

中国对虾养成规格的探讨*

张乃禹、林如杰、张伟权、曹登功、高洪绪

(中国科学院海洋研究所)

究竟把对虾养到多大的规格出售才最为合适? 这是养虾业所关注的问题。迄今未见对此问题的报道。作者通过对有关数据统计、分析和比较, 认为把对虾养至 12cm 和 14cm 最为适宜。

一、计算的依据

1. 中国对虾生长的数学模型

中国对虾 (*Penaeus orientalis* Kishinouye) 生长数学模型是这项研究的基础, 依此可以算出不同时间 (月龄) 对虾体长, 进而算出不同规格的对虾每增长 1 cm 所需天数。

以下分别是本文所用的对虾体长 (1—2 式) 和体重 (3—4 式) 生长数学模型^[1]。

$$L_{t\text{♀}} = 21.33(1 - e^{-0.41(t-0.83)})^3 \quad (1)$$

$$L_{t\text{♂}} = 15.43(1 - e^{-0.61(t-0.83)})^3 \quad (2)$$

$$W_{t\text{♀}} = 117(1 - e^{-0.41(t-0.83)})^3 \quad (3)$$

$$W_{t\text{♀}} = 39.54(1 - e^{-0.61(t-0.83)})^3 \quad (4)$$

上述公式是渤海湾的中国对虾生长的数学模型。渤海湾是中国对虾的最佳生活环境和主要产卵场, 这一数学模型基本能代表人工养殖条件下对虾最好的生活状况。例如, 山东即墨县丰城养虾场在 1981 年 5 月 19 日至 6 月 21 日放养虾苗, 9 月 27 日测定对虾商品体长为 15.01cm (相当于生物学体长 14.33cm), 10 月 10 日收虾时平均每尾虾 41.7g, 与自然海区同期对虾生长基本一致 (9 月 27 日测定渤海湾的对虾平均体长为 14.66cm, 10 月 10 日平均体重为 42.85g/尾)。

2. 对虾体长与眼柄长的关系

对虾的不同价格是根据它的商品体长 (从眼球后缘至尾节末端) 而定。而本文中的一些

表 1 对虾体长与眼柄长的对照

对虾商品体长 (cm)	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
对虾生物学体长 (cm)	7.69	8.64	9.58	10.52	11.47	12.41	13.35	14.29	15.24	16.18	17.12
对虾眼柄长 (cm)	0.31	0.36	0.42	0.48	0.53	0.59	0.65	0.71	0.76	0.82	0.88

表 2 不同规格对虾的饵料系数

对虾商品体长 (cm)	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
项 目											
体 重 (g)	5.20	7.40	10.12	13.44	17.48	22.21	27.83	34.36	42.08	50.89	61.26
摄饵总量 (g)	62.04	90.28	127.56	176.40	241.36	326.08	440.44	595.76	820.56	1157.76	1754.68
饵 料 系 数	11.93	12.20	12.60	13.13	13.18	14.68	15.83	17.34	19.50	22.75	28.67

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 1223 号。本文在刘瑞玉所长指导下完成, 特致谢意。本文曾在 1982 年全国对虾科研攻关会议上宣读。

计算依据(对虾体长、体重生长公式、摄饵量计算公式)均用对虾生物学体长(从眼柄基部至尾节末端)。为此,需根据体长与眼柄长公式($Y = 0.0574X - 0.154$)将对虾商品体长与生物学体长进行互算。对照结果见表1。

3. 对虾的摄饵量

篮蛤(*Aloidis*)在我国分布广且资源丰富,在对虾养殖中被广泛使用。本文用摄饵量公式^[2]($F = 0.0363L^{1.6722}$),算出对虾不同体长时日摄饵量(鲜贝肉),并换算为摄食篮蛤(带壳)量(表2)。

4. 对虾的性比

中国对虾自然和实验生态统计资料表明,对虾交尾前,雌、雄比例为1:1;雌、雄对虾在8月下旬以后生长相差悬殊;所以雌、雄虾需分开计算,按比例求出对虾的平均体长和体重。

二、计算方法

1. 饵料系数的计算

通过(1)、(2)式可算出对虾商品体长每增长1cm所需天数,然后根据对虾不同体长时的日摄饵量及达到的不同体长所需天数,算出相应的摄饵(篮蛤)总量。该摄饵总量除以对虾相应的体重,得出其饵料系数(表2)。

2. 利润、经济效果及 $\frac{a/b}{A/B} \times 100\%$

值的计算

将一定的饵料量(设篮蛤为2867斤)分别除以不同规格的对虾饵料系数,即得出相应的对虾产量(见表3)。一般饵料费占养虾总成本的60—80%。依此,通过饵料费可以算出养殖总成本。利润=总产值-总成本;经济效果 = $\frac{\text{总产值}}{\text{总成本}}$ 。若其值为1,则不亏不盈;若大于1,则为盈;小于1,则为亏。根据驰川公式($\frac{a/b}{A/B} \times 100\%$)¹⁾计算,其值等于100%,则收支平衡;大于100%,则亏;小于100%,则盈;其值越小,则盈利越大。

上述的计算结果表明,一定饵料量对养殖

不同规格对虾,其产量、产值、利润、经济效果及 $\frac{a/b}{A/B} \times 100\%$ 值均不一样。其中,以商品体长为12cm和14cm的对虾产值最高、利润最大,经济效果也最好, $\frac{a/b}{A/B} \times 100\%$ 值也最低(见表3)。

根据中国对虾生长特点及我国目前养殖水平,我们初步认为将虾养至12cm和14cm为好。

三、讨论

1. 12cm和14cm对虾利润最高的原因

饵料费是水产养殖成本中最大的一项开支,占总成本的50%以上^[3]。我国对虾饵料费占总成本的60—80%,饵料费(C_f)是对虾饵料系数(R)和饵料价格(P_f)的函数, $C_f = RP_f$ ^[3]。当饵料价格一定时,则饵料费仅取决于对虾饵料系数,而其饵料系数的大小与对虾的体长有关,雌、雄对虾生物学体长渐近值分别为21.33cm和15.43cm。对虾规格越接近体长渐近值,则饵料效率越低;饵料系数越大,饵料成本也越高。虽然体长12cm、13cm对虾同属一个价格,但因体长13cm的对虾饵料系数比12cm大,故12cm的对虾利润比13cm的高。所以对虾养殖规格超过14cm后,规格越大则利润越低。

2. 对虾养殖的最适规格

雌虾体重瞬时生长速度最高点在3.50月龄^[1]时,自然海区雌虾体长为14.19cm(相当于商品体长14.9cm);雄虾在2.63月龄^[1]时,其体长为10.28cm(相当于商品体长10.75cm)。雌虾体重瞬时生长加速度^[1],即公式:

$$\frac{d^2w}{dt^2} = 59.00e^{-0.41(t-0.83)} \times \left[1 - e^{-0.41(t-0.83)} \right] \left[3e^{-0.41(t-0.83)} - 1 \right]$$

1) A为每斤虾价; B为每斤饵料价;
a为饵料系数; b为饵料费占总成本的比例。

表3 一定量的蓝蛤(2867斤)所养的对虾产量、产值及经济效益

蟹 蛤 价 (元/斤)	总成本 (元)	饲料 占成本 (%)	饲料 费 (元)	115	0.04	虾 长 (cm)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
						143	80	产 量 (斤)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
								164	70	产 值 (元)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
										191	60	项 目 (元)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
143	80	164	70	191	60	215	80	246	70			269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215	80	246	70	269	60	172	0.06	215

在3.50月龄时由加速生长变为减速生长;雄虾体重瞬时生长加速度^[1],即公式

$$\frac{d^2w}{dt^2} = 44.14e^{-0.61(t-0.83)} \\ \times \left[1 - e^{-0.61(t-0.83)} \right] \left[3e^{-0.61(t-0.83)} - 1 \right]$$

在3.63月龄时由正加速变为负加速^[1]。这时的雌、雄对虾体长分别在14.19cm和10.28cm(相当雌、雄对虾平均商品体长12.83cm),体重瞬时生长速度逐渐下降。就对虾生长特点而言,体长14cm恰在对虾体重快速生长高峰过后不久,充分利用了对虾快速生长期。就经济核算而言,以14cm的对虾利润最大,经济效益也最好。

3. 饵料系数

人工养殖体长为12cm的对虾,其摄食鲜贝的饵料系数一般为20—25。我们计算出的商品体长12cm对虾的饵料系数为13.18,比一般值低5—10,其原因与饵料质量及利用率有关。

使饵料系数加大,有饵料质量、投饵量、水质、底质和水温等方面的原因。如果饵料质量不佳,则对虾不食或摄饵不多,既浪费了饵料又污染了水质和底质;投饵量过多或过少也能加大饵料系数;水质不佳、底质污染或水温不适,都会影响对虾摄食,使饵料不能充分利用。自然海区的对虾不存在上述问题,故饵料系数比人工养殖的对虾低很多。

我们认为,饵料系数在20—25也不完全合理。据理论计算,将饵料系数降至14—15也是可行的。

参考文献

- [1] 张乃禹, 1985. 中国对虾生长的数理分析. 海洋科学9(4): 1—7.
- [2] 张乃禹、林如杰、曹登功等, 1983. 中国对虾的摄饵量、生长率的初步观察. 海洋与湖沼14(5): 482—487.
- [3] Shang, Y. C., 1981. Basic Concepts and Methods of Analysis. *Aquaculture Economics*. Westview Press, Boulder, Colorado Croom Helm, London England. PP. 17—43.

THE MOST MARKETABLE SIZE OF SHRIMP *Penaeus orientalis* KISHINOUE CULTURED

Zhang Naiyu, Lin Rujie, Zhang Weiquan,
Cao Denggong and Gao Hongxu
(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

Abstract

What is the most economic size for the cultured shrimp? This problem is deeply concerned by all engaged in shrimp culturing. For this, a food (*Aloides* sp.) coefficient for different size shrimps is obtained according to the growth equation of the shrimp (*P. orientalis*)

$$L_{1\varphi} = 21.33[1 - e^{-0.41(t-0.83)}], L_{1\delta} = 15.43[1 - e^{-0.61(t-0.83)}],$$

$$W_{1\varphi} = 117[1 - e^{-0.41(t-0.83)}]^3, W_{1\delta} = 39.54[1 - e^{-0.61(t-0.83)}]^3.$$

the equation of the feeding amount ($F = 0.0363L^{1.6722}$) and the relation equation ($Y = 0.0574x - 0.154$) between body length and eye handle.

The result indicates the economic effect is different for different size shrimps. The shrimp reaching to the size of 12 and 14 cm in length is most profitable.