

文章编号:1000-0615(2004)04-0425-06

大菱鲆幼鱼的蛋白质与能量需求

陈四清¹, 马爱军¹, 雷霖霖¹, 张波¹,
于东祥¹, 王立超², 许志功³, 张少华⁴

(1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东 青岛 266071; 2. 荣成水产科学技术研究所, 山东 荣成 264300;
3. 靖海渔业公司, 山东 荣成 264300; 4. 威海市环翠区水产局, 山东 威海 264200)

摘要:饲料中蛋白质的含量对大菱鲆幼鱼的生长起着决定性作用,适宜的能蛋比,既有利于能量的利用,又有利于蛋白质的利用,提高了饲料的利用率。设计 4 个蛋白质含量梯度和 4 个能量梯度的 16 组饲料,试验证明,蛋白质含量大于 42%、能蛋比小于 115,鱼体日增重率明显增大,饲料系数明显降低,表现出较高的饲料效率,本研究认为大菱鲆幼鱼配合饲料适宜的蛋白质含量为 42%~45%、适宜的能蛋比为 92.7~102.5。

关键词:大菱鲆; 幼鱼; 蛋白质; 能量; 能蛋比; 需求

中图分类号: S963 文献标识码: A

Requirement of protein and energy for juvenile *Scophthalmus maximus*

CHEN Si-qing¹, MA Ai-jun¹, LEI Ji-lin¹, ZHANG Bo¹,
YU Dong-xiang¹, WANG Li-chao², XU Zhi-gong³, ZHANG Shao-hua⁴

(1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China;
2. Fisheries Institute of Rongcheng City, Rongcheng 264300, China;
3. Fisheries Corporation of Jinghai, Rongcheng 264300, China;
4. Huancui District Fishery Bureau of Weihai City, Weihai 264200, China)

Abstract: The content of protein in feed is critical to the growth of turbot juvenile. The feed with suitable energy and protein ratio not only is able to promote the utilization of energy and protein, but also is able to improve the utilization rate of feed. In June - August 2000, orthogonal statistic method was used to study the effects of protein and energy on the growth of juvenile fish of *Scophthalmus maximus* L. In the $L_{16}(4^3)$ orthogonal test, 16 groups of feed were designed, for which two ranges of the contents of protein and ratio of energy and protein of 36% - 45% and 3900 - 4500 respectively, were used. The feeding experiment lasted for 60 days. The experimental result shows that the survival rate of all experiment groups is higher than 86.7%. But with the increase of protein, the survival rate of turbot increased. If the content of protein in feed is very low, it will slow down the growth of turbot juvenile and the transition of feed. Also the effect of increasing energy is not obvious. When the content of protein is more than 42% and ratio of energy and protein less than 115, the weight growth

收稿日期: 2002-11-14

资助项目: 农业结构调整重大技术研究专项资助(04-11-01B), 国家“863”项目资助(2004AA603320), 中国水产科学研究院资助项目(1999-02-02)和山东省科委科技计划专项合同资助(991051111-1)

作者简介: 陈四清(1966-), 男, 河南信阳人, 副研究员, 硕士, 主要从事鱼虾营养、海水养殖标准化技术研究

通讯作者: 马爱军(1971-), 女, 山东荣成人, 副研究员, 博士, 主要从事海水鱼类繁育及养殖生物学等研究。Tel: 0532-5844459, E-mail: maaj@ysfri.ac.cn

rate/day increased obviously, and the feed coefficient rate decreased obviously. A conclusion was drawn from this experiment that the suitable content of protein is between 42% - 45%, and the suitable ratio energy and protein is 92.7 - 102.5.

Key words: *Scophthalmus maximus*; juvenile; protein; energy; ratio of energy and protein; requirement

鱼类的生命活动是靠能量来维持的,供给能量的食物的主要成分有蛋白质、脂肪和碳水化合物。饲料中蛋白质含量过低则鱼类生长减慢,体重减轻、体质弱,而蛋白质含量过高又不经济,同时加重鱼体代谢负担,也使鱼体生长减慢,代谢中过剩的氨基酸还会对鱼体产生毒性,排泄物含氮量高,促进水体富营养化,不利于长期养殖。适宜的能量蛋白比,既有利于能量的利用,又有利于蛋白质的利用,从而提高饲料的利用率。我国关于青鱼、草鱼能蛋比的研究认为,3龄草鱼饲料能蛋比为190,2龄草鱼饲料能蛋比为149,青鱼饲料能蛋比为163^[1]。日本学者竹田研究认为淡水鱼饲料的适宜能蛋比为110~120,海水鱼饲料的适宜能蛋比淡水鱼为低^[2]。

大菱鲆(*Scophthalmus maximus* L.)属鲆科(Bothidae)、菱鲆属(*Scophthalmus*),原产于欧洲的北海、波罗的海、地中海等海域,属冷水性鱼类。我国从1992年引进至今,已形成一定规模的大菱鲆养殖,尤其是在北方的养殖,创造了巨大的经济效益和社会效益。

大菱鲆属海水肉食性底栖鱼类,Adron等^[3]研究认为饲料蛋白质为35%,能量为1860~3150kCal·kg⁻¹时,随饲料中能量的增加,大菱鲆

幼鱼鱼体增重和蛋白质利用率提高,蛋白质高于50%时,鱼体增重不变。Bromley^[4]研究认为高蛋白低脂类幼鱼生长最快,过多的脂类影响幼鱼的生长,但是有利于蛋白质的利用。马爱军等^[5]研究了饲料中主要能量物质对大菱鲆幼鱼生长的影响,认为只有在蛋白质含量高于42%时,大菱鲆幼鱼才出现快速增长。为了促进大菱鲆的健康养殖,提供科学经济的配合饲料,本文研究了大菱鲆幼鱼对配合饲料中蛋白质与能量的需求。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验用大菱鲆幼鱼购于威海市华信养殖公司育苗场。购买的大规格鱼种经消毒处理,暂养驯化1周后挑选,进行喂养试验。配合饲料原料主要采用新生产的脱脂鱼粉、豆粕、花生粕、饲料酵母、复合多维、复合矿物质、鱼油等。

试验用饲料蛋白质含量与能量分别设计了4个梯度,通过梯度交叉设计配制了16组不同的饲料(表1)。每组饲料制成颗粒后,于冰柜中冷冻保存备用。能量的实测值采用上海地质仪器厂生产的XYR-1氧弹测热仪。

表1 饲料蛋白质与能量配比值、实测值

Tab.1 Design value and detected value of ratio of energy and protein in feeds

编号 series	设计值 designed value			实测值 detected value		
	蛋白质含量(%) percentage of protein	比能值(Cal·g ⁻¹) energy value	能蛋比(E/P) ratio of energy and protein	蛋白质含量(%) percentage of protein	比能值(Cal·g ⁻¹) energy value	能蛋比(E/P) ratio of energy and protein
1	36	3900	108.3	35.91	3973	110.6
2	36	4100	113.8	36.02	4187	116.2
3	36	4300	119.4	35.55	4255	119.7
4	36	4500	125.0	36.20	4517	124.8
5	39	3900	100.0	39.54	3975	100.5
6	39	4100	105.1	39.15	4050	103.4
7	39	4300	110.3	38.72	4218	108.9
8	39	4500	115.4	39.08	4493	115.0
9	42	3900	92.9	41.84	3846	91.9
10	42	4100	97.6	42.15	4115	97.6
11	42	4300	102.3	41.62	4267	102.5
12	42	4500	107.1	42.22	4556	107.9
13	45	3900	86.7	44.89	3967	88.4
14	45	4100	91.1	44.82	4153	92.7
15	45	4300	95.6	45.10	4298	95.3
16	45	4500	100.0	45.19	4625	102.3

1.2 试验方法

试验于小型水泥池中进行流水充气养殖,水泥池大小为 0.72m^3 ($1.2\text{m} \times 1.0\text{m} \times 0.6\text{m}$), 每个水泥池养殖 30 尾幼鱼, 每组饲料投喂两个池子, 其中一组作为重复试验。通过对 16 组饲料的饲养比实验, 分析各组饲料的试验效果, 评价大菱鲆幼鱼对配合饲料中蛋白质与能量的需求。

养殖用水为自然海水, 经过一次性沙滤流入试验池, 试验期间水质条件变化情况: DO 大于 $6.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, pH 为 $7.8 \sim 8.1$, 盐度为 $28 \sim 30$, 温度为 $19 \sim 25^\circ\text{C}$ 。

试验期间每日投饵 3 次, 测量水温 3 次, 吸残污 1 次, 日换水量为 300%。定期倒池刷池, 测定水质条件变化, 检测鱼体病害情况, 及时用药治疗鱼病, 每月测量一次鱼体生长情况。

2 结果

2.1 饲料蛋白质含量与能量配比实测值

由表 1 可以看出, 实测结果与设计值相差不

大, 说明配制的饲料基本符合设计要求。试验设计饲料蛋白质含量有 36%、39%、42% 和 45% 4 个梯度, 饲料能量有 3900、4100、4300 和 4500 Cal 4 个梯度, 随饲料蛋白质含量增大, 能蛋比逐渐下降。其中能蛋比设计最高值为 125, 实测值为 124.8, 设计最低值为 86.7, 实测值为 88.4。

2.2 大菱鲆幼鱼的生长表现

经过 60d 的养殖实验, 测定结果列于表 2。由表 2 可知, 大菱鲆幼鱼的成活率较高, 其中最低成活率为 86.7%, 还有 4 组成活率为 100%, 说明配合饲料基本上都能满足大菱鲆幼鱼存活的需求。幼鱼鱼体日增重率变化较大, 相差达 3.45 倍 ($1.09\% \sim 3.76\%$), 特别是前 4 组鱼体日增重率明显偏低, 均低于 1.5%, 只有在 9 组以后, 日增重率才在 2.5% 以上, 11 组以后日增重率增加到 3% 以上。配合饲料系数变化也较为明显, 相差也达 2.3 倍以上 ($2.54 \sim 1.10$), 在 11 组饲料以后饲料系数才有明显降低, 特别是 11~15 组饲料系数均在 1.30 以内, 表现了较高的饲料效率。

表 2 实验期间大菱鲆的生长情况

Tab.2 The growth of *S. maximus* during experiment

组别	Series	N_i	W_i (g)	N_e	W_e (g)	SR (%)	SGR (%)	F_u (g)
1	30	26.2	26	46.0	86.7	1.26	2326.4	2.01
2	30	26.7	27	44.1	90	1.09	2516.4	2.54
3	30	27.4	29	51.3	96.7	1.45	3172.1	2.12
4	30	26.9	26	49.3	86.7	1.39	2218.2	1.77
5	30	27.9	27	65.5	90	2.24	4033.2	1.97
6	30	28.9	29	62.1	96.7	1.91	4150.3	2.12
7	30	27.9	28	58.1	93.3	1.80	3529.1	2.01
8	30	27.7	29	55.4	96.7	1.67	3072.0	1.88
9	30	28.7	29	72.4	96.7	2.54	4369.7	1.69
10	30	26.9	27	67.6	90	2.52	3892.0	1.68
11	30	25.6	30	73.7	100	3.13	3162.3	1.10
12	30	26.9	30	79.1	100	3.23	3647.6	1.16
13	30	27.6	29	77.2	96.7	3.00	3294.3	1.13
14	30	27.0	30	87.9	100	3.76	4059.1	1.11
15	30	26.9	28	73.7	93.3	2.9	3528.9	1.30
16	30	28.4	30	80.9	100	3.08	4966.6	1.58

注: 表中数值为两组数值平均值。 N_i 为实验开始时鱼体数, N_e 为实验结束时鱼体数。 W_i 为实验开始时鱼体重量, W_e 为实验结束时鱼体重量。 F_u 为总投饲量, N_t 为鱼体总尾数。成活率 $SR(\%) = N_e / N_i \times 100$ 。鱼体日增重率 $SGR(\%) = (W_e \times W_i) / (W_i \times T) \times 100$ 。式中 T 为饲养天数。饲料系数 $F_c = F_u / [W_e \times W_i] \times N_t$

Notes: The value in this table is the mean value in two repeat experiment groups. N_i is the number of turbot for initial experiment, N_e is the number of turbot for end of experiment. W_i is the weight of turbot for initial experiment, W_e is the weight of turbot for end of experiment. F_u is the value of total feed to turbot, N_t is the number of total turbot. Survival Rate: SR. $SR(\%) = N_e / N_i \times 100$. Special growth rate: $SGR(\%) = (W_e \times W_i) / (W_i \times T) \times 100$. In this formula, T is the experiment days. Coefficient rate of feed $F_c = F_u / [W_e \times W_i] \times N_t$

3 讨论

3.1 饲料蛋白含量与鱼体成活率、日增重率、饲料系数的关系

由表2可知,虽然大菱鲂幼鱼成活率都较高,各组相差不显著,但随着饲料蛋白质含量的增加,鱼体成活率逐渐增大,特别是11组后有4组成活率为100%,说明较高蛋白质含量有利于大菱鲂的幼鱼存活需求。蛋白质含量36%的饲料组,鱼体日增重率均在1.5%以下,平均为1.3%,当饲料蛋白含量为39%时,鱼体日增重率平均在1.91%,当饲料蛋白含量为42%时,鱼体日增重率平均在2.86%,当饲料蛋白含量为45%时,鱼体日增重率平均在3.19%,说明大菱鲂幼鱼日增重率随着饲料蛋白质含量的增加逐渐增大,这与Bromley^[6]研究认为高蛋白幼鱼生长快结果一致。Munilla-moran等^[7]研究认为大菱鲂幼鱼对蛋白质的消化能力和成鱼相近,大菱鲂幼鱼对饲料蛋白质有较高的需求;De Schrijver等^[8]研究认为大菱鲂幼鱼胃到直后肠消化道对蛋白质有消化能力,因此认为大菱鲂幼鱼配合饲料应有较高的蛋白质含量,以42%~45%较好。

蛋白质含量36%的饲料组,饲料系数平均为2.11,当饲料蛋白含量为39%时,饲料系数平均为2.00,当饲料蛋白含量为42%时,饲料系数平均为1.41,当饲料蛋白含量为45%时,饲料系数平均为1.28,饲料蛋白含量与饲料系数关系显示,大菱鲂幼鱼配合饲料随着饲料蛋白质含量的提高,饲料系数逐渐下降,饲料效率逐渐增大。相差达3.45倍(1.09%~3.76%),特别是前4组鱼体日增重率明显偏低,均低于1.5%,只有在9组以后,日增重率才在2.5%以上;饲料系数变化相差也达2倍以上(2.82~1.26),在11组饲料以后饲料系数才有明显降低,特别是11~15组饲料系数均在1.30以内,表现了较高的饲料转换率,说明提高蛋白质含量有助于提高饲料效率。

3.2 饲料能蛋比与鱼体日增重率、饲料系数的关系

从图1-a可见,随着能蛋比的增大,鱼体日增重起伏变化,无明显变化趋势,饲料系数表现为先升后降的现象,且饲料系数值大于日增重率百分值,说明饲料蛋白质含量过低,不利于大菱鲂幼鱼的增长和饲料转换,提高饲料能量作用不明显。

从图1-b可见,随着能蛋比的增大,鱼体日增重率呈下降趋势,饲料系数表现为先升后降,日增重率百分值接近或大于饲料系数值,此结果明显说明在此蛋白含量下,增加饲料能量含量对饲料效率影响不明显,但降低了鱼体的增长速度,说明提高饲料能量反而起负作用。从图1-c可见,随着能蛋比的增大,鱼体日增重率呈上升趋势,饲料系数继续表现下降趋势,日增重率百分值大于饲料系数值,这与Adron等^[3]研究结果一致,即在认为相同蛋白含量下,大菱鲂重量的获得以及蛋白利用率随着饲料的能量水平增加而增加。图1-c与图1-b形成明显的对比,说明在饲料蛋白质含量适宜时,增加饲料能量,有助于提高饲料效率,促进鱼体增长,饲料系数以11组最低(1.1),日增重率以12组最高(3.23%),比较11、12组饲料系数相差率为5.45%、日增重率相差率为3.19%;据此认为能蛋比以11组最好,即102.5。从图1-d可见,随着能蛋比的增大,鱼体日增重率为先升后降,饲料系数先降后升的现象,日增重率百分值大于饲料系数。14组日增重率(3.76)和饲料系数(1.11)都表现为最好,说明在此蛋白含量时,饲料的能蛋比92.7较为适宜。

3.3 大菱鲂幼鱼饲料能蛋比与其它鱼类的比较分析

适宜的饲料能量蛋白质比,既有利于能量的利用也有利于蛋白质的利用,从而提高饲料效率,促进鱼体增长,因而成为配合饲料研究的一个重要内容,可是由于研究条件及饲料设计不同,研究结果多种多样,如我国在青鱼、草鱼饲料能蛋比的研究结果普遍认为能蛋比较高(140以上),而日本学者竹田研究认为淡水鱼饲料的适宜能蛋比为110~120,而且认为海水鱼饲料的适宜能蛋比较低。

表3列出了几种鱼类饲料中的能蛋比,经比较可以看出,在淡水鱼(虹鳟、鲢、鲤)的研究方面,当饲料蛋白质含量高时,能蛋比低(最低为69),当饲料蛋白质含量低时,能蛋比高(最高为125),在海水鱼(鲷、石斑、大菱鲂)方面也是这样,当饲料蛋白质含量高时,能蛋比低(最低为54),当饲料蛋白质含量低时,能蛋比高(最高为102.5),表明海水鱼饲料的适宜能蛋比低于淡水鱼,符合竹田研究观点。

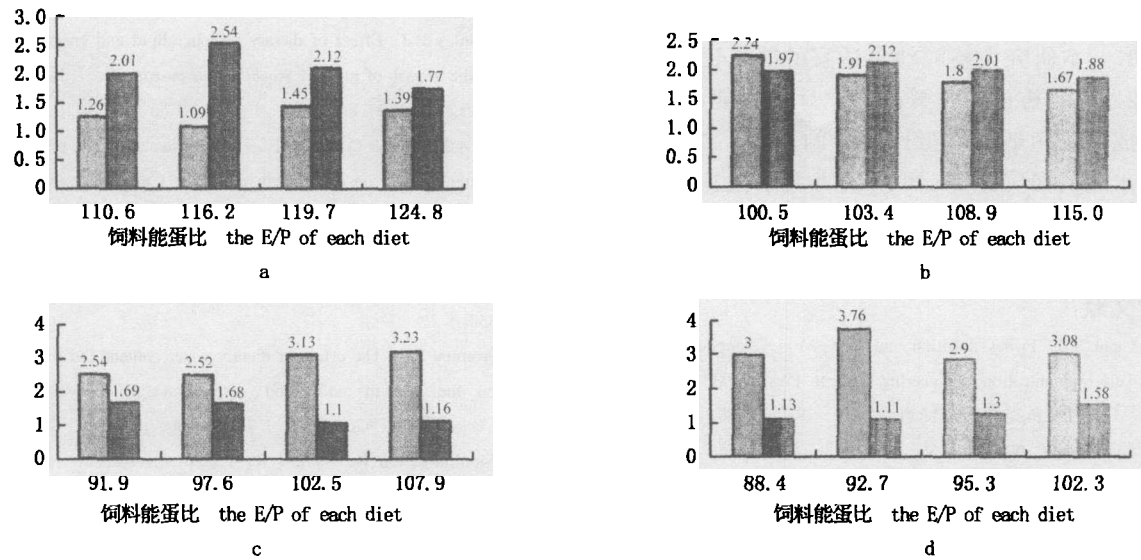


图 1 不同蛋白质含量饲料组能蛋比、鱼体日增重率百分值、饲料系数

Fig.1 E/P, SGR and Fcr feed by different levels of protein diet

系列 1: 鱼体日增重率百分值; 系列 2: 饲料系数

a. 36% 蛋白质含量饲料组; b. 39% 蛋白质含量饲料组; c. 42% 蛋白质含量饲料组; d. 45% 蛋白质含量饲料组

Series 1: the value of SGR(%); Series 2: the value of Fcr

a. The feed group of 36% protein; b. The feed group of 39% protein;

c. The feed group of 42% protein; d. The feed group of 45% protein

表 3 几种鱼类饲料中的能蛋比

Tab.3 Ratio of energy and protein in several feed of fishes

鱼类 fishes species	饲料组 feed groups	能量 (Cal) energy	蛋白含量 (%) percentage of protein	能蛋比 (E/P)	研究者 researcher
虹鳟 (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	P	3670	49	75	竹田 ^[2]
	L	4020	36	112	
鲢 (<i>Clairas fuscus</i>)	P	3750	54	69	Garling ^[2]
	L	4070	36	113	
鲤 (<i>Cyprinus carpio</i>)	P	3160	41.6	76	竹田 ^[2]
	L	3840	30.7	125	
鲷 (<i>Seriola quinqueradiata</i>)	P	3840	71	54	竹田 ^[2]
	L	3830	54.7	70	
石斑 (<i>Kareius bicoloratus</i>)	P	3330	57.4	58	Cowey ^[2]
	L	3470	40	87	
大菱鲂 (<i>Scophthalmus maximus</i>)	P	4153	45	92.7	本试验
	L	4267	42	102.5	

注: P 组为高蛋白、低脂肪饲料; L 组为低蛋白、高脂肪饲料

Notes: P represents the feed group of high percentage of protein and low percentage of lipid; L represents the feed group of low percentage protein and high percentage lipid

分析表 3 中的具体数据, 可以发现各淡水鱼的 P 组 (高蛋白、低脂肪饲料), 其适宜能量值明显低于 L 组 (低蛋白、高脂肪饲料), 且试验设计的饲料蛋白质含量高于其他大多数研究认为的适宜含量, 从而导致能蛋比偏低 (小于 75), 其 L 组的

实际蛋白含量与我国青、草鱼饲料的蛋白质含量 (26% ~ 36%) 相比并不低, 由此认为竹田得出的淡水鱼饲料适宜能蛋比值偏低, 120 ~ 140 更为合适。在海水鱼方面, 鲷饲料的蛋白质设计含量明显过高, 其测定的能蛋比值才显得如此低 (54 ~

70),石鲮的饲料蛋白含量设计与大菱鲆基本接近,而能量低于大菱鲆饲料,石鲮的适宜能蛋比为58~87。本研究大菱鲆幼鱼适宜的能蛋比为92.7~102.5。分析认为石鲮试验设计饲料能量偏低,是造成两种鱼适宜能蛋比差异的原因。综合这3种海水鱼的研究结果,可以认为海水鱼饲料适宜的能蛋比应小于100。

参考文献:

- [1] Guan S J. Fishes nutrition and feed[M]. Chengdu: Chengdu Telecommunication Engineering College Press, 1988. 21 - 56. [关受江. 鱼类营养及饲料学[M]. 成都:成都电讯工程学院出版社, 1988. 21 - 56.]
- [2] Chen G M, Huang X Q. Fish nutrition and feed [M]. Beijing: Ocean Press, 1987. 225 - 236. [陈国铭, 黄小秋. 鱼类营养和饲料[M]. 北京: 海洋出版社, 1987. 225 - 236.]
- [3] Adron J W, Blair A, Cowey C B, et al. Effects of dietary energy level and dietary energy source on growth, feed conversion and body composition of turbot (*Scophthalmus maximus* L.)[J]. Aquac, 1976, 7: 125 - 132.
- [4] Bromley P J. Effect of dietary protein, lipid and energy content on the growth of turbot (*Scophthalmus maximus* L.)[J]. Aquac, 1980, 19: 359 - 369.
- [5] Ma A J, Chen S Q, Lei J L, et al. Influences of the main energy matter in feed on the growth of turbot (*Scophthalmus maximus* L.)[J]. Oceanol et Limnol Sin, 2001, 32(5): 527 - 533. [马爱军, 陈四清, 雷霖霖, 等. 饲料中主要能量物质对大菱鲆幼鱼生长的影响[J]. 海洋与湖沼, 2001, 32(5): 527 - 533.]
- [6] Bromley P J. The effect of dietary water content and feeding rate on the growth and food conversion efficiency of turbot (*Scophthalmus maximus* L.)[J]. Aquac, 1980, 20: 91 - 99.
- [7] Munilla-moran R, Stark J R. Protein digestion in early turbot larvae, *Scophthalmus maximus* L.[J]. Aquac, 1989, 81: 315 - 327.
- [8] De Schrijver R, Ollevier F. Protein digestion in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*) and effects of dietary administration of *Vibrio proteolyticus*[J]. Aquac, 2000, 186(1-2): 107 - 116.

欢迎订阅 2005 年《中国水产科学》

《中国水产科学》是中国水产科学研究院主办的国家级学术期刊,主要报道水产生物学基础研究、水产生物病害及其防治、水产生物营养及饲料、渔业生态保护及渔业水域环境保护、水产品保鲜与加工综合利用、水产资源、海淡水捕捞、水产养殖与增殖以及渔船、渔业机械与仪器等方面的最新进展、最新成果、最新技术和方法。主要服务对象是科研、教学、科技管理人员以及大专院校师生。是反映水产科研创新成果的窗口和培养人才的园地。它面向水产业,为水产业的持续发展和水产经济建设服务。

本刊为双月刊, A4 开本, 每期 104 页, 双月出版, 国内外公开发行人。国内定价 14 元/期, 全年 84 元(含邮费)。邮发代号: 18-250, 国内统一刊号: CN 11-3446/S, 国际标准刊号: ISSN 1005-8737, 国外代号 4639Q。全国各地邮电局(所)办理订阅手续(可破季订阅)。漏订或补订当年和过期刊, 请直接向编辑部订阅。另备有少量合订本, 欢迎购买。

《中国水产科学》1994-2003 年光盘 (ISBN 7-89995-232-8/S·004) 已经出版发行, 每套定价 150 元。需要购买光盘的读者, 请将款通过邮局直接寄到编辑部, 款到寄盘, 同时开正式报销发票。欢迎广大读者与编辑部直接联系购买事宜。

编辑部地址: 北京市丰台区青塔村 150 号, 邮政编码: 100039, 联系电话: 010-68673921, 传真: 010-68673931; E-mail: jfishok@publica.bj.cninfo.net