

文章编号:1005-8737(2000)04-0042-05

应用生产函数确定网箱养殖赤点石斑鱼最佳放养密度

艾红¹, 巫特坚², 李永振¹, 陈丕茂¹, 林金铨¹

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东广州 510300;

2. 广东省水产养殖技术推广总站惠阳分站, 广东惠阳 516081)

摘要:根据广东省惠阳县网箱养殖的生产统计数据,拟合了赤点石斑鱼的生产函数。该生产函数为不过原点的二次模型,其变量包括放养密度、养殖期、鱼种规格、养殖期以及成活率等。该模型的产量生产函数为: $Y = -0.000459D^2 + 0.930D - 0.000887D \cdot F_S - 0.0103D \cdot C_P + 0.686F_S \cdot S + 5.448C_P - 169.783$, $R^2 = 0.8970$ 。据此求得最大经济效益的放养密度与养殖规格、养殖期及上市价格之间的关系公式为: $D = [0.930 - 0.000887F_S - 0.0103C_P - P_{苗}/(P_{鱼} - F_C \cdot P_{种})]/0.000918$ 。同时计算了在目前市场条件下不同养殖期和鱼种规格的组合时的最佳放养密度。

关键词:赤点石斑鱼;放养密度;网箱养殖;生产函数;经济效益

中图分类号:S965.334.232

文献标识码:A

赤点石斑鱼(*Epinephelus akaara*),俗称红斑,是我国南方海水网箱养殖的主要名贵品种之一。由于石斑鱼等名贵鱼类生产具有投资大、成本高、风险大且苗种短缺等特点,因此,生产中,放养密度是被普遍关注的问题。郑岳夫^[1]、Moon^[2]通过试验,从产量、日增重率等方面报道了赤点石斑鱼的最适放养密度。但从经济学角度来评价放养密度的报道并不多见,Duarte^[3]利用二次生产函数模型计算了池塘网箱养殖斑点叉尾鲷最大利润的放养率;Hernandez-Llomas^[4]用内部收益率(R_{ir})作为最大利润的标准评价了扇贝的放养密度;Sharma^[5]应用DEA(数据包分析)技术研究了中国池塘混养青鱼、草鱼、鲢、鳙等鱼类的最适放养密度及经济效益。本文尝试应用西方经济学的有关生产理论^[6]建立生产函数,研

究网箱养殖赤点石斑鱼的适宜放养密度。

1 材料与方法

1.1 数据

收集了广东省惠阳县于1985和1986年放养、1987~1989年陆续收获的400多个浮式网箱的单养赤点石斑鱼的部分生产数据,见表1。网箱规格为3 m×3 m×3 m,放养鱼种规格有3种:小(40~60 g),中(80~120 g),大(200~300 g)。惠阳县的网箱养殖主要集中于大亚湾水域,由于其特殊的地理位置和良好的水域生态环境,成为华南沿海最大的海产名优鱼类网箱养殖基地,无论生产规模还是技术水平都具有代表性,也积累了一些相关的统计数据^[1]。当时海水网箱养殖生产正处于成熟发展期,养殖海域基本没有出现养殖环境老化问题,也没有明显的大规模病害流行,生产比较稳定,因此,这些数据反映了正常的商业网箱养殖生产过程。近些年来,部分地区石斑鱼的网箱养殖因病害流行而出现成活率降低^[2]等问题,但生产过程中的要素如网箱规格、养殖期、鱼种规格及放养密度等基本与以往相同或接近,如养成阶段的放养密度,80年代末为

收稿日期:2000-01-26

基金项目:中国水产科学研究院青年科学基金资助项目(97-01-02)

作者简介:艾红(1968-),女,江西南城人,南海水产研究所助理研究员,从事情报编辑工作。

1)广东省水产养殖技术推广总站惠阳分站。惠阳县网箱养殖生产调查统计资料,1991。

2)丁彦文,等.热带珊瑚礁食用鱼类在中国南方的养殖、消费和市场供销现状调查.南海水产研究,1998,17:60-64.

360~430 尾/箱, 90 年代为 300~400 尾/箱³⁾;变化大的是鱼种和成鱼的价格, 这是市场的变化, 属于不确定因素, 本研究正是利用生产函数针对这种不确定因素来研究放养密度问题, 以使生产适应市场变

化。因此, 用长期以来较稳定的历史数据建立生产函数模型来研究放养密度, 对目前石斑鱼网箱养殖生产仍然具有指导或参考价值。

表 1 赤点石斑鱼网箱养殖部分生产数据

Table 1 Statistical data of red-spotted grouper in net cage

鱼种规格/g Fingerling size	鱼种价格/ (元·尾 ⁻¹) Fingerling price	放养密度/ (尾·箱 ⁻¹) Stocking density	养殖期/月 Cultured months	上市规格/ (kg·尾 ⁻¹) Marketing size	上市价格/ (元·kg ⁻¹) Marketing price	成活率/% Survival rate	产量/ (kg·箱 ⁻¹) Yield	饲料系数 Feed coefficient	饲料价格/ (元·kg ⁻¹) Feed price
250	30	407	9.0	0.50~0.70	150	0.767	191.8	6.70	1.0
250	30	405	9.0	0.45~0.65	150	0.820	189.5	6.80	1.0
225	27	406	9.0	0.50~0.75	150	0.847	194.3	6.70	1.2
265*	31.8	419	9.5	0.45~0.65	152	0.812	204.3	6.75	1.0
240	28.8	428	10.0	0.45~0.65	150	0.811	194.5	6.80	1.2
95	11.4	507	21.5	0.45~0.60	192	0.651	181.8	7.00	1.2
100*	12	514	21.0	0.45~0.60	190	0.701	190.5	7.00	1.2
105	12.6	521	20.0	0.45~0.60	190	0.674	195.5	7.00	1.2
100	12	523	20.5	0.45~0.60	192	0.690	196.0	7.00	1.2
100*	12	527	20.0	0.50~0.65	150	0.652	186.3	7.00	1.0

注:带*者为下文中的实例。The figures with * are cited from the following samples.

1.2 模型与方法

本文所指的放养密度是指获得最大经济效益的放养密度, 而不是指获得最大产量的放养密度。根据预测, 放养密度与产量之间呈曲线关系, 所以选用二次模型来拟合生产函数。模型中的变量包括影响产量的鱼种规格、放养密度、养殖期、存活率及其平方项和叉乘项。

对于 40~60 g 的小规格鱼种, 在养殖前期一般放养密度较大, 一段时间后再根据生产情况进行分

箱。因此, 在建立生产函数模型时去除了这部分数据, 只采用 80~120 g 和 200~300 g 鱼种的生产数据为研究对象。

2 结果与分析

模型采用最小二乘法进行拟合, 结果见表 2。该函数模型的决定系数为 89.7%, 截距及准入门槛中的 6 个变量在 5% 的水平下拟合效果显著。

表 2 网箱养殖赤点石斑鱼生产函数的参数估计

Table 2 Estimated production function parameter for red-spotted grouper in net cage

N = 189

变量 Variable	系数 Coefficient	标准误差 Standard error	t 值 t value	显著性 Significance
D—放养密度/(尾·箱 ⁻¹) Stocking density	0.930	0.139	6.707	0.000
D ² —放养密度 ² Square of stocking density	-0.000 459	0.000	-7.844	0.000
D×F _S —放养密度×鱼种规格/g Stocking density×Fingerling size	-0.000 887	0.000	-3.331	0.000
D×C _P —放养密度×养殖期 Stocking density×Cultured months	-0.010 3	0.005	-2.039	0.043
F _S ×S—鱼种规格×成活率 Fingerling size×Survival rate	0.686	0.140	4.894	0.000
C _P —养殖期/月 Cultured months	5.448	2.192	2.486	0.014
截距 Intercept	-169.783	57.717	-2.942	0.004
R ² = 0.897 0		调整的 R ² = 0.894 0 Adjusted		F = 264.165

根据表 2 中的系数, 产量(Y)的生产函数为:

$$Y = -0.000\ 459D^2 + 0.930D - 0.000\ 887D \cdot$$

$$F_S - 0.010\ 3D \cdot C_P + 0.686F_S \cdot S + 5.448$$

$$C_P - 169.783$$

上式中各变量的含义见表 2。方程两边对放养

3) 陈志海, 广东海水网箱养殖考察报告, 海洋水产科技, 1998(1): 16-19.

密度求偏导并与放养密度的边际产量方程^[7]联立方程组,得出最佳放养密度的求解公式:

$$D = [0.930 - 0.000887F_S - 0.0103C_P - P_{\text{苗}} / (P_{\text{鱼}} - F_C \cdot P_{\text{料}})] / 0.000918 \quad (1)$$

式中: $P_{\text{苗}}$ —鱼种价格, $P_{\text{料}}$ —饲料价格, $P_{\text{鱼}}$ —成鱼的市价, F_C —饲料系数,下同。

假定 $P_{\text{鱼}} = 150$ 元/kg, $P_{\text{料}} = 1.20$ 元/kg, 根据公式(1), 最佳放养密度与养殖期、鱼种规格、成鱼价格之间的关系见图1、图2。可以看出, 当鱼种规格一定时(同一条线), 最佳放养密度随养殖期的延长而降低, 随成鱼上市价格的升高而增大; 当养殖期或上市价格一定时, 鱼种规格越小最佳放养密度越大。

根据生产函数计算的结果, 当 $P_{\text{鱼}} = 150$ 元/kg, $P_{\text{料}} = 1.0$ 元/kg, 对于平均规格为 100 g、 F_C 为 7.0

的鱼种, 如果养殖 20 个月, 其放养密度应为 601 尾, 而实际生产中为 527 尾, 表明放养不足。对于平均规格 265 g, F_C 为 6.75 的鱼种, 养殖期为 9.5 个月, 其放养密度应为 409 尾, 而实际放养 419 尾(表1), 比较接近。就总体而言, 实际生产中多数放养不足。这主要是由于当时的鱼种、饲料价格低廉而成鱼上市价较高, 使得在实际放养密度下边际收益仍大于边际成本。在对成活率影响不大的情形下, 应适当增加放养密度, 以达到最大经济效益。

为对比说明及方便参考, 现以 1998 年部分地区的鱼种、饲料价格为基础, 根据不同养殖期及不同成鱼上市价格来计算生产中常见的中规格鱼种的适宜放养密度(表3, 表4)。

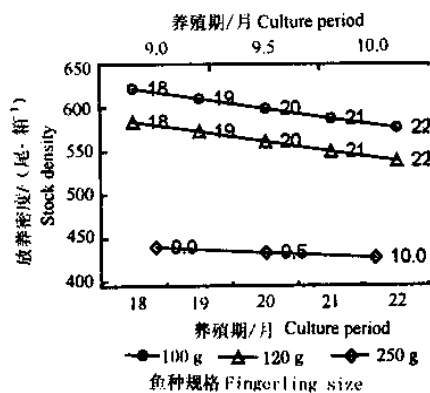


图1 最佳放养密度与养殖期的关系

Fig.1 Relationship between optimum stocking density and cultured months

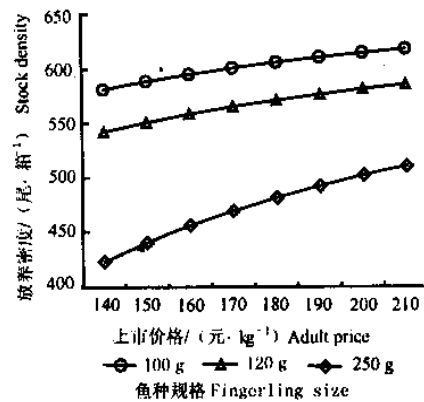


图2 最佳放养密度与成鱼市场价格的关系

Fig.2 Relationship between optimum stocking density and adult fish price

表3 养殖期与鱼种规格不同组合的最佳放养密度

Table 3 Optimum stocking densities with different cultured months and fingerling size		尾/箱				
鱼种规格/(g·尾 ⁻¹) Fingerling size	鱼种价格/(元·尾 ⁻¹) Fingerling price	养殖期/月 Cultured months				
		18	19	20	21	22
90	27	503	492	481	470	458
100	30	469	458	447	435	424
110	33	435	424	413	401	390
120	36	401	390	378	367	356*
150	45	298*	287*	276*	265*	253*

注: 有*的数字为超出数据范围的估计值。The values with * are estimated. $P_{\text{鱼}} = 150$ 元/kg, $P_{\text{料}} = 2.4$ 元/kg, $F_C = 7.0$ 。

Adult fish price was 150/kg, feed price was 2.4/kg, and feed coefficient was 7.0.

根据目前的市价条件(表3)可看出, 当时的放养密度均偏高(表1), 100 g 鱼种养殖 20 和 21 个月, 当时的放养密度分别为 527 和 514 尾/箱, 现在则分别为 447 和 435 尾/箱。鱼种短缺、价格昂贵使得在放

养密度下的边际收益低于边际成本。因此, 在目前的市场条件下, 需要降低放养密度来获取最大经济效益。这也是现今赤点石斑鱼的放养密度比往年普遍偏低的主要原因。

表 4 成鱼的市场价格与鱼种规格不同组合的最佳放养密度

Table 4 Optimum stocking densities for various combinations of adult fish price and fingerling size

鱼种规格/(g·尾 ⁻¹) Fingerling size	鱼种价格/(元·尾 ⁻¹) Fingerling price	上市价格/(元·kg ⁻¹) Price of marketable adult fish							尾/箱
		140	150	160	170	180	190	200	
90	27	452	470	485	499	510	521	530	538
100	30	416	435	453	468	481	492	502	512
110	33	379	401	420	437	451	464	475	485
120	36	343	367	388	403	421	435	447	459

注:养殖期为 21 个月, $F_C=7.0$ 。Culture period was 21 months; feed coefficient was 7.0.

3 讨论

(1)根据生产函数计算的结果发现,实际生产中的放养密度多数比本研究确定的放养密度要低,这主要是由于当时鱼种、饲料价格较低而成鱼的上市价格较高使得其边际收益仍大于边际成本。较高的经济效益也是促使 80 年代末、90 年代初该地区海水网箱养殖业迅速发展的重要原因。

(2)边际产量方程中以鱼种价格/(成鱼价格-饲料系数×饲料单价)较之 Duarte^[3]用鱼种与成鱼价格比得出的放养密度更接近实际。因为每增加 1 尾鱼种的投入,饲料的投入也要相应增加。

(3)放养密度受多种因素的影响,如鱼类品种、养殖管理技术、海区环境等。对于同一品种在不同养殖条件下,或同一养殖条件下不同品种应当分别建立相应的生产函数模型,以优化生产过程,达到降低成本、提高经济效益的目的。

(4)本生产函数模型主要针对相对稳定的赤点石斑鱼网箱养殖生产,也适用于因放养密度过高导致产量减少的情况。但不适用因放养密度过低或因病害流行而导致成活率低等不稳定的生产过程。

(5)海水网箱养殖是海洋生物的再生产过程,而生产函数是一个动态模型,它将生产要素与市场紧

密的结合起来,为养殖者规划、管理生产提供了动态优化调控手段,并为评价经济效益提供指导。

参考文献:

- [1] 郑岳夫,周 洪,周科勤,等.象山港海区石斑鱼网箱养殖技术研究[J]. 浙江水产学院学报,1996,15(2):100-106.
- [2] Moon T S, Choi H S, Park S R. Effects of rearing densities and feeding frequencies on the growth of red-spotted grouper (*Epinephelus akaara*) in net cages and based tank[J]. Bull Natl Fish Res Rev Inst (Korea), 1997, 53:65-71.
- [3] Duarte S A, Nelson R, Masser M P. Profit-maximizing stocking rates for channel catfish in cages[J]. Journal of the World Aquaculture Society, 1994, 25(3):442-447.
- [4] Hernandez-Llamos A. Management strategies of stocking density and length of culture period for the Catarina scallop *Argopecten circularis* (Sowerby): A bioeconomic approach[J]. Aquaculture Res, 1997, 28(3):223-229.
- [5] Sharma K R, Leung Pingsun, Chen Hailiang, et al. Economic efficiency and optimum stocking densities in fish polyculture: an application of data envelopment analysis (DEA) to Chinese fish farms [J]. Aquaculture, 1999, 180(3/4):207-221.
- [6] 高鸿业. 西方经济学[M]. 北京:中国经济出版社, 1996. 134-173.
- [7] 艾 红,李永振.集约化养殖最佳放苗密度的确定[J]. 齐鲁渔业, 1996, 13(4):43-45.

Optimum stocking densities of red-spotted grouper *Epinephelus akaara* in net cages: determination by production function

AI Hong¹, WU Te-jian², LI Yong-zhen¹, CHEN Pi-mao¹, LIN Jin-biao¹

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

2. Huiyang Branch Station, Central Station for Introducing Aquaculture

Technology of Guangdong Province, Huiyang 516081, China)

Abstract: A production function for red-spotted grouper was estimated using marine net cage culture data collected in Huiyang County of Guangdong Province. The function is a quadratic model not through the origin, its explanatory variables including stocking density (D) and its square, cultured months (C_P), and 3 cross-products which are stocking density $\times$ fingerling size (F_S), stocking density $\times$ culture period (C_P), and fingerling size $\times$ survival rate (S). The production function equation is $Y = -0.000\ 459\ D^2 + 0.930\ D - 0.000\ 887\ D \cdot F_S - 0.010\ 3\ D \cdot C_P + 0.686\ F_S \cdot S + 5.448\ C_P - 169.783$, $R^2 = 0.897\ 0$. The relationship between maximum profited stocking densities and fingerling size, cultured months, feed coefficient (F_C), market prices of fingerling (P_f), adult (P_a) and feed (P_{fd}) were examined according to the equation which is $D = (0.930 - 0.000\ 887\ F_S - 0.010\ 3\ C_P - P_f / (P_a - F_C \cdot P_{fd})) / 0.000\ 918$. The maximum-profited stocking density were also calculated according to the combinations of various culture period and fingerling size under present conditions.

Key words: *Epinephelus akaara*; stocking density; net cage culture; production function; economic benefits

会 讯:

中英海洋细菌多样性学术会议

为了促进中国与英国科学家在海洋细菌学领域的交流与合作,由英国达尔文项目(Darwin Initiative Project)资助的“中英海洋细菌多样性学术会议”将于2001年7月9~11日在青岛举行。

会议组织委员会由青岛海洋大学海洋生物系,赫里奥特-瓦特大学生物系和联合国教科文组织中国海洋生物工程中心共同组成。

会议主题包括:海水细菌多样性;海洋沉积物细菌多样性;海水养殖动物病原细菌多样性;水产品检验细菌多样性;海洋天然产物细菌多样性;海水养殖环境细菌多样性和海洋细菌多样性研究技术等方面的内容。欲了解详细情况请与组委会联系。

联系地址:山东省青岛市鱼山路5号,青岛海洋大学海洋生物系

邮政编码:266003

联系人:李 筠,徐怀恕

电 话:(0532)2032266 传 真:(0532)2876418

E-mail: Hsxu@mail.ouqd.edu.cn

(中国水产科学)供稿

2000年12月