

我国沿海斑节对虾适宜养殖区的模糊分区

林光纪

(福建省水产厅, 福州)

收稿日期: 1989年1月26日

关键词 养殖区划, 模糊分区, 斑节对虾

提要 本文应用 Fuzzy 数学方法对我国沿海斑节对虾适宜养殖区进行分析。分析结果, 分为三类区, 即 26°20'N 以北(N区)不适于养殖斑节对虾, 26°20'N—23°27'N (S区)较适宜养殖区, 和 23°27'N 以南(G区)最适宜养殖区。

斑节对虾 (*Penaeus monodon* Fabricius), 俗称草虾, 它的养殖周期短, 食性广, 生长快, 是我国南方沿海重要的虾类养殖品种之一。也是东南亚地区最主要的养殖品种。近几年来, 我国台湾省大量养殖, 成为出口创汇拳头产品。福建、广东等省也迅速开始养殖。由于其经济性及国际性, 养殖区域迅速扩大, 饲料、苗种、技术服务、产品价格、商品经济效益等也随之出现新问题。为了求得更大的经济效益和社会效益, 必须划分最可适养的区域, 合理布局。因而, 对我国沿海斑节对虾适宜养殖的自然生态分区成为一个重要课题。本文针对这一问题, 用模糊分析方法进行探讨。

I. 方法与材料

采用模糊分析方法, 是应用相似优先比较法^[3]。其原理是在成对相似的可养(假设)区域(子本)某条件因子(如水温)与一个固定最佳养殖区(亲本)的某条件因子比较, 以确定哪一个与亲本更相似。用数字叙述为:

设给定集合 $X, X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$, 再给定亲本 X_R , 令任意子本 $x_i, x_j \in X$, 与 X_R 作比较, 得到模糊关系 R 。

$$R = (r_{ij}) \dots \quad (1)$$

其中 $r_{ij} \in [0, 1], i, j = 1, 2, \dots, n$ 并要求:

$$\left. \begin{aligned} r_{ii} &= 1 \\ 0 &\leq r_{ij} \leq 1 \\ r_{ij} + r_{ji} &= 1 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

相似优先比 r_{ij} 的确定, 本文用海明(Hamming)距离法:

$$\left. \begin{aligned} r_{ij} &= \frac{dR_i}{dR_i + dR_j} \\ r_{ji} &= 1 - r_{ij} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

其中

$$\begin{aligned} dR_i &= |X_R - x_i| \\ dR_j &= |X_R - x_j| \end{aligned}$$

在(3)式中:

- a) 若 r_{ij} 在(0.5, 1)之间, 则 x_i 比 x_j 优先;
- b) 若 r_{ij} 在(0, 0.5)之间, 则 x_j 比 x_i 优先;
- c) 若 $r_{ij} = 1$, 则 x_i 显然比 x_j 优先;
- d) 若 $r_{ij} = 0$, 则 x_j 显然比 x_i 优先;
- e) 若 $r_{ij} = r_{ji} = 0.5$, 则表示无法确定优先。

其次, 根据斑节对虾的生物学特征以及对生态环境因子的要求, 选择与斑节对虾繁殖生长关系较大的5个因子:

C_1 : 水温; C_2 : 极端最低水温; C_3 : 气温的积温; C_4 : 风速; C_5 : 盐度。

以理论最佳生态条件为亲本 X_R , 实践经验与试验表明亲本的5个因子为^{[1][2]}, C_1 : 最适水温 20°—32°C; C_2 : 最低水温为 12°C; C_3 : 则认

为相对高积温对于养殖有利； C_4 ：以月均小于7m/s风速为好； C_5 ：生长最适盐度20—32，产卵孵化最适盐度为28—33。本讨论的子本环境生态因子都在这些范围左右变动。

本文取我国沿海南起西沙群岛、北至葫芦岛15个站点：

Y_1 ：白龙尾； Y_2 ：西沙； Y_3 ：清澜； Y_4 ：阐坡； Y_5 ：大万山； Y_6 ：遮浪； Y_7 ：南澳； Y_8 ：东山； Y_9 ：崇武； Y_{10} ：北茭； Y_{11} ：北碛； Y_{12} ：石浦； Y_{13} ：大戢山； Y_{14} ：北隍城； Y_{15} ：葫芦岛等作为子本。

II. 分析计算

$X(C_1)$ 与 $X_R(C_1)$ 比较，适宜天数多，则接近于亲本，并以12个月月均水温与亲本最适水温不符的月频为海明距离 dR ，设 $X_R = 12$ ，例如白龙尾和西沙两站点的12个月月均水温大于或小于最适水温(20—32℃)的月频分别为4和0，即

$$dR_1 = |12 - 8| = 4 \quad (4)$$

$$dR_2 = |12 - 12| = 0 \quad (5)$$

同样得出 $dR_3 - dR_{15}$ ，如表1第4栏。

类似地， $X(C_2)$ 与 $X_R(C_2)$ 比较，极端水温出现的月频与亲本比较。结果如表1第2栏。

$X(C_3)$ 与 $X_R(C_3)$ 比较。并设 $X_R = 10\,000$ 作为气温积温比较基准。因为本文中所有站点的年积温最高值不超过并接近10000℃， dR 如表1第3栏。其中 $x_i =$ 第 i 站点年均日气温 $\times 365$ 日。

$X(C_4)$ 与 $X_R(C_4)$ 比较，以12个月月均大于7m/s风速的月频与亲本比较，其 $X_K = 0$ ，结果如表1第4栏。

$X(C_5)$ 与 $X_R(C_5)$ 比较，以月均盐度与最适亲本盐度比较，取 $X_R = 30^{[2]}$ ，结果如表1第5栏。

然后，根据公式(3)，计算出各因子 r_{ij} ，对于 C_1 ，我们有：

$$r_{12} = \frac{dR_1}{dR_1 + dR_2} = \frac{4}{4 + 0} = 1$$

$$r_{21} = 1 - r_{12} = 1 - 1 = 0$$

以此类推，得到 R_{C_1} 的关系矩阵

$$R_{C_1} = (r_{ij})_{15 \times 15} \quad (6)$$

计算矩阵：

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$r_{ij} =$	1	1	1	.5	.57	.44	.44	.44	.44	.4	.4	.36	.36	.29	.33	
	2	0	1	.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	.5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	.5	1	1	1	.57	.44	.44	.44	.44	.4	.4	.36	.36	.29	.33
	5	.43	1	1	.43	1	.37	.37	.37	.37	.33	.33	.3	.3	.23	.27
	6	.56	1	1	.56	.63	1	.5	.5	.5	.45	.45	.42	.42	.33	.38
	7	.56	1	1	.56	.63	.5	1	.5	.5	.45	.45	.42	.42	.33	.38
	8	.56	1	1	.56	.63	.5	.5	1	.5	.45	.45	.42	.42	.33	.38
	9	.56	1	1	.56	.63	.5	.5	.5	1	.45	.45	.42	.42	.33	.38
	10	.6	1	1	.6	.67	.55	.55	.55	.55	1	.5	.46	.46	.37	.43
	11	.6	1	1	.6	.67	.55	.55	.55	.55	.5	1	.46	.46	.37	.43
	12	.64	1	1	.64	.7	.58	.58	.58	.58	.54	.54	1	.5	.41	.47
	13	.64	1	1	.64	.7	.58	.58	.58	.58	.54	.54	.5	1	.41	.47
	14	.71	1	1	.71	.77	.67	.67	.67	.67	.63	.63	.59	.59	1	.56
	15	.67	1	1	.67	.73	.62	.62	.62	.62	.57	.57	.53	.53	.44	1

取截值 $\lambda \in [0, 1]$ ，得截矩阵 r_λ

$$r_\lambda = (r_{ij}^\lambda) \quad (7)$$

其中 $r_{ij}^\lambda = \begin{cases} 1 & (\text{当 } r_{ij} \geq \lambda) \\ 0 & (\text{当 } r_{ij} < \lambda) \end{cases}$

素所有元素都等于 1, 则第 j 点算作第一优越对象 (j 不是唯一的)。

λ 从 1 到 0 过程, 若首次出现 $r_{i\lambda}$, 它的第 j 列元

取 $\lambda = 0.5$ 得

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1

因第 2, 3 列全为 1, 所以把 Y_2, Y_3 点作为第一优先对象。

除 Y_2, Y_3 点之外, 得到新矩阵 $(r_{ij}^{(1)})$

	1	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	.5	.57	.44	.44	.44	.44	.4	.4	.36	.36	.29	.33
4	.5	1	.57	.44	.44	.44	.44	.4	.4	.36	.36	.29	.33
5	.43	.43	1	.37	.37	.37	.37	.33	.33	.3	.3	.23	.27
6	.56	.56	.63	1	.5	.5	.5	.45	.45	.42	.42	.33	.38
7	.56	.56	.63	.5	1	.5	.5	.45	.45	.42	.42	.33	.38
8	.56	.56	.63	.5	.5	1	.5	.45	.45	.42	.42	.33	.38
9	.56	.56	.63	.5	.5	.5	1	.45	.45	.42	.42	.33	.38
10	.6	.6	.67	.55	.55	.55	.55	1	.5	.46	.46	.37	.43
11	.6	.6	.67	.55	.55	.55	.55	.5	1	.46	.46	.37	.43
12	.64	.64	.7	.58	.58	.58	.58	.54	.54	1	.5	.41	.47
13	.64	.64	.7	.58	.58	.58	.58	.54	.54	.5	1	.41	.47
14	.71	.71	.77	.67	.67	.67	.67	.63	.63	.59	.59	1	.56
15	.67	.67	.73	.62	.62	.62	.62	.57	.57	.53	.53	.44	1

再则取 $\lambda = 0.57 \in [0, 1]$ 进行截集得到新截集, 第 5 列全都为 1, 取 Y_5 为第二优先对象, 以此类推, 得到表 2。

根据优先顺序确定 Y_1 至 Y_{15} 15 个子本点的优先顺次值。对于同一优先对象的取均值分别作为顺次值。如 Y_2, Y_3 为同一第一优先对

表 1 dR 值表
Tab.1 dR values at different stations and conditions

Y_i	dR_i	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
Y_1		4	1	1 824	0	1.96
Y_2		0	0	254	0	3.62
Y_3		0	0	1 021	0	8.01
Y_4		4	1	1 678	0	1.85
Y_5		3	0	1 897	4	0.11
Y_6		5	0	2 043	7	2.87
Y_7		5	0	2 298	2	2.13
Y_8		5	0	2 444	4	2.07
Y_9		5	3	2 773	1	1.56
Y_{10}		6	3	3 247	1	0.10
Y_{11}		6	4	3 539	7	0.08
Y_{12}		7	5	4 050	0	3.24
Y_{13}		7	5	4 269	9	12.66
Y_{14}		10	8	5 547	0	2.06
Y_{15}		8	8	6 313	0	1.35

象,其优先顺次值分别为 $(1/2)(1+2) = 1.5$ 。如表 3。

同理可计算出 C_2, C_3, C_4 和 C_5 的各子本的优先顺序值。并根据实际,即斑节对虾各因子的要求度不同,赋予不同权重。对于表示气象条件和海洋水文条件因子的积温与盐度权重为核心,取权重为 1。相对而言,由于水温和极端水温因子已与积温相关,作弱权重处理。对于风速这一气象独立因素,作强权重处理。赋予权重归一化。

$$W = \frac{1}{5} (W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5) = 1 \quad (8)$$

其中,取 $W_1 = W_2 = 0.8$

$$W_3 = W_5 = 1$$

$$W_4 = 1.4$$

不同权重处理后优先顺序值如表 4。由表 4 计算出顺序值之和 $\sum B_i$, 并聚类 3 类区域。

表 2 C_1 优先对象顺序
Tab. 2 Orders of C_1 priority

子本点	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8	Y_9	Y_{10}	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	Y_{14}	Y_{15}
优先顺序	3	1	1	3	2	4	4	4	4	5	5	6	6	8	7

表 3 C_1 优先顺次值
Tab. 3 Values of C_1 priority order

子本点	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8	Y_9	Y_{10}	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	Y_{14}	Y_{15}
顺次值 $B_i(C_1)$	4.5	1.5	1.5	4.5	3	7.5	7.5	7.5	7.5	10.5	10.5	12.5	12.5	15	14

III. 结果及验证

根据上表,我们可得到我国沿海斑节对虾适宜养殖区的划分结果。

III.1. Y_{10} 即北茭以南的我国沿岸都适宜于养殖斑节对虾(包括台湾省)。其 $\sum B_i$ 值都小于 44。如表 4 中 G 区与 S 区。

III.2. $\sum B_i$ 值愈小则说明愈适宜于养殖斑节对虾。因此, $\sum B_i < 40$ 的 Y_i , 即南澳以西、以南沿海应是我国主要养殖斑节对虾的自然生

态环境有利区域。

III.3. 从表 4 分析,我国沿海大致分为三种类型斑节对虾适养区。一是 N 区,北茭以北(Y_{10}),即北纬 $26^{\circ}20'$ 以北的沿海,其 $\sum B_i \geq 45$,不适宜于养殖斑节对虾;二是 S 区,北茭以南至南澳岛之间($Y_{10}-Y_7$)沿海区为生态环境较适宜区,即北纬 $26^{\circ}20'$ 至北纬 $23^{\circ}27'$ (北回归线);三是 G 区,包括广西的白龙尾至广东的南澳沿海,及海南省沿岸等, $\sum B_i < 40$,是我国理想的斑节对虾养殖区。

表 4 加权后顺序值之和

Tab. 4 Sum of the priority values after weighing

B_i	$B_i(C_1)$	$B_i(C_2)$	$B_i(C_3)$	$B_i(C_4)$	$B_i(C_5)$	ΣB_i	聚 类
Y_1	3.6	6	4	5.6	8	27.2	←←←→G
Y_2	1.2	2.8	1	5.6	13	23.9	
Y_3	1.2	2.8	2	5.6	13	24.6	
Y_4	3.6	6	4	5.6	8	26.2	←←←→S
Y_5	2.4	2.8	4	17.5	2.5	29.2	
Y_6	6.0	2.8	7	15.4	8	33.2	←←←→N
Y_7	6.0	2.8	7	14	8	38.8	
Y_8	6.0	2.8	7	17.5	8	41.3	
Y_9	6.0	7.6	9	13.4	8	42	←←←
Y_{10}	8.4	7.6	10	13.4	2.5	40.6	
Y_{11}	8.4	8.8	11	19.6	2.5	49.5	←←←
Y_{12}	10	10	12.5	5.6	13	51.1	
Y_{13}	10	10	12.5	21	15	68.5	←←←
Y_{14}	12	11.6	14	5.6	8	51.2	
Y_{15}	11.2	11.6	15	5.6	2.5	45.9	←←←

据上述分析,把我国沿海斑节对虾适养区绘为简图(如图1)。

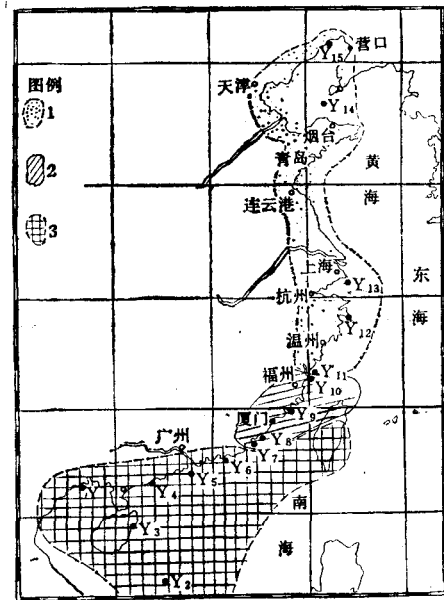


图 1 我国沿海斑节对虾适宜养殖区简要划分

Fig. 1 Regions suitable for successful cultivation of *penaeus monodon*(Fabricius) along the coast of China

1. N区; 2. S区; 3. G区

以上 3 个分区比较符合斑节对虾自然生长及人工养殖的实际。首先,从斑节对虾的地理分

布来看,斑节对虾主要分布于西太平洋—印度洋热带、亚热带海域¹⁾。我国沿海在福建以南海域都有分布。最北可分布到浙南南部较深海区,而近海及沿岸分布以北纬 26°30' 以南常见。这一地理分布与本分区北茭分界大体一致。

其次,就目前斑节对虾人工养殖而言,菲律宾、泰国以及我国台湾省,尤其是台湾中南部地区的大量养殖事实,证明北回归线以南的沿海地区应是斑节对虾最适自然养殖区,本文划分也基于这一现实。近几年福建自南而北实践斑节对虾人工养殖,从漳浦(北纬 24°10') 1984 年推到莆田(北纬 25°20'),经过养殖的斑节对虾都达到出口商品规格。近年也曾在闽东一些沿海开始试养,但比较泰国、台湾南部地区养殖生产时间略长,自然生长速度也略慢。故本文划分的 S 区也是较适养区但略异于 G 区。

IV. 讨论

IV. 1. 斑节对虾为我国典型的南方型近海虾类。根据种类分布与生态习性,在北纬 26°—

1) 钟振玉等, 1982. 南海北部近海虾类资源调查报告. 南海水产研究所研究报告 (37): 1—50.

27° 范围沿岸存在一适养界线, 本文为北交点(北纬 26°20′)。但是, 随着养殖技术的进步及品种基因工程改造, 人工移殖、突破北界、南种北殖也是可能的。

IV. 2. 最适养殖区的分布, 基本是呈纬度变化。即低纬地区相对是斑节对虾的适养区。台、闽、粤、桂、海南等 5 省应是我国斑节对虾的主要养殖区。而在具体布点养殖时, 还要进一步对养殖点的生态环境优先比较以至于经济、社会、技术、商品销售等方面考察。例如, 西沙群岛从划分上是最适养殖区之一, 可是由于实际的岛屿自然条件和其他原因, 至今未开始养殖。

IV. 3. 由于本文应用点的数据来划分, 故对该点(Y_i)毗邻地区的养殖区是否可行? 还要

进一步讨论。如在福建霞浦县(北纬 26°40′)养殖池中, 曾发现混养池有个别斑节对虾, 而且生长较快, 也成为商品规格。因此, 对此地商品性养殖, 也有待于深入实践。

虽然本文暂缺台湾省环境因子数据, 无法进行相似优先比, 但台湾省所处的地理位置、海洋性岛屿的气候, 及近几年养殖成就, 应认为是我国养殖斑节对虾的最适地区之一。

参 考 文 献

- [1] 丁云源, 1987. 草虾养殖. 养殖总览(台). 养鱼世界杂志社. 第 64 页。
- [2] 沙谦平, 1987. 草虾养殖. 养殖总览(台). 养鱼世界杂志社. 第 101 页。
- [3] L.A. Zadeh, 1965. Fuzzy Sets. *Information and control* 8(3): 338—353.

FUZZY DIVISIONS OF *PENAEUS MONODON* (FABRICIUS) SUITABLY CULTIVATION REGION IN THE COAST OF CHINA

Lin Guangji

(Aquatic Product Department of Fujian Province, Fuzhou)

Received: Jan. 26, 1989

Key Words: Cultivation region, Fuzzy divide, *Penaeus monodon*

Abstract

Fuzzy mathematic method was used to analyze *Penaeus monodon* (Fabricius) cultivation regions along the coast of China. The region north of 26°20′ N (N. CR) was considered as unsuitable region; the region 26°20′ N to 23°27′ (S. CR) was considered as suitable region; and the region south of 23°27′ N (G. CR) was considered most suitable region. The division was made according to geographical distribution of the species and thier successful cultivation.