

# 不同放养密度和混养石莼对牙鲆鱼种生长的影响\*

王吉桥 李 岩

(大连水产学院农业部海水增养殖生态学重点开放实验室 大连 116023)

**摘要** 牙鲆的放养密度以所放养鱼腹面表面积之和占养殖池底面积的百分数(%)表示。在直径为27 cm、容积为40 L的塑料桶中放置网箱,按网箱底面积48%、74%或100%的密度放养牙鲆(*Pamlichthys olivaceus*)幼鱼(体质量 $1.86\text{ g} \pm 0.18\text{ g}$ ,全长 $6.3\text{ cm} \pm 0.27\text{ cm}$ )。同时另在放养密度100%组中混养石莼40.00 g。经45 d饲养,混养石莼组中的牙鲆生长最快,水质好,饲养系数最低。在单养组中,牙鲆生长速度由快到慢依次为48%组>74%组>100%组。牙鲆体长增长和体质量增长速度最快的密度分别为80%~100%和100%~110%,低于或高于此密度鱼的增长均减慢。

**关键词** 牙鲆(*Pamlichthys olivaceus*)幼鱼,生长,网箱,密度,混养,饵料系数  
**中图分类号** S965 **文献标识码** A **文章编号** 1000-3096(2003)02-0001-04

比目鱼养殖在海水鱼类养殖中占有重要地位,如1996年仅日本牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)的养殖产量就达7 692 t,仅次于鲷和鲷,约等于野生牙鲆捕捞量的 $1/2$ <sup>[1]</sup>。比目鱼与鲤、鲫、鲈、鲷和鲑鳟等底栖水层中游泳的鱼类不同,除了摄食外,大部分时间静伏水底。因此,比目鱼的放养密度常以 $\text{kg}/\text{m}^2$ 或尾/ $\text{m}^2$ 或放养鱼腹面表面积之和占养殖水体底面积的百分数来表示,而不是 $\text{kg}/\text{m}^3$ 或尾/ $\text{m}^3$ 表示。

适宜放养密度是养殖中的重要参数之一。据现有资料,依对密度的适应能力来划分,比目鱼可分为二类:一类如犬齿牙鲆(*Paralichthys dentatus*)<sup>[2]</sup>、鳎(*Pleuronectes ferruginea*)<sup>[3]</sup>和美洲黄盖鳎(*Pseudopleuronectes americanus*)<sup>[4]</sup>等,放养密度达池底表面积的300%~400%对生长也无显著影响;二类为大多数比目鱼,其适宜放养密度在200%以下。如据Bjornsson 1994年测定,工厂化养殖体质量1.8 kg和3.2 kg庸鳎(*Hippoglossus hippoglossus* L.)的适宜放养密度在100%~200%之间,其大鱼为25~50  $\text{kg}/\text{m}^2$ ,小鱼为50~100  $\text{kg}/\text{m}^2$ <sup>[5]</sup>。体质量8.6 g的大菱鲆(*Scophthalmus maximus*)的最大放养密度为1.8  $\text{kg}/\text{m}^2$ ,即池底面积的149%<sup>[6]</sup>,低于庸鳎和漠斑牙鲆(*Paralichthys lethostigma*)仔鱼<sup>[7]</sup>。即使密度较低时,庸鳎也相互迭在一起形成覆盖片,但对生长无显著影响,而有些鱼在密度大时则相互攻击。我国北方广泛养殖的牙鲆在工厂化或网箱养殖中的放养密度虽有零星报道<sup>[8,9]</sup>,但实验的放养密度幅度较大或多为生产中的经验数据,缺乏严格的科学性和可

重复性。为此,作者在实验室研究了不同放养密度和高密度下混养石莼时对牙鲆鱼种生长的影响,旨在为合理养殖提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 实验容器和水源

实验在12个直径为27 cm,容积为40 L的塑料桶内进行,并在桶内设置底面积不同的倒圆台形敞口网箱。网箱用孔径为3 mm的纱窗网缝制而成。网箱框架为铁丝制成。

12个网箱的底面积分别为:138,186,286  $\text{cm}^2$ 。实验用水为砂滤的自然海水,盐度32,海水储存24 h后根据饲养水温调节到15~18  $^{\circ}\text{C}$ ,每次换水温差为 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

### 1.2 实验鱼与投喂

实验用鱼来自旅顺海珍品育苗场,体质量 $1.86\text{ g} \pm 0.18\text{ g}$ 、全长 $6.3\text{ cm} \pm 0.27\text{ cm}$ 。随鱼的生长,分别投喂山东省海洋水产研究所生产的直径1.0,1.5,2.0,3.0 mm的牙鲆或河鲀颗粒饲料。

\* 欧盟项目第ICA4-2000-20025号。

第一作者:王吉桥,1950年,博士,教授,主要从事水产养殖生态学研究,目前研究项目为辽宁省科技攻关项目第2001203001号。E-mail:wangjiqiao@sina.com

收稿日期:2002-02-27;修回日期:2002-05-27

### 1.3 实验方法

牙鲆幼鱼体表面积的计算公式<sup>[9]</sup>:  $S = 0.29 \times (L)^2$ , 其中,  $S$  为鱼平均体表面积 ( $\text{cm}^2$ ),  $L$  为鱼平均全长 ( $\text{cm}$ )。

放养密度 = [ 鱼体腹面总面积 ( $\text{cm}^2$ ) / 放养底面积 ( $\text{cm}^2$ ) ]  $\times 100\%$ 。

本实验设三密度组: 48%, 74%, 100%, 每组 3 个重复。实验鱼经暂养后放入 3 种底面积的网箱中, 网箱再放入白塑料桶中。另在 3 个网箱中放入按牙鲆腹面总面积占网箱底面积 100% 的密度放鱼, 再放入等生物量的孔石莼 (*Ulva pertusaria*)。

实验期间, 日投饲量为体质量 5% ~ 7%, 分早 (8:00 ~ 9:00 时) 和晚 (16:00 ~ 17:00 时) 两次投喂, 待鱼吃饱后将残饵及粪便吸出, 并计算残饵量。每天换水 2/3, 24 h 不间断充气 (溶氧 5.0 ~ 8.0 mg/L), 换水温差小于  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。饲养水温变化在 15 ~ 18  $^\circ\text{C}$  之间, 盐度 30 ~ 32, 自然光照。

### 1.4 实验数据处理

绝对增长率 (%) = [ (  $W_2 - W_1$  ) / (  $T_2 - T_1$  ) ]  $\times 100\%$  或 [ (  $L_2 - L_1$  ) / (  $T_2 - T_1$  ) ]  $\times 100\%$ , 式中,  $W_1, W_2, L_1, L_2$  分别为初体质量、末体质量、初体长、末体长;  $T_1, T_2$  分别为初始时间和终止时间 ( $\text{d}$ )。

饵料系数 = 一定时期内鱼的摄食量 ( $\text{g}$ ) / 这个时期鱼体增重量 ( $\text{g}$ )

体质量(长)变异系数 = [ 体质量(长)最大值 - 体质量(长)最小值 ] / 平均体质量(长)值。

数据经 SPSS10.0 统计软件进行单因素方差分析; 样品平均数的差异显著性用  $t$  检验 ( $P < 0.05$ )。

## 2 结果

### 2.1 密度对牙鲆幼鱼生长的影响

实验自 4 月 21 日至 6 月 4 日共进行了 45 d。在整个实验期间, 牙鲆的生长速度随放养密度的增加而降低 (表 1)。密度为 48% 组的鱼生长速度显著快于密度为 100% 组的鱼, 而密度为 48% 和 74% 两组鱼的生长速度差异不显著, 但各个阶段有所不同。实验前期和中期, 74% 密度组平均增长率 (体质量、体长) 最大, 其次为 48% 组、100% 组。实验后期, 随着鱼体生长, 48% 组平均增重(长)率最快, 其次为 74% 组和 100% 组。在相同密度下, 牙鲆体质量的相对增长速度均快于体长的增长, 表明这阶段牙鲆体厚的增长大于体长的增长。在整个实验过程中, 随着鱼的生长, 养殖密度逐渐增加 (表 2)。从表 1 和表 2 可以看出, 当密度为 80% ~ 100% 时, 牙鲆体长增长速度最快, 低于或高于此密度体长增长均减慢; 体质量增长最快的密度为 100% ~ 110%。当密度达到 118% 时, 体质量增长率开始下降。

由体长和体质量的变异系数可知, 整个实验期间 74% 组变异系数最小。48% 组鱼的体长和体质量变异系数在 5 月 5 日至 5 月 25 日间, 有所下降趋势, 此时密

表 1 不同密度组牙鲆鱼种的日体长增长率和体质量增长率

Tab.1 Relative body length increment and weight gain rate in Japanese flounder under various stocking densities

时间 (月.日)	体长增长率 (%)			体质量增长率 (%)		
	48%组	74%组	100%组	48%组	74%组	100%组
4.21 ~ 5.06	1.3	2.7	1.0	4.1	5.1	2.7
5.07 ~ 5.16	6.9	6.2	2.9	11.5	14.0	8.3
5.17 ~ 5.26	9.2	6.9	11.8	16.0	10.0	11.3
5.27 ~ 6.04	14.0	13.6	10.4	36.8	31.5	19.6
平均	7.85 <sup>a</sup>	7.35 <sup>a</sup>	6.53 <sup>b</sup>	17.10 <sup>a</sup>	15.15 <sup>a</sup>	10.50 <sup>b</sup>

注: 表中的数值为该段时间的平均值, 具不同字母的平均值表示统计上差异显著。

表 2 不同初始密度组牙鲆生长各阶段的平均密度

Tab.2 Changes in cover bottom as Japanese flounder juveniles grew

时间 (月.日)	不同生长阶段牙鲆的平均密度 (%)		
	48%组	74%组	100%组
4.21 ~ 5.06	51.4	84.0	104.6
5.07 ~ 5.16	62.9	100.4	114.2
5.17 ~ 5.26	78.3	118.2	141.8
5.27 ~ 6.04	107.5	161.8	183.9

注: 表中的数值为该段时间的平均值。

度在 50%~60%,这可能是保持最低变异系数的密度。

## 2.2 密度对牙鲆摄食的影响

整个实验中,74%组鱼的饲料系数最低(1.16),100%组鱼的饲料系数最大(1.45),最低密度组鱼的饲料系数介于上二者之间(1.28),但3种密度下鱼的饲料系数无显著差异。

## 2.3 混养对牙鲆幼鱼摄食和生长的影响

混养组鱼生长速度显著快于单养组(表3)。在整

个实验中,混养组鱼的平均体质量增长率是单养组的1.67倍,每个阶段混养组鱼与单养组鱼的平均体质量增长率比都在1.46~1.95之间。同时,整个实验阶段,混养组鱼的饵料系数(1.09)明显低于单养组。

## 3 讨论

### 3.1 牙鲆的适宜放养密度

鱼生长速度较快、群体产量最大,水环境允许的最大放养密度即为适宜放养密度。它取决于鱼的种

表3 相同密度下混养和单养对牙鲆生长的影响

Tab.3 Growth of Japanese flounder juveniles polycultured with seaweed (*Ulva pertusata*)

日期 (月.日)	体质量增长率(%)		体长增长率(%)	
	单养组	与石莼混养组	单养组	与石莼混养组
4.21~5.06	2.7	5.3	1.0	2.9
5.07~5.16	8.3	12.1	2.9	6.7
5.17~5.26	11.3	21.7	11.8	11.4
5.27~6.04	19.6	34.0	10.4	11.1
平均	10.5 <sup>a</sup>	18.3 <sup>b</sup>	6.53	8.0

注:具不同字母的平均值表示统计上差异显著。

类、规格、生理状况和生物学习性、养殖技术和物质及设备条件等因素。牙鲆等鲽形目鱼类的特点是常用鱼背面或腹面的表面积占池底表面积的百分数来表示。目前计算这类鱼单面表面积的方法主要有两种:一是按椭圆型的面积公式近似地计算鲽的单面表面积及其与体长或体质量的关系。如全长1.0~5.0cm的牙鲆采用下列公式<sup>[9]</sup>:  $W=0.012 \times L^3$ ;  $S=0.24 \times L^2$ , 式中  $W$  为鱼体质量(g),  $S$  为鱼单面表面积( $\text{cm}^2$ ),  $L$  为鱼全长( $\text{cm}$ )。全长5cm以上至36cm的牙鲆采用下列公式:  $S=0.29 \times L^2$ 。庸鲽采用  $S=0.27 \times L^2$ ,  $W=0.0156 \times L^3$  的公式<sup>[5]</sup>;大菱鲆采用:  $S(\text{mm}^2)=102.5 \times W(\text{g})+3595.0$ 。从这些公式中可以看出,庸鲽的体厚一些。二是采用实测的方法求鲽单面的表面积。如将鱼的轮廓印在纸上,用0.5cm×0.5cm方格纸拟合其轮廓,依方格纸数求出鱼体的表面积<sup>[4]</sup>。

本实验结果表明,体长5~10cm牙鲆体长增长速度最快的密度为80%~100%,体质量增长最快的密度为100%~110%。这明显低于犬齿牙鲆、鲽(*Pleuronectes ferruginea*)和美洲黄盖鲽等这些极耐密养的鱼类,也低于庸鲽、大菱鲆、漠斑牙鲆等鱼类,而与谢忠民引用的牙鲆适宜放养密度为60%~80%较接近。考虑到随着鱼生长,体厚的生长快于体长和饲料利用率等因素,在每天换水8~10次的陆地流水养殖情况下,体长5~40cm牙鲆的放养密度以70%~80%为宜。

本实验前期,低密度组的鱼生长速度低于高、中密度组;木云雷等也发现密度过小的鱼生长速度变慢<sup>[10]</sup>。这可能是密度过小,鱼学会摄食的时间长,抢食能力弱有关。因此,放养初期适当密养有益于驯化摄食,提高生长速度。

饵料系数反应了鱼对饲料消化吸收利用的情况,可作为衡量鱼密度是否适宜的指标之一。在48%~100%的密度下,鱼对饵料利用率高,而在高的密度下饵料利用率则较低。在整个实验后期,各组鱼的饵料系数相近可能就是后期各组鱼密度都很大所致。

### 3.2 单养和混养对牙鲆生长的影响

鱼、贝、虾、蟹与大型藻类混养既有经济效益,更有生态效益,国内外成功的经验很多<sup>[11-15]</sup>。本实验采用石莼作为混养中的“生物净化器”,具有较好的效果。石莼组水质条件明显好于单养组。在实验中,石莼被散放在网箱外,这对换水、吸底等工作带来诸多不便。应将石莼限制在一定范围内,并对石莼与牙鲆混养的适宜比例进行深入研究。

### 参考文献

- 1 Kikuchi K, Takeda S, Present status of research and production of Japanese flounder, *Pamlichthys olivaceus*, in Japan. *Journal of Applied Aquaculture*, 2001, 11(1/2): 165-175
- 2 King N, Howell W H, Fairchild E. The effect of stocking

- density on the growth of juvenile summer flounder *Pamlichthys dentatus*. In: Howell W H, Keller B J, Park P K, et al. editors. Nutrition and technical development of aquaculture. proceedings of the twenty-sixth U.S.-Japan aquaculture symposium. USA: New Hampshire, 1998.
- 3 Boyce D L, Purchase C F, Puvanendran V, et al. Designing rearing environments for outgrowing of juvenile yellowtail flounder (*Pleuroctes ferrugineus*). Bulletin Aquaculture Association of Canada, 1999, 98(2): 23 - 24
  - 4 Fairchild E A, Howell W H. Optimal stocking density for juvenile winter flounder *Pseudopleuronectes americanus*. Journal of the World Aquaculture, 2001, 32(3): 300 - 308
  - 5 Bjornsson B. Effects of stocking density on growth rate of halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) reared in large circular tanks for three years. Aquaculture, 1994(123): 259 - 270
  - 6 Irwin S, O Halloran J, FitzGerald R D. Stocking density, growth and growth variation in juvenile turbot, *Scophthalmus maximus* (Rafinesque). Aquaculture, 1999(178): 77 - 88
  - 7 Daniels H V, Bedinsky D L, Hodson R G, et al. Effects of stocking density, salinity and light intensity on growth and survival of southern flounder, *Pamlichthys lethostigma* larvae. Journal of the World Aquaculture Society, 1996(27): 153 - 159
  - 8 Jeon I G, Mn K S, Lee J M, et al. Optimal stocking density for olive flounder, *Pamlichthys olivaceus*, rearing in tanks. Bulletin of National Fisheries Research and Development Agency (Korea), 1993(48): 57 - 70
  - 9 谢忠明. 牙鲆、石斑鱼养殖技术. 北京: 中国农业出版社, 1999. 56 - 70
  - 10 木云雷, 刘悦, 王鉴, 等. 牙鲆室内人工养殖实验. 水产科学, 1999, 18(3): 3 - 8
  - 11 王吉桥, 靳翠丽, 张欣, 等. 不同密度的石斑与中国对虾混养的实验研究. 水产学报, 2001, 25(1): 32 - 37
  - 12 Ryther J H, Goldman J C, Gifford, et al. Physical models of integrated waste recycling marine polyculture systems. Aquaculture, 1975(5): 163 - 177
  - 13 Shpigel M, Neori A. The integrated culture of seaweed, abalone, fish and clams in modular intensive land-based systems: I. Proportions of size and projected revenue. Aquacultural Engineering, 1996, 15(5): 313 - 326
  - 14 Bodvin T, Indergaard M, Norgaard E, et al. Clean technology in aquaculture—a production without waste products?. Hydrobiologia, 1996(326): 83 - 86
  - 15 王吉桥, 李德尚, 董双林, 等. 对虾不同综合养殖系统效率和效益的比较研究. 水产学报, 1999, 23(1): 45 - 52

## INFLUENCE OF STOCKING DENSITY AND POLY-CULTURE WITH (*Ulva pertusavar*) ON GROWTH OF JAPANESE FLOUNDER (*Paralichthys olivaceus*) JUVENILES

WANG Ji-Qiao      LI Yan

(Key Laboratory of Marine Aquaculture Ecology, Ministry of Agriculture, Department of Aquaculture, Dalian Fisheries University, Dalian, 116023)

Received: Feb., 27, 2002

Key Words: Japanese flounder juvenile, Growth, Net cage, Stocking density, Polyculture, Food conversion ratio

### Abstract

A 45-day experiment was conducted to test the effects of 48%, 74%, and 100% stocking densities (percentage of ventral fish area to bottom tank area) and polyculture with *Ulva pertusavar* on growth in Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) juveniles in twelve 27 cm diameter plastic baskets with volume of 40 liters. The fish were stocked into net cages placed in the baskets and fed formulated pellet feed to satiation. There were better growth and higher food utilization in the polyculture than in monoculture. It was found that the fish in 48% groups had the best growth, better followed by the 74% groups, then worse in the 100% groups in monoculture of fish. The maximum stocking density for good growth in body length and body weight was 80%~100%, and 100%~110%, respectively. (本文编辑:刘珊珊)