

紫红笛鲷幼鱼对集群密度和投饵定额的摄食反应

区又君^① 勾效伟^① 廖锐^{①②} 李加儿^①

(① 中国水产科学研究院南海水产研究所 广州 510300; ② 上海水产大学生命科学与技术学院 上海 200090)

摘要: 研究了紫红笛鲷 (*Lutjanus argentimaculatus*) 幼鱼在不同集群密度和投饵定额下的摄食反应。实验设 7 个不同的集群组 (1、2、3、4、8、12、16 尾/组), 每个集群组又分成 7 个不同的投饵定额组 (18.4×10^{-2} 、 27.6×10^{-2} 、 36.8×10^{-2} 、 46.0×10^{-2} 、 55.2×10^{-2} 、 64.4×10^{-2} 、 73.6×10^{-2} g/组), 通过测定摄食量观测幼鱼的摄食反应。在定额投饵的情况下, 紫红笛鲷每尾幼鱼的一次平均摄食量随群体密度的增大呈先增加、超过一定密度后下降的趋势。1 尾组与其他组差异极显著 ($P < 0.01$), 其组平均一次摄食量最低。当集群密度不变时, 紫红笛鲷幼鱼一次平均摄食量随投饵定额的增大而增加, 然后减小。随着集群密度增大, 不同密度群体的最大摄食量向投饵定额增加的方向移动; 而随着投饵定额增加, 不同定额组的最大摄食量相对集中在 2~ 8 尾的群体中。结果表明, 集群密度、投饵定额以及两者的交互作用对紫红笛鲷幼鱼的一次摄食量有极显著影响, 群居的互利性和竞争性作用效果明显。

关键词: 紫红笛鲷; 集群密度; 投饵定额; 摄食反应

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250 3263(2008)03-34-05

Effect of Stocking Density and Food Dose on the Feeding Response of Young *Lutjanus argentimaculatus*

OU Your Jun^① GOU Xiao-Wei^① LIAO Rui^{①②} LI Jia Er^①

(① South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science, Guangzhou 510300;

② College of Aquaculture Science and Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

Abstract: This paper dealt with the effect of stocking density and food dose on the feeding response of Mangrove Red Snapper *Lutjanus argentimaculatus*. Groups of young *L. argentimaculatus* were separately reared at seven different stocking densities (1, 2, 3, 4, 8, 12 and 16 ind/troop) and each with seven food densities (18.4×10^{-2} , 27.6×10^{-2} , 36.8×10^{-2} , 46.0×10^{-2} , 55.2×10^{-2} , 64.4×10^{-2} and 73.6×10^{-2} g/troop). The results showed that under the condition of dosed feeding, feeding quantity per time each fish increased with the rise of the population, and then decreased when up to some stocking density, significant difference was found between 1 ind/troop and other troops ($P < 0.01$), with the lowest troop mean value of one time feeding amount; under the condition of same stocking density, average value of one time feeding increased with the rise of feeding dose, and then decreased. As the rise of stocking density, the maximal feeding quantity in different density troops increased with the rise of feeding dose; As the rise of feeding dose, the maximal feeding quantity in different doses troops occurred in groups of 2~ 8 ind/troop. Results above showed that stocking density, feeding dose and their reciprocal reaction had a significant effect on one time feeding quantity of young *L. argentimaculatus* over the experimental period, showing the reciprocity of group inhabitancy and competitive effect are significant.

资助项目 国家 863 项目 (No. 2006AA10A414), 国家“十一五”科技支撑计划项目 (No. 2006BAD09A14), 广东省科技计划项目 (No. 2004A 20105002);

第一作者介绍 区又君, 女, 研究员; 研究方向: 鱼类生物学与水产增殖技术; E-mail: ouyoujun@126.com.

收稿日期: 2007-09-06, 修回日期: 2008-03-01

Key words: Mangrove Red Snapper (*Lujanus argentimaculatus*); Stocking density; Feeding dose; Feeding response

集群密度和食饵是鱼类养殖最重要的决定因子之一,它影响到集群性鱼类的群居作用,包括鱼的攻击行为、饥饿和摄食、防御敌害、定位、空间领域的占领、资源竞争、环境胁迫、生长分化以及互相残食等社会性作用,导致生长与存活差异。鱼类的食物保障即环境中饵料生物的可获度,包括饵料生物的供应及消费者的捕获利用能力^[1],是影响鱼类摄食的主要生态因子之一,又受集群密度和投饵定额的直接影响。

紫红笛鲷 (*Lujanus argentimaculatus*) 是广盐性的热带、亚热带鱼类,在我国主要分布于南海,是我国重要的经济养殖鱼类,在全球范围特别是在东南亚地区也受到了极大的重视。我国南方各省在 20 世纪 80 年代起相继开展了人工繁育的探索,取得了成功并开展规模化苗种生产。有关紫红笛鲷繁养殖的研究已有报道^[2-4],但对群居作用影响等方面的研究未见报道。本文以紫红笛鲷幼鱼为实验对象,研究集群密度和投饵定额对摄食反应的影响,从而为开展紫红笛鲷的生态养殖提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材料 实验在南海水产研究所深圳试验基地进行。实验用的紫红笛鲷幼鱼为人工繁殖所得,平均全长 (3.5 ± 0.3) cm, 体重 (1.11 ± 0.08) g。

实验所用饵料为人工配合饲料,颗粒大小均匀,原料有鱼粉、淀粉、酵母粉等,近似营养成分为水分 11%、粗蛋白 42%、粗脂肪 5%、粗纤维 3%、粗灰分 16%。投喂前称重饲料,计算每颗饲料的平均重量为 $(0.23 \pm 0.03) \times 10^{-2}$ g。

实验用的水槽为 38 cm × 55 cm × 32 cm 方形塑料水箱,水体积 20 L,实验用水为经沉淀、砂滤后的自然海水。实验期间水温 27.8~32.3 °C,盐度 29.5~30.3。

1.2 实验方法 以每实验组为 1 个幼鱼群体,

设 7 个集群密度梯度,分别是 1、2、3、4、8、12、16 尾/组;每个集群密度组又设 7 个投饵定额梯度,分别为每次投饵 18.4×10^{-2} 、 27.6×10^{-2} 、 36.8×10^{-2} 、 46.0×10^{-2} 、 55.2×10^{-2} 、 64.4×10^{-2} 、 73.6×10^{-2} g/组。设 3 个平行组。

每天 8:30、13:30、17:30 时共投饵 3 次,连续实验 3 d。实验开始前驯养一个星期,预实验期间观察到幼鱼在投饵后 5 min 内摄食基本结束,所以正式实验时在投饵 5 min 后检查残饵的数量。

1.3 数据分析 本实验使用的计算公式:每尾紫红笛鲷幼鱼一次平均摄食量(g/尾) = $(T1 - T2)/D$ 。其中, $T1$ 表示每组投饵定额量(g), $T2$ 表示残饵量(g), D 表示个体数(尾)。一次平均摄食量指每个实验组摄食一次后,平均每尾鱼的摄食量。组平均一次摄食量指一个集群密度组内每尾鱼的一次平均摄食量在不同投饵定额下的平均值,或一个投饵定额组内每尾鱼的一次平均摄食量在不同集群密度下的平均值。

采用 SPSS 12.0 统计软件和 Excel 2003 对数据进行分析处理。用多因子方差分析检验各组之间的差异显著性。

2 结 果

2.1 集群密度对紫红笛鲷幼鱼摄食的影响 在定额投饵条件下,紫红笛鲷每尾幼鱼的一次平均摄食量随群体密度的增大呈先增加、超过一定密度后下降的趋势(表 1)。幼鱼 7 个投饵定额的组平均一次摄食量随集群密度的增大而增大,集群密度为 1 尾的组平均一次摄食量最低,在 3 尾时达到最大值,然后下降(图 1)。

集群密度为 1、8、12、16 尾时的一次平均摄食量分别与其他各组差异显著,其中,1、12、16 尾组分别与其他组差异极显著 ($P < 0.01$), 2、3、4 尾组之间差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 1 紫红笛鲷幼鱼在不同集群密度和投饵定额下一次平均摄食量 ($\times 10^{-2}$ g/ind, $n=3$)

Table 1 Mean feeding amount of young *Lutjanus argentimaculatus* rearing in different stocking density and bait density

集群密度(尾) Stocking density (ind)	投饵定额($\times 10^{-2}$ g/组) Bait density ($\times 10^{-2}$ g/troop)							平均值 Mean
	18.4	27.6	36.8	46.0	55.2	64.4	73.6	
	1	1.63±0.42	1.81±0.37	1.84±0.40	1.62±0.21	1.52±0.34	1.61±0.19	
2	2.37±0.36	2.39±0.46	2.83±0.27	2.61±0.31	2.57±0.33	2.32±0.10	2.35±0.09	2.49
3	2.20±0.20	2.52±0.30	2.42±0.24	2.75±0.23	2.75±0.36	2.61±0.17	2.43±0.20	2.53
4	2.10±0.28	2.27±0.17	2.40±0.38	2.83±0.28	2.67±0.23	2.62±0.39	2.56±0.30	2.49
8	1.67±0.28	2.31±0.31	2.48±0.25	2.84±0.41	2.43±0.22	2.48±0.18	2.32±0.21	2.36
12	1.43±0.07	1.90±0.26	2.36±0.30	2.45±0.11	2.48±0.12	2.39±0.28	2.31±0.16	2.19
16	1.31±0.09	1.65±0.18	1.93±0.11	2.18±0.25	2.27±0.33	2.43±0.30	1.77±0.12	1.93
平均值 Mean	1.82	2.12	2.32	2.47	2.39	2.35	2.18	

☑表示“随着集群密度增大,不同密度群体的最大摄食量向投饵定额增加的方向移动”;粗体字表示“随着投饵定额增加,不同定额组的最大摄食量相对集中在2~8尾的群体中”。

☑Showing “as the increasing of stocking density, the maximal feeding quantity in different density troops increased with the increasing of feeding dose”. Boldface:Showing “As the increasing of feeding dose, the maximal feeding quantity in different doses troops occurred in groups of 2 - 8 ind/troop”.

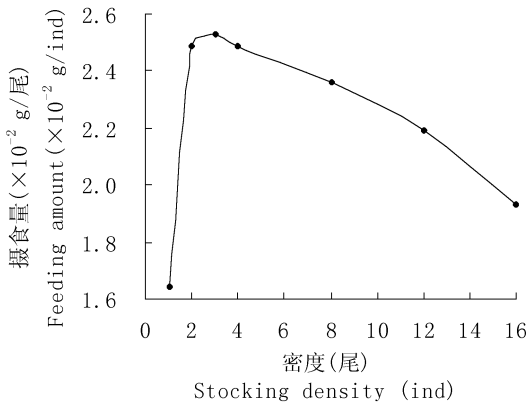


图 1 集群密度对组平均一次摄食量的影响

Fig. 1 Feeding amount with different stocking density

2.2 定额投饵对紫红笛鲷幼鱼摄食的影响

当集群密度不变时,紫红笛鲷幼鱼一次平均摄食量随投饵定额的增大而增加,然后减小(表1)。幼鱼7个集群密度的组平均一次摄食量,随着投饵定额的增大,组平均一次摄食量先增加后减小,在投饵定额为 46.0×10^{-2} g/组时达到最大值(图2)。

投饵定额为 18.4×10^{-2} g/组的一次平均摄食量与其他组差异极显著 ($P < 0.01$), 投饵定额为 27.6×10^{-2} g/组时的一次平均摄食量除与 73.6×10^{-2} g/组差异不显著 ($P > 0.05$) 之外,与其他各组差异极显著 ($P < 0.01$); 投饵定额为

46.0×10^{-2} g/组的一次平均摄食量除与 55.2×10^{-2} g/组差异不显著 ($P > 0.05$) 之外,与其他各组差异显著 ($P < 0.05$)。

投饵定额与紫红笛鲷幼鱼的组平均一次摄食量的关系,可用二次曲线 $y = -0.0474x^2 + 0.4362x + 1.4371$ 来表示,曲线回归的 R^2 值为 0.9819,表明投饵定额与紫红笛鲷幼鱼一次摄食量的回归关系非常显著。

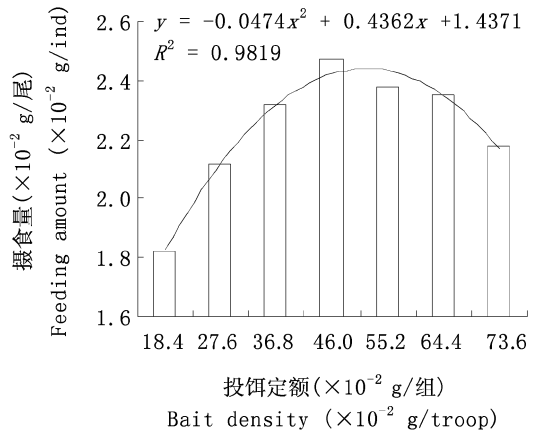


图 2 投饵定额对组平均一次摄食量影响

Fig. 2 Feeding amount with different bait density

2.3 集群密度和投饵定额对紫红笛鲷幼鱼摄食的交互作用

如表1所示,随着集群密度增大,不同密度群体的最大摄食量向投饵定额增

加的方向移动(黑格者);而随着投饵定额增加,不同定额组的最大摄食量并没有向着集群密度增大的方向移动,而是相对集中在2~8尾的群体中(粗体字)。一次平均摄食量最大值和最小值分别出现在集群密度为8尾、投饵定额为 46.0×10^{-2} g/组及集群密度为16尾、投饵定额为 18.4×10^{-2} g/组的实验组中。多因素方差分析结果表明,集群密度($F_{0.05} = 2.13, P \leq 0.05$)、投饵定额($F_{0.05} = 2.13, P \leq 0.05$)以及两者的交互作用($F_{0.05} = 1.48, P \leq 0.05$)对摄食量有极显著影响。

3 讨论

Leatherland^[5]发现,虹鲷(*Oncorhynchus mykiss*)个体平均摄食量随着养殖密度的增加而下降,高密度会减少摄食量。Alana等^[6]使用按需进料器进行投饵,结果发现虹鲷在高密度时的摄食量比中间密度的低。也有研究表明,过低的养殖密度会导致虹鲷的摄食反应减少^[7]。对集群性的鱼类,群居作用既有竞争性的一面,又有互利性一面。互利性表现在一些集群性鱼类中,在分隔养殖的实验中,往往可以看到被分隔的个体产生不正常的饥饿行为,食欲下降,摄食行为迟钝;而当集群生活在一起时,行动活泼、摄食积极、生长迅速,这是因为集群鱼类用于警戒、寻找食物的时间相对要少^[8]。国内外研究表明,集群密度是幼鱼养殖阶段最重要的决定因子之一,影响到幼鱼的攻击行为、生长分化以及互相残食等社会习性,导致生长和存活差异^[9-11]。

在本实验,1尾的实验组中,幼鱼摄食反应缓慢,摄食量最少,且随投饵定额的变化摄食量变化不大。随着群体中鱼的数量增加,幼鱼对食饵的反应变快,摄食速度增加,摄食量也明显增大,达到一定的集群密度后,摄食量减小。原因可能是个体单独生活时,幼鱼发现食饵所需的时间较长,缺乏个体间的竞争和群体效应,因而摄食量较低且相对稳定。当个体数量增加后,由于群体效应使鱼群发现食饵的时间大大缩短,能够更准确迅速地定位食饵,若其中有鱼

先发现食饵并摄食,就会影响和吸引其他后发现者跟随;个体间的竞争开始变得激烈,刺激了鱼的食欲,竞争导致的抢食使摄食量增大。

然而,群体密度过大会导致种内对水域空间和食物资源的竞争,所引发的社会性作用、生长分化,加上占领水域空间等行为^[12]影响了鱼类摄食与生长,并且集群密度作为一种环境胁迫因子能引起鱼类的应激反应。高密度造成了个体间相互遭遇攻击的机会增加,种群内的“社群胁迫”作用加剧,使鱼类活动耗能或耗氧增加、饵料消耗率下降或代谢消耗改变,其中的一种或几种共同对鱼类的生长产生消极影响^[13]。因此,鱼群密度继续增大反而使摄食量下降。同时,集群密度和投饵定额共同影响着幼鱼的摄食量,本实验结果表明,增加群体中鱼的数量,最大摄食量偏向于出现在投饵定额较大的实验组,因为饵料定额越大,个体在竞争性抢食的过程中接触到食饵的机会越多,摄食机率越大。这是群居作用的互利性和竞争性相互作用的结果。在定额投饵中,紫红笛鲷幼鱼的摄食量都是随饵料定额的增大而先升后降,说明投饵量的无限增加并不能使鱼的摄食量一直增大,这是因为少量食饵对鱼的摄食具有一定的刺激作用,当饵料定额达到合适、鱼的摄食量增大到一定程度时,摄食量即接近最大,这时再增加投饵也不能使饱食的鱼继续摄食;由于社会性作用,过量的食饵降低了个体间的竞争;散布在鱼周围的大量饵料也容易造成捕食鱼感觉上的混乱,当它决定捕食其中之一时,其他饵料的运动将会分散它的注意力^[7]。可见,适宜的投饵定额有利于鱼类的摄食、防止浪费和保持良好的水质。

本实验结果表明,集群密度和投饵定额以及两者的交互作用对紫红笛鲷幼鱼的一次摄食量有极显著影响,群居的互利性和竞争性作用效果明显;集群性鱼类如果缺乏竞争,将不利于鱼的摄食、活动和生长。在鱼类养殖生产中,适度增加养殖鱼类的群体数量和竞争性、限制每次投饵量在合适的额度,采用适量多次的投喂方法,有助于刺激鱼的食欲、提高鱼的摄食量

并促进生长。

参 考 文 献

[1] 柳琪, 区又君. 鱼类早期发育阶段摄食行为研究. 南方水产, 2006, 2(1): 71~ 75.

[2] 符泽雄. 紫红笛鲷鱼苗中间培育试验. 海洋渔业, 1992, 14(4): 160~ 161.

[3] 陈有铭, 许鼎盛, 黄美珍等. 紫红笛鲷人工繁殖及育苗技术研究报告. 福建水产, 2001, (4): 37~ 38.

[4] 蔡泽平, 李沫, 胡超群. 紫红笛鲷繁殖特性及诱导产卵的初步研究. 热带海洋学报, 2002, 21(4): 22~ 28.

[5] Leatherland J F. Stocking density and cohort sampling effects on endocrine interactions in rainbow trout. *Aquaculture International*, 1993, 1(2): 137~ 156.

[6] Alanara A, Brannas E. Dominance in demand feeding behaviour in Arctic char and rainbow trout: the effect of stocking density. *Journal of Fish Biology*, 1996, 48(2): 242~ 254.

[7] Winfree R A, Kindschig A, Shaw H T. Elevated water temperature, crowding, and food deprivation accelerate fin

erosion in juvenile steelhead. *Progressive Fish Culturist*, 1998, 60(3): 192~ 199.

[8] 庄平, 李大鹏, 王明学等. 养殖密度对史氏鲟稚鱼生长的影响. 应用生态学报, 2002, 13(6): 735~ 738.

[9] Sakakura Y, Tsukamoto K. Ontogeny of aggressive behaviour in schools of yellowtail, *Seriola quinqueradiata*. *Environ Biol Fishes*, 1999, 56(1-2): 231~ 242

[10] Moore A, Prange M. Influence of stocking densities on walleye fry viability in experimental and production tanks. *Prog Fish Cult*, 1994, 56: 194~ 214.

[11] 韩希福, 王军萍, 杨秀芬. 甜菜碱和二甲基砷对麦穗鱼的诱食活性及麦穗鱼摄食行为的研究. 河北渔业, 1996, (6): 58

[12] Li H W, Brocksen R W. Approaches to the analysis of energetic costs of intraspecific competition for space by rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Journal of Fish Biology*, 1977, 11(4): 329~ 341.

[13] 廖锐, 区又君, 勾效伟. 养殖密度对鱼类福利影响的研究进展 I: 死亡率、生长、摄食以及应激反应. 南方水产, 2006, 2(6): 76~ 80

《中国哺乳动物彩色图鉴》问世

由中国科学院昆明动物研究所已故动物学家潘清华研究员, 以及王应祥研究员和中国科学院动物研究所岩女士共同编著的《中国哺乳动物彩色图鉴》于 2007 年 11 月由中国林业出版社出版。图鉴共列出中国已记录到的 13 目 56 科 242 属 645 种哺乳动物中的 346 种(主要为大中型哺乳类, 其中包括中国特有种、国家重点保护种、珍稀濒危种和科、属的代表种)。每种哺乳动物除依照动物实物或标本彩绘外形图外, 对每一物种的中名、别名、拉丁学名、英名、系统地位、形态特征、地理分布、部分种的分类注释、栖息环境、习性、资源现状和保护等级等作了扼要介绍并附有头骨特征图和分布图。文前附有哺乳动物外形、头骨和牙齿的 100 多个特征的基本测量方法。为使读者对我国哺乳动物的物种丰富度有比较全面的了解, 文后附有按最新资料修订的、迄止于 2007 年 6 月所记录的中国哺乳动物物种(645 种)的中名、学名、分布和特有分布(附录 I)以及中国国家重点保护野生动物名录、CITES 附录中哺乳动物(153 种另 2 亚种)的种名修订和补充及保护等级(附录 II)。该图鉴是一本图文并茂、雅俗共赏的科学读物, 可供科研、教学、野生动物保护、农、林、牧、副、渔、卫生防疫、公安、海关、外贸、动物检疫和旅游等部门和动物爱好者参考。

图鉴为 880 mm × 1 230 mm 1/16 开本, 硬壳全精装。售价: 270 元/本(含运费)。

网址: www.cfph.com.cn, E mail: fwlp@163.com, 电话: 010- 66176317。

张劲硕

(中国科学院动物研究所 北京 100101)