

文章编号 :1000 - 0615(2006)04 - 0481 - 08

## 几种深水网箱养殖鱼类行为习性的观察

吴常文<sup>1</sup>, 徐梅英<sup>1,2</sup>, 胡春春<sup>2</sup>

(1. 浙江海洋学院, 浙江 舟山 316004;

2. 浙江大海洋科技有限公司, 浙江 舟山 316000)

**摘要** 运用鱼类生态学、鱼类行为学以及水产养殖学研究方法,对几种深水网箱养殖鱼类的行为习性进行了观察。结果表明:对干露的耐受力强弱依次为黑鲷、真鲷、鲈鱼、美国红鱼和大黄鱼;大黄鱼分布于中下层网箱边缘、集群、不争斗,美国红鱼均匀分布于中下层、集群、争斗激烈,鲈鱼均匀分布于中下层、较少集群、争斗激烈,真鲷分布于下、底层网箱边缘、较少集群、争斗,黑鲷分布于下、底层网箱边缘、较少集群、争斗;摄食节律明显,与潮水涨落有关,在接近早晨、傍晚的平潮或停潮时间内形成两个摄食高峰;对饵料具有选择性,对饥饿的耐受能力较强,不同投饵方式对鱼类摄食强度有影响,对饥饿的耐受力随着水温的降低而增强;7-8月份日平均摄食率最高,2月份最低,鱼类的摄食率与水温有密切的关系;昼夜活动习性不明显,流急时分布于网箱底部或下游网箱边缘,流缓时活动分布范围明显扩大;抗风、浪、流能力强弱依次为美国红鱼、鲈鱼、大黄鱼、黑鲷、真鲷。

**关键词** 深水网箱;大黄鱼;美国红鱼;鲈鱼;真鲷;黑鲷;行为习性

中图分类号:Q 142.8 Q 149 文献标识码:A

## Study on the behavioral characteristics of fishes in the deep water sea cage

WU Chang-wen<sup>1</sup>, XU Mei-ying<sup>1,2</sup>, HU Chun-chun<sup>2</sup>

(1. Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316004, China.

2. Zhejiang Dahaiyang Science and Technology Co., Ltd., Zhoushan 316004, China)

**Abstract** By using such methods as were used in fish ecology, behaviouristics and mariculture disciplines, a study on the behavioral characteristics of fishes in the deep water sea cages was done. Altogether five fishes were studied, with results showing that the endurance ranking when exposing to the air was *Sparus macrocephalus*, *Pagros major*, *Lateolabrax japonicus*, *Sciaenops ocellatus* and *Pseudosciaena crocea*. *P. crocea* lived in the middle and lower water near cage net, schooling and didn't fight with each other. However, *Sciaenops ocellatus* fought with each other fiercely and schooled everywhere in the middle and lower waters. *Lateolabrax japonicus* also lived in the middle and lower waters, rarely schooled but fought fiercely. *Lateolabrax japonicus* distributed near the ridge of lower waters and cage bottom, rarely schooled and also fought with others, so did *Sparus macrocephalus*. The five species took on obvious food taking rhythm and were of tidal regularity. There were two food taking peaks in the period of slack tide near at dawn and dusk. They had a selectivity to the food and strong tolerance to starvation. The lower the water temperature, the stronger the tolerance to starvation. The food taking intensity was related to feeding methods. It assumed to be a positive correlation to water temperatures, peaking in July and August and going to its valley in February. There was not apparent difference of activity whether in the day or not. When at swift water condition, almost all the fishes habited in the bottom and near bottom ridge; otherwise, they would swim everywhere. The ability concerning wind-, flow- and wave-resistance were different, with *S. ocellatus* being best, *Lateolabrax japonicus* the second and so on with *Pseudosciaena crocea*, *Sparus macrocephalus*, *Pagros major*.

**Key words**: deep water cage; *Pseudosciaena crocea*; *Sciaenops ocellatus*; *Lateolabrax japonicus*; *Pagros major*; *Sparus macrocephalus*;

收稿日期 2005-12-30

资助项目 国家 863 计划资源环境技术领域海洋生物技术主题资助项目(2001AA623020 和 2003AA623020)

作者简介 吴常文(1960-),男,浙江舟山人,教授级高工,主要从事海洋渔业等方面的研究。Tel:0580-2554818,8180682;E-mail:

wucw08@126.com

behavioral characteristics

随着中日、中韩渔业协定的实施,沿海传统渔场面积显著缩小,渔业的生存和发展空间受到严重制约。为了实现渔业结构的战略性调整,发展深水网箱养殖列入重要议事日程,相关研究项目先后列入国家和地方科技计划项目。目前,全国沿海已经有 3275 只不同类型深水网箱投入鱼类养殖生产,养殖水体达到 490 万  $m^3$ ,取得了一定的经济效益。

品种是推动水产养殖业发展的关键要素之一。发展深水网箱养殖产业,除了有效地解决网箱的抗风浪流性能问题外,必须筛选适宜深水网箱养殖的鱼类,合理解决深水网箱养殖品种结构,同时围绕集约化养殖模式、网箱养殖密度、饵料及给饵技术、养殖环境容量等问题,开展健康养殖与养殖管理技术研究<sup>[1]</sup>。

大黄鱼 *Pseudosciaena crocea*、美国红鱼 *Sciaenops ocellatus*、鲈鱼 *Lateolabrax japonicus*、真鲷 *Pagrosomus major* 和黑鲷 *Sparus macrocephalus* 是我国东南沿海传统网箱养殖主要鱼类,具有生长速度较快、经济价值较高、养殖管理容易、养殖成活率高等优点,是目前国内外比较畅销的大宗产品。

目前国内外对养殖鱼类行为习性的研究甚少<sup>[2-5]</sup>。深水网箱养殖,与传统网箱养殖相比,养

殖环境、养殖空间、养殖方式具有很大的差异。研究和掌握在深水网箱养殖条件下,鱼类行为习性、摄食习性以及对外界刺激反应特征,不仅是研究改进养殖设施的重要依据,而且通过了解养殖鱼类的特点,对进一步改进养殖方式、提高养殖成活率、提高鱼产量等都具有重要意义<sup>[6-10]</sup>。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验观察鱼类

根据舟山沿海网箱养殖的鱼类情况,选择大黄鱼、美国红鱼、鲈鱼、黑鲷、真鲷等常见网箱养殖种类,作为试验观察对象。

### 1.2 试验观察时间、地点及主要生态条件

于 2003 年 1 月 - 2004 年 12 月,结合深水网箱养殖生产实际,进行试验观察和综合分析。地点为浙江省舟山市嵊泗县绿华、岱山县秀山、定海区册子共 3 个海区,养殖网箱为 HDPE 深水网箱(周长 48 m、网深 8 m、目大 5 cm),有效容积为 1466  $m^3$ ,主要生态环境条件见表 1。

### 1.3 试验观察鱼类的数量与规格

每个试验点分别饲养大黄鱼、美国红鱼、鲈鱼、黑鲷、真鲷等各 3 个网箱,各试验鱼类的数量与规格见表 2。

表 1 观察点的主要生态环境条件

Tab.1 The main ecological condition of observational site

观察点 site	海区类别 sea area	水深(m) depth	风速( $m \cdot s^{-1}$ ) wind speed	浪高(m) wave height	流速( $m \cdot s^{-1}$ ) current velocity	水温( $^{\circ}C$ ) water temperature	盐度 salinity	透明度 (m) clarity	溶解氧( $mg \cdot L^{-1}$ ) dissolved oxygen
嵊泗绿华 Luhua, Shengsi	开放海区 open sea area	25	3	1.3	104	19.8	25.21	1.10	7.12
岱山秀山 Xiushan, Daishan	半开放海区 half open sea area	20	2	0.8	98	18.4	22.65	0.10	6.53
定海册子 Cezi, Dinghai	半开放海区 half open sea area	20	2	0.8	108	18.1	19.00	0.20	5.70

注:以上数值均为年平均值

Notes: the numerical values hereinbefore are average in a year

### 1.4 养殖管理方法

**饵料** 使用试验配合饲料粉料,与鲜杂鱼混和现场制作成湿颗粒饲料,当日投喂。

**投喂方法** 视养殖鱼类、规格大小、养殖季

节来确定日投饵量,并根据每日摄食情况,适当调整日投饵量。日投喂次数根据鱼种不同而确定。大黄鱼日投喂 2 次,早晚各一次,晚上投饵量约占日总投饵量的 2/3。美国红鱼、鲈鱼、黑鲷、真鲷日

投喂 2~3 次。投喂时做到定时、定点、定量。小潮汛在清晨和傍晚投喂。大潮汛选择平潮或停潮投喂。投喂量以鱼类饱食率的 70%~80% 左右为原则。

管理与记录 每天观测与记录内容有:天

气、水温、盐度、流速、风浪、饲料种类、数量与摄食情况、鱼类活动、病害与死鱼数量、网箱固定系统安全等。每半月定期随机取样测量鱼类体长和体重。

表 2 试验鱼类的数量与规格

Tab.2 The quantity and size of each species

鱼类 species	试验网箱 number of cage	试验尾数 number of fish each cage	体长 (cm) body length		体重 (g) body weight	
			平均体长 average body length	体长范围 range of body length	平均体重 average body weight	体重范围 range of body weight
大黄鱼 <i>P. crocea</i>	3	5000	22.4	16.7~24.2	167.6	75.3~199.6
美国红鱼 <i>S. ocellatus</i>	3	5000	24.3	21.6~27.5	314.0	219.8~440.6
鲈鱼 <i>L. japonicus</i>	3	5000	23.5	18.5~27.4	192.5	95.8~301.3
黑鲷 <i>S. macrocephalus</i>	3	5000	14.3	12.0~17.1	60.3	45.6~104.4
真鲷 <i>P. major</i>	3	5000	16.7	14.8~20.8	135.6	64.7~206.5

### 1.5 观察的主要内容与方法

干露 主要测定大黄鱼、美国红鱼、鲈鱼、黑鲷、真鲷对干露的耐受力,试验在室内进行,试验干露时间设为:10 min、30 min、50 min、70 min、90 min 5 个梯度,每个梯度试验鱼分别为 3 尾,重复试验 3 次,统计试验过程存活率(称存活率 1)和试验结束后放回网箱养殖 3 h 后的存活率(称存活率 2),干露时气温 20~23℃。

摄食 择食性观察。停食 24 h 后,从深水网箱中随机选取大黄鱼、美国红鱼、鲈鱼、黑鲷、真鲷各 10 尾,分别养于规格为 80 cm×60 cm×60 cm 的水族箱中,同时投喂鱼类、虾类、配合饲料、蟹类、贝类、藻类 6 种饲料,观察大黄鱼、美国红鱼、鲈鱼、黑鲷、真鲷对 6 种饲料的选择次序。试验设平行组 3 个,连续测定 3 d,取平均值。

摄食节律的测定。在深水网箱中设置饵料台,每日上午 08:00 投入足量的适口饵料,在 11:00、14:00、17:00、20:00、23:00、02:00、05:00、08:00 分别测定残饵量,再利用差额法求出大黄鱼、美国红鱼、鲈鱼、黑鲷、真鲷在各时段的摄食量,重复上述试验 3 次,取平均值。

不同投饵间隔大黄鱼、美国红鱼、鲈鱼、黑鲷、真鲷的摄食试验。设定每 d 投饵、1 d 停食 1 d 投

饵、2 d 停食 1 d 投饵、2 d 停食 2 d 投饵 4 种投饵方式,在深水网箱中设置饵料台,投以足量适口饵料,测定摄食率,取平均值。

耐饥饿试验。在自然条件下,从深水网箱中随机选取大黄鱼、美国红鱼、鲈鱼、黑鲷、真鲷各 3 尾,养于规格为 80 cm×60 cm×60 cm 的水族箱中,不投任何饵料,然后在 3 d、7 d、10 d 后,称取鱼体的总重量,观察体重的变化和耐饥饿能力,重复 3 次取平均数。

称量与计算方法。称量均采用天平,称量误差小于 0.5 g,对残饵称量前吸去饵料的表面水分,并按各种饵料的吸水增重系数对残剩饵料的重量进行校正。

摄食量 = 投饵量 - 残饵量

摄食率(%) = 100 × 摄食量 / 平均体重

相对摄食强度(%) = 100 × (摄食量 / 日摄食总量)

昼夜行为习性观察 在深水网箱中,投以足量的饵料,对大黄鱼、美国红鱼、鲈鱼、黑鲷、真鲷的活动情况进行昼夜观察,并以水面可见活动频率作为判断行为习性的重要指标。

水面可见活动频率(%) = 网箱水面可见活动鱼尾数 / 网箱鱼总尾数

网箱水面可见活动鱼尾数 = A + B + C, 其中

A: 5 min 内养殖鱼类经过网箱边水面相对某二观察点的尾次之和。

B: 5 min 内养殖鱼类偶尔上浮到水面的尾次之和。

C: 5 min 内在网箱水面鱼类平游时间 1 min 以上的尾次之和。

## 2 结果与分析

### 2.1 干露

试验表明, 几种深水网箱养殖鱼类对干露的

耐受力强弱依次为黑鲷、真鲷、鲈鱼、美国红鱼、大黄鱼。当试验鱼刚放入干露容器时, 表现出乱蹦乱跳, 经过 5~20 min 后渐趋平静, 随着时间的延长和鱼种的不同相继出现鱼体侧翻和死亡。从表 3 可见, 干露 10 min 均未发现有死亡, 干露 30 min 后出现死亡。首先出现死亡的是大黄鱼, 其次为美国红鱼、真鲷, 黑鲷对干露耐受力最强。试验结果, 与深水网箱养殖放苗、分级与起捕生产过程所出现的情况是一致的。此外, 降低温度、保持湿润和采用软干露容器, 都能提高对干露的耐受力<sup>[11, 12]</sup>。

表 3 几种深水网箱养殖鱼类对干露耐受力试验  
Tab.3 The tolerance of some species to exposure in air

种类 species		存活率(%) livability				
		10 min	30 min	50 min	70 min	90 min
大黄鱼 <i>P. crocea</i>	存活率 1	100	33.3	0	0	0
	存活率 2	100	11.1	0	0	0
美国红鱼 <i>S. ocellatus</i>	存活率 1	100	66.7	22.2	0	0
	存活率 2	100	44.4	11.1	0	0
鲈鱼 <i>L. japonicus</i>	存活率 1	100	66.7	33.3	11.1	0
	存活率 2	100	55.6	11.1	0	0
真鲷 <i>P. major</i>	存活率 1	100	88.9	55.6	22.2	11.1
	存活率 2	100	77.8	44.4	11.1	0
黑鲷 <i>S. macrocephalus</i>	存活率 1	100	100	77.8	44.4	22.2
	存活率 2	100	100	55.6	22.2	0

注: 存活率 1: 试验过程存活率; 存活率 2: 试验结束后放回池内养殖 3 h 后的存活率。

Notes: livability 1: the livability in the progress of test; livability 2: the livability of culture in the pond after 3h at the end of test

### 2.2 行为习性

深水网箱具有养殖海区开阔、水深流急, 养殖容积大, 环境接近自然水域等特点。几年来的养殖观察证明, 与传统网箱相比, 深水网箱养殖鱼类行动较活跃, 多数时间是处于顶流游泳状态, 食欲也较旺盛。

大黄鱼厌强光, 喜浊水, 黎明、黄昏较活跃。对声响反应敏感, 如养殖人员走动、船舶经过以及其它发出的声音, 可使大黄鱼受惊甚至跃出水面, 若强度过大、持续时间过长会造成大批死亡。大黄鱼对陌生声音的反应要大于熟悉的声音。在鱼种刚入网箱时, 饲养员在网箱周围走动, 箱内大黄鱼会有较明显的反应, 养殖一些日子后, 这种现象逐渐减弱。大黄鱼食性较温和, 有定点、定时摄食

的习性。

美国红鱼和鲈鱼属凶猛肉食性鱼类, 食量大, 消化速度快。在网箱养殖中可摄食各种鱼、虾、蟹及贝类, 并追逐进入网箱中的野生鱼类。行动活跃, 有争抢食物的习性, 饥饿时不断地沿网箱边巡游, 鱼种较小时有相互残杀现象。美国红鱼好集群, 游泳迅速, 很少有单独活动, 鲈鱼的集群性不如美国红鱼。

真鲷和黑鲷为杂食性鱼类, 能摄食投喂的各种饵料。真鲷喜结群, 游泳较为迅速, 常发现在网箱周围结群游动。黑鲷具较灵敏的警戒性, 没有集群现象, 单独行动。表 4 为几种鱼类在深水网箱中的一般行为习性。

表 4 几种深水网箱养殖鱼类行为习性观察

Tab.4 The research on behavior and temperament of some cultured fishes in deep water cage

鱼类 species	一般习性 general habit	水平分布 level distribution	垂直分布 vertical distribution	集群习性 school	争斗行为 fight
大黄鱼 <i>P. crocea</i>	性温和、对声反应敏感 geniality and sensitive to sound	网箱边缘 edge of cage	中下层 center and lower level	集群 school	不争斗 no fight
美国红鱼 <i>S. ocellatus</i>	性凶猛、贪食 fierceness, voracity	均匀分布 homogeneous distribution	中下层 center and lower level	集群 school	争斗激烈 fight intensely
鲈鱼 <i>L. japonicus</i>	性凶猛、贪食 fierceness, voracity	均匀分布 homogeneous distribution	中下层 center and lower level	较少集群 less school	争斗激烈 fight intensely
真鲷 <i>P. major</i>	性较温和 geniality	网箱边缘 edge of cage	下层、底层 lower level and bottom	较少集群 less colonyless school	争斗 fight
黑鲷 <i>S. macrocephalus</i>	性较温和、食性杂 geniality, polyphagia	网箱边缘 edge of cage	下层、底层 lower level and bottom	较少集群 less school	争斗 fight

### 2.3 摄食习性

**食性** 大黄鱼、美国红鱼和鲈鱼属肉食性鱼类,主要摄食各种鱼类、甲壳类、头足类及配合饲料,美国红鱼能摄食少量藻类,大黄鱼和鲈鱼不摄食藻类。真鲷和黑鲷属杂食性鱼类,能摄食包括鱼、虾、贝、藻在内的各种天然饵料和配合饲料。在深水网箱养殖试验观察过程中,我们采用配合预混粉料和新鲜小杂鱼、小杂虾现场制作成湿颗粒饲料,当日投喂。配合预混粉料来源于舟山大海洋饲料有限公司,冰鲜小杂鱼、小杂虾收购于涨网、拖网、围网渔获物。冰鲜小杂鱼主要有鲑鱼 *Pseumatophorus japonicus*、蓝圆鲂 *Decapterus maruadsi*、白姑鱼 *Argyrosomus argentatus*、棘头梅童鱼 *Collichthys lucidus*、带鱼 *Trichiurus lepturus*、鳀鱼 *Engraulis japonicus*、玉筋鱼 *Atrmodytes petsonat*、黄鲫 *Setipinna taty*、龙头鱼 *Harpodon nehereus* 等,甲壳类主要有中华管鞭虾 *Solenocera crassicornis*、哈氏仿对虾 *Parapenaeopsis hardwickii*、细螯虾 *Leptochela gracilis*、中国毛虾 *Acetes chinensis*、口虾蛄 *Oratosquilla oratoria* 等。从试验观察来看,肉食性鱼类在人工养殖情况下也能摄食少量的植物性饵料,而且到目前为止尚未发现因为投喂部分植物性饵料而使养殖成活率降低的情况,对投喂不同的饵料种类表现了较好的适应性<sup>[13-19]</sup>。

**择食性** 几种深水网箱养殖鱼类对饵料表现出一定的选择性(表 5)。按对各种饵料摄食量从多到少排列,大黄鱼依次摄取鱼类 > 虾类 > 配合饲料 > 藻类 > 蟹类,不吃贝类,美国红鱼依次为虾类 > 蟹类 > 鱼类 > 配合饲料 > 贝类 > 藻类,鲈鱼依次为鱼类 > 虾类 > 蟹类 > 配合饲料 > 贝类,不吃藻类,真鲷依次为虾类 > 蟹类 > 贝类 > 鱼类

> 配合饲料 > 藻类,黑鲷依次为虾类 > 鱼类 > 藻类 > 配合饲料 > 贝类 > 蟹类。鱼类饵料是大黄鱼和鲈鱼最重要的饲料种类,分别占摄食总量的 39.7% 和 44.0%,其次是配合饲料(占 15.6% 和 10.5%)。美国红鱼偏好甲壳类饵料,甲壳类的摄食量占其摄食总量的 50.5%,其次是鱼类(占 18.0%),此外还能摄食少量藻类(占 4.1%)。真鲷和黑鲷喜食甲壳类(分别占 49.3%、36.9%),其次是贝类和鱼类(分别占 22.4%、24.3%),植物性饵料也占一定比重(分别占 6.6%、16.2%),对饵料的选择性不如其他 3 种鱼明显。试验结果与自然环境下这几种鱼类对饵料的选择性基本相似。

表 5 几种深水网箱养殖鱼类对不同饵料的选择性试验

Tab.5 The selectivity to the food of some cultured fishes in deep water cage

鱼类 species	摄食率(%) diet rate					配合饲料 artificial feed
	鱼类 fish	虾类 shrimp	蟹类 crab	贝类 shellfish	藻类 algae	
大黄鱼 <i>P. crocea</i>	2.70	1.64	0.53	0	0.87	1.06
美国红鱼 <i>S. ocellatus</i>	1.38	1.99	1.87	0.92	0.31	1.16
鲈鱼 <i>L. japonicus</i>	3.26	1.70	1.22	0.78	0	0.81
真鲷 <i>P. major</i>	0.81	2.10	1.13	1.45	0.43	0.65
黑鲷 <i>S. macrocephalus</i>	1.53	2.10	0.40	0.62	1.02	0.79

**摄食节律** 深水网箱养殖鱼类的摄食节律不同于传统网箱,更不同于池塘和室内水泥池养殖。深水网箱养殖海区受潮汐影响较大,鱼类摄食节律与潮汐有密切关系(表 6)。试验海区为正

规半日潮,一天内潮水涨落各两次,在靠近早晨或傍晚的平潮或停潮形成两个摄食高峰。在两个摄食高峰时间段内,大黄鱼、美国红鱼、鲈鱼、真鲷、黑鲷的相对摄食强度分别为 48.70%、38.55%、42.90%、40.05%、42.94%。大黄鱼摄食强度,夜

间高于白天,从 17:00 时至翌日 5:00 时的摄食强度为 63.26%。美国红鱼白天和夜间的摄食强度基本相近。鲈鱼、真鲷、黑鲷的摄食量,白天大于夜间,从 05:00~17:00 摄食强度分别为 55.19%、52.28%、53.32%。

表 6 几种深水网箱养殖鱼类相对摄食强度测定

Tab.6 The relative ingestive intensity of some cultured fishes in deep water cage

%

鱼类 species	08:00-11:00	11:00-14:00	14:00-17:00	17:00-20:00	20:00-23:00	23:00-02:00	02:00-05:00	05:00-08:00
大黄鱼 <i>P. crocea</i>	10.38	2.82	4.45	29.61	15.12	11.23	7.30	19.09
美国红鱼 <i>S. ocellatus</i>	18.56	10.53	9.44	24.25	7.78	6.08	9.06	14.30
鲈鱼 <i>L. japonicus</i>	13.05	10.61	14.09	25.46	7.48	5.63	6.24	17.44
真鲷 <i>P. major</i>	13.14	8.54	12.23	21.68	9.58	7.17	9.29	18.37
黑鲷 <i>S. macrocephalus</i>	12.04	9.12	11.78	22.56	8.59	8.20	7.33	20.38

注:试验期间每日两次高潮时分别为 04:40,10:50,17:00,23:10,05:20,11:30。试验时期为 2003 年 5 月 6-10 日(农历初六-初十)

Notes: The time of the high tide in course of three times tests: 04:40, 10:50, 17:00, 23:10, 05:20, 11:30. The date of test is during in 6-10 May 2003

不同投饵间隔摄食情况 不同投饵方式对 5 种网箱养殖鱼类的摄食强度有一定的影响(表 7)。每日投饵时,日摄食率最高,大黄鱼、美国红鱼、鲈、真鲷、黑鲷日摄食率分别为 13.15%、15.56%、15.07%、13.03%、12.92%。2 d 投饵 2 d 停食时日摄食率最低,分别为 10.63%、12.82%、12.85%、11.17%、9.30%。大黄鱼、真鲷和黑鲷 1 d 投饵 1 d 停食时日摄食率低于 2 d 投饵 1 d 停食投饵方式,而美国红鱼和鲈鱼 1 d 投饵 1 d 停食时日摄食率高于 2 d 投饵 1 d 停食投饵方式。由每日投饵转换为 1 d 投饵 1 d 停食或 2 d 投饵 1 d 停食的不断投饵方式时,5 种鱼类日摄食率先降后升,并逐渐接近每日投饵时的摄食水平。5 种鱼类对饥饿的耐受能力较强,在水温 20℃ 时不投喂任何饲料导致半数死亡的天数分别为:大黄鱼 13 d,美国红鱼 22 d,鲈 16 d,真鲷 11 d,黑鲷 23 d,对饥饿的耐受力随着水温的降低而增强。

不同季节摄食情况 水温对深水网箱养殖鱼类的摄食有很大的影响。根据舟山定海册子海域,深水网箱养殖的日常观察记录表明:大黄鱼在水温 20~28℃ 时摄食最旺盛,水温低于 11℃ 时停止进食;美国红鱼的最佳摄食水温为 18~30℃,夏季海水表面水温超过 30℃ 时仍摄食正常,冬季 8℃ 水温仍有摄食现象;鲈鱼摄食高峰的水温为 16~27℃;真鲷最佳摄食水温为 20~28℃,水温低于 10℃ 时停食;黑鲷最佳摄食水温为 19~26

℃,水温降到 8℃ 以下停食。

表 7 几种深水网箱养殖鱼类不同投饵间隔下平均日摄食率

Tab.7 The change of daily ingestive rate of some cultured fishes in deep water cage

with different interval of feeding

%

鱼类 species	投饵方式 feeding modes			
	每天投饵 feeding everyday	1 d 投饵 1 d 停食 feeding every other day	2 d 投饵 1 d 停食 feeding pause 1 day after 2 day	2 d 投饵 2 d 停食 feeding pause 2 day after 2 day
大黄鱼 <i>P. crocea</i>	13.15	11.87	12.44	10.63
美国红鱼 <i>S. ocellatus</i>	15.56	14.83	13.47	12.82
鲈鱼 <i>L. japonicus</i>	15.07	14.65	13.12	12.85
真鲷 <i>P. major</i>	13.03	11.60	12.18	11.17
黑鲷 <i>S. macrocephalus</i>	12.92	10.84	11.75	9.30

在适宜的温度范围内,这几种养殖鱼类的日摄食量都随着温度的升高而增加。表 8 表明了这 5 种鱼类在养成期间不同季节的摄食情况,其中 8 月份为 5 种鱼类日平均摄食率最高的月份,2 月份为日平均摄食率最低的月份。试验观察表明,从低水温往上升时,鱼类的摄食率比从高水温下降

至同等水温时的摄食率高。除了温度对摄食造成的影响外,随着鱼体不断增重,日摄食率相对下降,鱼类苗种期间日摄食率可达 30% 以上,成鱼期

逐渐降至 10% 以下,二、三龄鱼在深水网箱养殖中在适宜的水温范围内日摄食量平均仅为 5% 左右。

表 8 几种深水网箱养殖鱼类不同季节日平均摄食率

Tab.8 The average day ingestive rate in different seasons of some cultured fishes in deep water cage %

鱼类 species	月份 month											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
大黄鱼 <i>P. crocea</i>	0.47	0	0.35	2.24	4.20	5.44	6.80	7.15	7.83	6.04	5.10	1.38
美国红鱼 <i>S. ocellatus</i>	0.12	0.23	0.09	0.39	4.03	5.16	6.46	7.13	7.26	5.51	4.02	1.60
鲈鱼 <i>L. japonicus</i>	1.20	1.00	2.27	3.67	5.49	7.05	6.81	5.48	5.73	6.37	5.67	3.86
真鲷 <i>P. major</i>	0	0	0.39	2.88	3.11	4.68	5.49	6.12	6.32	6.09	3.36	0.56
黑鲷 <i>S. macrocephalus</i>	1.64	0.80	1.61	3.59	4.72	5.45	6.80	6.37	5.85	6.46	3.89	2.44

#### 2.4 昼夜行为习性

在深水网箱内,养殖鱼类昼夜活动习性与潮流情况有密切关系,流急时鱼类基本上分布于网箱底部或下游网箱边缘,流缓时鱼类活动范围相对比较大一些。如前所述,深水网箱养殖鱼类在靠近早晨或傍晚的平潮或停潮形成两个摄食高

峰,显然与这几种深水网箱养殖鱼类的行为习性相一致。在小潮流时,海区潮流流速平缓,此时大黄鱼和美国红鱼在一天中的近黄昏和近拂晓两个时段最活跃,而鲈鱼、真鲷和黑鲷此时在白天的活动较夜间频繁。这表明在小潮流期间,深水网箱养殖鱼类仍显示了一定的昼夜习性(表 9)。

表 9 几种深水网箱养殖鱼类昼夜水面可见活动频率

Tab.9 Day and night behavior of some cultured fishes in deep water cage %

观察时间 time	大黄鱼 <i>P. crocea</i>	美国红鱼 <i>S. ocellatus</i>	鲈鱼 <i>L. japonicus</i>	真鲷 <i>P. major</i>	黑鲷 <i>S. macrocephalus</i>
06:00	1.80	1.24	1.36	0.38	0.30
08:00	1.36	1.48	1.29	0.52	0.34
10:00	0.64	1.44	0.87	0.40	0.40
12:00	0.40	0.68	0.69	0.46	0.34
14:00	0.32	0.52	0.72	0.28	0.48
16:00	0.96	1.04	0.72	0.24	0.38
18:00	1.56	1.64	0.57	0.26	0.30
20:00	0.88	2.08	0.42	0.18	0.28
22:00	0.40	1.36	0.33	0.16	0.20
24:00	0.36	0.64	0.30	0.16	0.18
02:00	0.36	0.40	0.33	0.16	0.22
04:00	0.56	0.68	0.39	0.20	0.32

注:试验日期为 2003 年 6 月 7-11 日(农历初六-初十),2003 年 7 月 7-11 日(农历初六-初十)

Notes: The date of two times tests are during in 7-11 June 2003 and 7-11 July 2003

#### 2.5 对风、浪、流等外界刺激的反应

深水网箱养殖鱼类的养殖环境与传统网箱、围塘、水泥池完全不同,受流速、波浪、大风等外界环境影响大,特别是浙江舟山海域更具有风大、浪高、流急的特点。养殖观察发现,流对鱼类行为的影响远大于风、浪对鱼类行为的影响。5 种鱼类均具有趋流性,能根据水流的方向和速度随时调整自身的游向和游速,使自身保持逆流游泳状态或停留在某一特定的位置。在深水网箱内,5 种鱼类

的抗流速能力,依次为美国红鱼 > 鲈鱼 > 大黄鱼 > 黑鲷 > 真鲷。对于同一种鱼,不论是适宜流速还是极限流速,都随鱼体的增大而提高。一般成鱼趋流性明显,能主动顶流游泳,其游向随流向的变化而变化。而幼鱼的趋流性较弱,多数情况下处于顺水漂流状态。因此,深水网箱应放养大规格苗种。养殖实践表明,风、浪对深水网箱养殖鱼类的影响比流小,我们养殖的大黄鱼、美国红鱼、鲈鱼、真鲷、黑鲷曾经历了多次 12 级台风、浪高 5

m 以上的考验。

### 3 讨论

(1)目前国内外对养殖鱼类行为习性的研究甚少。研究养殖鱼类行为习性,不仅在理论上大大地丰富了鱼类行为学、鱼类生态学、水产养殖学等学科的内容,而且在养殖生产中更有着重要的现实意义。养殖工程技术,必须以鱼类行为习性知识为基础,否则要想设计研究一种新的养殖设施、新的养殖技术是不可想象的。研究和掌握养殖条件下,鱼类视觉、听觉、嗅觉等感觉特点和趋性、学习、游泳、集群、昼夜垂直移动等行为规律,特别是养殖鱼类对养殖设施、人工刺激以及外界刺激反应特征,无疑可以为改进现有养殖设施、研究养殖方式、提高养殖成活率等提供重要依据。

(2)研究表明,5种深水网箱养殖鱼类具有不同的行为习性。在水层分布上,大黄鱼、美国红鱼和鲈鱼为中下层鱼类,真鲷和黑鲷为底层鱼类。从摄食习性上,大黄鱼、美国红鱼和鲈鱼为肉食性鱼类,真鲷和黑鲷为杂食性鱼类。因此,从充分利用养殖水域的空间、水域中的天然饵料及主养鱼类的残饵,从而提高饵料利用率,改善海域环境,增加网箱产量的角度出发,可考虑在网箱中进行不同鱼类品种的搭配混养。根据这几种鱼类的食性及活动习性,在大黄鱼、鲈鱼或美国红鱼为主养鱼,还可以摄食主养鱼类的残饵和网壁的藻类,起到清洁工的作用。网箱中混养一定比例的真鲷或黑鲷,既可带动主养鱼摄食,达到在不增加投饵的情况下提高产量的目的,而且还具有良好的生态效益。

(3)在深水网箱中鱼类的行为活动与海区潮水涨落表现了明显的相关性。在平潮或停潮时,海水分别处于最高和最低两个水位而在一定时间内不涨也不落,在这个时间网箱内鱼类活动频繁、活动量大、四处觅食。因此,可根据养殖鱼类与潮流之间的相关性,在平潮或停潮时增加饲料投喂量,减少其他时刻的投喂量。从而可以提高鱼类对饲料的利用率,降低饲料系数,增加养殖效益。

(4)我国中部沿海具有潮流急、流速大的特点,尤其是浙江沿海,流速大于  $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  的不在少数。深水网箱的养殖容量大,水体交换畅通,加上

养殖海域宽敞,网箱养殖鱼类直接受到潮流影响,所以筛选抗流速能力强的养殖品种尤为重要。根据几种鱼类对流速的抵抗能力,为了提高养殖成活率和降低饲料投喂成本,在流速较大的开放海区,适宜选用美国红鱼、鲈鱼等抗流能力较强的鱼类品种,而在流速相对较小的港湾、内海等水域,可进行大黄鱼、黑鲷、真鲷的深水网箱养殖。

### 参考文献:

- [1] 常抗美,吴常文,王日昕,等.大型深水抗风浪网箱的发展现状和鱼类养殖技术[J].浙江海洋学院学报,2002,21(4):369-373.
- [2] 黄晓荣,庄平.鱼类行为学研究现状及其在实践中的应用[J].淡水渔业,2002,32(6):53-56.
- [3] 茅绍廉.鱼类行动与捕鱼技术[M].北京:海洋出版社,1985.
- [4] Godin J G J. Behavioural ecology of teleost fishes[M]. Oxford, New York, Tokyo: Oxford University Press, 1997. 384.
- [5] 朱清澄,唐议.尼罗罗非鱼行为习性及其捕捞渔具的设计[J].水产学报,2003,27(5):499-503.
- [6] 吕永林,蔡继晗,蔡厚才,等.南麂海区美国红鱼网箱养殖试验[J].浙江海洋学院学报(自然科学版),2001,20(2):107-111.
- [7] 吴常文,江成国,陈国业.海水养殖杂交鲟行为习性的试验研究[J].应用生态学报,2006,17(2):320-324.
- [8] 杨州,华元渝.集约化养殖条件下暗纹东方鲀行为习性的初步观察[J].齐鲁渔业,2003,20(3):22-24.
- [9] 唐逸民,吴常文.暂养海鳗行为习性的试验研究[J].浙江水产学院学报,1995,14(2):68-73.
- [10] 柴雪良,徐洪科.鳗状黄姑鱼行为习性及对水质因子耐受性的初步研究[J].浙江水产学院学报,1995,14(2):62-67.
- [11] Bejda A J. Behavioral responses of red hake, decreasing concentrations of dissolved oxygen[J]. Environmental Biology of Fishes, 1987, 19(6):261-268.
- [12] Stephan P. Substrate preference juvenile hatchery-reared lake sturgeon, *Acipenser fulvescens* [J]. Environmental Biology of Fishes, 1999, 56:367-374.
- [13] 李军.渤海鲈鱼食物组成与摄食习性的研究[J].海洋科学,1994(3):39-44.
- [14] 柏怀萍.象山港黑鲷的摄食习性[J].宁波大学学报(理工版),1999,12(4):42-47.
- [15] 谭北平.太湖鳊鱼摄食习性的研究[J].湖北农学院学报,1994,14(4):36-41.
- [16] 刘红,汲长海,施正峰,等.花鲈对饲料的选择性和嗜好[J].水产学报,1999,23(1):95-98.
- [17] Green H W, Jaksic F M. Food-niche relationships among sympatric predators: effects of level of prey identification[J]. Oikos, 1983, 40:151-154.
- [18] Zamarro J. Feeding behaviour of the American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) on the Southern Grand Bank of Newfoundland[J]. Neth J Sea Res, 1992, 29(1-3):229-233.
- [19] Hanson J M, Chouinard G A. Diet of Atlantic cod in the southern Gulf of St Lawrence as an index of ecosystem change, 1959-2000 [J]. J Fish Biol, 2002, 60:902-922.