding activity and the effect of time—restricted self-feeding on growth and feed conversion in European sea bass [J]. *Aquaculture*, 1996, 139:117-127.
- [8] FAST A W, QIN T, S J P. A new method for assessing fish feeding rhythms using demand feeders and automated data acquisition [J]. *Aquacultural Engineering*, 1997, 16: 213-220.
- [9] AZZAYDI M, MARTINEZ F J, ZAMORA S, *et al.* Effect of meal size modulation on growth Performance and feeding rhythms in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.) [J]. *Aquaculture*, 1999, 170:253-266.
- [10] HEILAMN M J, SPIELER R E. The daily feeding rhythm to demand feeders and the effects of time meal-feeding on the growth of juvenile Florida Pompano, *Trachinotus carolinus* [J]. *Aquaculture*, 1999, 180:53-64.
- [11] 殷名称. 鱼类生态学[M]. 北京:中国农业出版社, 1995: 76-78.
- [12] 周洁,谢从新,熊传喜,等.乌鳢仔鱼摄食节律和日摄食率的初步研究[J].华中农业大学学报,1996,15(1):64-67.
- [13] 王春芳,谢从新,马俊.黄颡鱼早期发育阶段的摄食节律及日摄食量[J].水产学杂志,2001,14(2):66-68.
- [14] 竺俊全,李明云,吴锡柯.花鲈仔稚鱼的生长发育与摄食节

- 律研究[J]. 浙江海洋学院学报:自然科学版, 2002, 21(3):210-215.
- [15] 李宽意,王春忠,刘正文,等. 大口胭脂鱼鱼种的摄食节律和日摄食率[J]. 大连水产学院学报, 2006, 21(3):290-293.
- [16] 张雅芝,胡石柳,李丽,等. 双棘黄姑鱼早期发育阶段的摄食习性与生长特性[J]. 海洋科学, 2006, 14(2):9-15.
- [17] 徐钢春,徐跑,顾若波,等. 池养刀鲚鱼种的摄食与生长[J]. 生态学杂志, 2011, 30(9):2014-2018.
- [18] 马爱军,柳学周,徐永江,等. 半滑舌鳎早期发育阶段的摄食特性及生长研究[J]. 海洋与湖沼, 2005, 3(2):130-138.
- [19] 段国庆,江河,胡王,等. 黄鳊早期发育阶段的摄食规律与生长特性[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(6):176-178.
- [20] 陈慧,谢友伦,林国文,等. 鬼鲈早期发育阶段的摄食节律与饥饿致死时间[J]. 中国水产科学, 2009, 16(3):340-347.
- [21] 乔志刚,张国梁,张英英,等. 不同光照周期下鲢幼鱼的日摄食节律[J]. 水产科学, 2008, 27(10):511-515.
- [22] 刘宇航,陈国柱,林小涛. 不同光照条件下叉尾斗鱼仔鱼摄食节律[J]. 生态学杂志, 2010, 29(6):1161-1166.
- [23] 刘宇航. 叉尾斗鱼仔鱼摄食与生长的初步研究[D]. 广州:暨南大学, 2010:6-11.
- [24] 孙砚胜,张秀倩,史东杰,等. 宝石鲈摄食节律和日摄食率的初步研究[J]. 水产科学, 2012, 31(1):28-31.
- [25] 刘飞,但胜国,王建伟,等. 长江上游圆口铜鱼的食性分析[J]. 水生生物学报, 2012, 36(6):1081-1086.
- [26] 方巍. 黄颡鱼摄食和投喂策略的研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2010:5-6.
- [27] 刘明华,沈俊宝,张铁齐. 东方真鲷摄食节律的研究[J]. 动物学杂志, 1993, 28(5):48-51.
- [28] 杨瑞斌,谢从新,魏开建,等. 不同投喂频率下黄颡鱼幼鱼的摄食节律研究[J]. 华中农业大学学报, 2006, 25(3):274-276.
- [29] 郑珂珂,方伟,孔凡华,等. 大菱鲆幼鱼的摄食节律及适宜投喂时间[J]. 渔业现代化, 2010, 37(5):26-30.
- [30] 董桂芳,杨严鸥,陈路,等. 斑点叉尾和杂交鲟幼鱼昼夜摄食节律和胃肠排空时间的研究[J]. 水生生物学报, 2013, 37(5):876-890.
- [31] KADRI S, METCALFE N B, HUNTINGFORD F A, *et al.* Daily feeding rhythms in Atlantic salmon. 1. Feeding and aggression in Parr under ambient environmental conditions [J]. Journal of Fish Biology, 1997, 50(2):267-272.
- [32] KADRI S, METCALFE N B, HUNTINGFORD F A, *et al.* Daily feeding rhythms in Atlantic salmon. 2. Size-related variation in feeding Patterns of Post-smolts under constant environmental conditions [J]. Journal of Fish Biology, 1997, 50(2):273-279.
- [33] FAST A W, QIN T G, SZYPER J P. A new method for assessing fish feeding rhythms using demand feeders and automated data acquisition [J]. Aquacultural Engineering, 1997, 16:213-220.
- [34] FLOOD M J, NOBLE C, KAGAYA R, *et al.* Examining the daily feeding rhythms of amago *Oncorhynchus masou masou* using self-feeding systems [J]. Aquaculture, 2013, 18:244-247.
- [35] FORTES-SILVA R, MARTUNEZ F J, VILLARROEL M, *et al.* Daily rhythms of locomotor activity, feeding behavior and dietary selection in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) [J]. Comparative Biochemistry and Physiology, 2010, 156(4):445-450.
- [36] HERREROA M J, PASCUALB M, MADRIDA J A, *et al.* Demand-feeding rhythms and feeding-entrainment of locomotor activity rhythms in tench (*Tinca tinca*) [J]. Physiology & Behavior, 2005, 84:595-605.
- [37] NAVARRO D B, RUBIO V C, LUZ R K, *et al.* Daily feeding rhythms of Senegalese sole under laboratory and farming conditions using self-feeding systems [J]. Aquaculture, 2009, 291:130-135.
- [38] MILLOT S, BEGOUT M L. Individual fish rhythm directs group feeding: a case study with sea bass juveniles (*Dicentrarchus labrax*) under self-demand feeding conditions [J]. Aquatic Living Resources, 2009, 22(3):363-370.
- [39] FLOOD M J, NOBLE C, KAGAYA R, *et al.* Growing amago and Rainbow trout in duoculture with self-feeding system: Implications for production and welfare [J]. Aquaculture, 2010, 309(1):137-142.
- [40] RUBIO V C, VIVAS M, SANCHEZ-MUT A. Self-feeding of European seabass (*Dicentrarchus labrax*, L.) under laboratory and farming conditions using a string sensor [J]. Aquaculture, 2004, 233(1):393-403.
- [41] 邹桂伟,潘光碧,胡德高,等. 大口鲶仔鱼摄食行为的初步研究[J]. 水利渔业, 1994, 6:15-17.
- [42] 何杰,徐跑,朱健. 吉富品系尼罗罗非鱼(GIFT)摄食节律初探[J]. 水生态学杂志, 2009, 2(3):61-64.

(下转第38页)

Preliminary study on the bait selectivity of *Argyrosomus argentatus* in Jiangsu coastal longline fishery

XIONG Ying, ZHONG Xiaming, TANG Jianhua, WU Lei, GAO Yingsheng, WU Fuquan,
SHI Jinjin, WAN Yanping, WANG Chuqing

(Jiangsu Marine Fisheries Research Institute, Nantong 226007, China)

Abstract: The exploratory longline operations were conducted in the coastal waters near Lvsì and Rudong of Jiangsu Province from May to July, 2014. The selectivity of the target species *Argyrosomus argentatus* on different single-bait and multi-bait was tested. Single-baits included fish (*Setipinna taty*), shrimp (*Penaeus vannamei*) and squid (*Loligo japonica*). Multi-baits included four combinations from the above three types of bait. The catch rate (15.30%) with the bait of shrimp was higher than that with squid (7.67%) in Lvsì coastal water, but the rate of the former (0.65%) was lower than the latter (2.87%) in Rudong coastal water. The multi-bait of shrimp and squid was proved to be a better combination compared with other three combinations. The difference in fishing effect between the two coastal waters was observed in the present study, and it was related to the resource distribution of *A. argentatus* and the physical properties of the baits. The results suggests that shrimp and squid as single-bait were more effective than fish, and shrimp should be selected as bait when the “soak time” is short (≤ 2 h) while squid should be selected when the “soak time” is long. These data provide references for bait selectivity in coastal longline fishery for *Argyrosomus argentatus*.

Key words: longline; *Argyrosomus argentatus*; bait; selectivity

(上接第 21 页)

Different detection methods based research progress on diel feeding rhythms of cultured fishes

ZHAO Jian¹, BAO Weijun¹, YE Zhangying¹, ZHU Songming¹, LIU Ying²,
LI Yong³, SHEW Mingwei¹

(1 College of Biosystems Engineering and Food Science, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China;

2 School of Marine science and technology and environment, Dalian Ocean University, Dalian 116034, China;

3 Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China)

Abstract: Feeding rhythms are the results of the initiative adapting of fishes to the different and periodic environmental factors such as light, temperature, feeds and so on during their long-term evolution. Feeding rhythms can be used to determine the feeding strategies (feeding time, feeding style and feeding frequency) of the cultured species which then affects feed efficiency and the pollution load of the aquatic water. This paper summarized the research progresses at home and abroad on the detection methods of diel feeding rhythms of the cultured fishes in recent decades. The detailed implementation processes of the research methods of feeding rhythms were also summed up and analyzed. These methods were respectively based on the fullness degree of the intestines and stomachs, daily feeding rates, self-adapting feeding and human observation. Then, the advantages and disadvantages of these methods were compared to provide references for the optimization of the existing detection methods and the proposing of new detection methods. Finally, based on the limits of the existing detection methods of feeding rhythms of the cultured fishes, this paper looked into the future research on and application of feeding rhythms.

Key words: feeding rhythms; cultured fishes; feeding strategy; detection methods