
* 研究简报 *

海湾扇贝控温育苗采卵时间的预报方法^{*}

毕庶万 徐宗发 于光溥 李烟芬
房淑珍 孙长祥[‡] 杜季畅[‡]

(山东省海洋水产研究所, 烟台 264000)

[‡](文登市海水养殖一场, 山东 264400)

提要 于1988年3月—1993年5月, 在威海崮山渔业公司和文登市海水养殖一场, 采集海湾扇贝, 运用二点法、最小二乘法和电动计数式积温仪测积温3种方法, 进行海湾扇贝生物学临界温度和控温育苗采卵时间预报方法的研究。结果表明: 在升温促熟中, 用3种方法求出的海湾扇贝的生物学临界温度分别为 $T_{01}=9.00\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{02}=6.54\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{03}=7.11\text{ }^{\circ}\text{C}$; 这些结果是实验条件精度差异的反映, T_{03} 精度较高。亲贝入池温度与促熟天数相关, 用 $Y-A+Bt_0$ 式预报采卵时间, 其中 A 为 27.2508, B 为 -1.4562, α 在 0.01 的水平上达到显著。用该式进行采卵时间预报, 机理明确, 精度也较高。

关键词 海湾扇贝 控温育苗 产卵预报

原产大西洋沿岸的海湾扇贝, 最适生长温度范围在 $16\text{—}26\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。为充分利用夏秋季的高温期, 当年养成商品贝, 由中国科学院海洋研究所首创, 北方沿海科技人员采取早春取亲贝入室, 在人工控制下升温促熟, 提早产卵育苗, 有效地达到了目的(张福绥等, 1986, 1986, 1987, 1991)。准确掌握亲贝成熟至排放精卵的时间, 对按计划组织生产意义重大。但至今未见预报方程。有效积温法是研究生长发育的有效方法之一, 在皱纹盘鲍促熟培养中, 有不少报道(菊地省吾等, 1974)。刘永峰(1989)简要介绍了海湾扇贝亲贝升温促熟至排卵的总积温预报法。本文运用3种方法试求海湾扇贝的生物学临界温度 T_0 , 并抓住对升温促熟至关重要的入池促熟的起始温度 t_0 , 建立海湾扇贝控温育苗采卵时间的预报方程, 以期提高采卵时间, 预报的精度。

1 方法与结果

1.1 材料 于1988年3月—1993年5月, 在威海崮山和文登海水养殖一场采得海湾扇贝 (*Argopecten irradians*)。

1.2 预报方法与计算结果 运用二点法、最小二乘法和电动计数积温仪求出海湾扇贝的生物学临界温度。

1.2.1 运用二点法(日藤嘉昭, 1986)求生物学临界温度 (T_0) 和有效积温 (K) D 为海湾扇贝开始促熟到产卵所需天数 (d); V 为发育速度; T 为饲养水温 ($^{\circ}\text{C}$); K 为有效积温。则有:

$$D = \frac{K}{T - T_0}, \quad V = \frac{T - T_0}{K}$$

* 山东省水产局资助项目, 9006号。毕庶万, 男, 出生于1936年8月, 研究员。

收稿日期: 1991年3月2日, 接受日期: 1992年9月24日。

这就是积温法则。由式可知, D 和 T 为双曲线, V 是 T 的一次函数, 故 V 随饲育温度直线增加, 求各种饲育水温的发育速度 V 值: $V = a + bT$, 在 $1/b$ 下给出有效积温, 另直线与 X 轴相交之点, 即当 $V = 0$ 时, T 就是生物临界温度 T_0 。整理实验记录加以分析, 在此基础上, 利用二点法计算出有效积温 K 和饲育水温 T , 此时则有 $(T_1 - T_0)D_1 =$

$$K = (T_2 - T_0)D_2, \text{ 整理该式, 则有生物学临界温度: } T_0 = \frac{T_2 D_2 - T_1 D_1}{D_2 - D_1},$$

式中, T_2 和 T_1 分别为 21°C 和 22.5°C 的饲育温度; D_2 和 D_1 分别为 T_2 和 T_1 时的饲育天数 18 和 16。将这些数字代入上式, 运用二点法计算海湾扇贝 T_0 值, 则有:

$$T_{01} = \frac{18 \times 21 - 16 \times 22.5}{18 - 16} = 9 (\text{ }^\circ\text{C})$$

$$K = (T - T_0)D = (21 - 9) \times 18 = 216 (\text{ }^\circ\text{C})$$

由此得出海湾扇贝发育的生物学临界温度 T_{01} 为 9°C , 有效积温为 216°C 。

1.2.2 运用最小二乘法求生物临界温度 (T_{02}) 和有效积温 (K) 整理历年各次实验记录数据如表 1。

表 1 海湾扇贝促熟总天数 (D_i) 与总积温 (T_i) 计算结果 ($n=18$)

Tab.1 Relationship between rearing time D_i and accumulated temperature T_i

No.	D_i (d)	T_i ($^\circ\text{C}$)	速度	T_i/D_i ($^\circ\text{C}$)	$D_i T_0$ ($T_0 = 7.89$)	K ($T_i - D_i T_0$)	$K - K$	$D_i T_0$ ($T_0 = 6.54$)	K ($T_i - D_i T_0$)	$K - K$
1	24	316	0.0417	13.17	189.36	126.64	-1.45	156.96	159.04	-5.55
2	25	336	0.0400	13.44	197.25	138.75	10.66	163.50	172.50	7.91
3	26	350	0.0385	13.46	205.14	144.86	16.77	170.04	179.96	15.37
4	18	251	0.0556	13.94	142.02	108.98	-19.11	117.22	133.28	-31.31
5	23	317	0.0435	13.78	181.47	135.53	7.44	150.42	166.58	1.99
6	18	265	0.0556	14.72	142.02	122.98	-5.11	117.72	147.28	-17.31
7	23	314	0.0435	13.65	181.47	132.53	4.44	150.42	163.58	-1.01
8	23	321	0.0435	13.96	181.47	139.53	11.44	150.42	170.58	5.99
9	22	308	0.0455	14.00	173.58	134.42	6.33	143.88	164.12	-0.47
10	22	316	0.0455	14.36	173.58	142.42	14.33	143.88	172.12	7.53
11	24	336	0.0417	14.00	189.36	146.64	18.55	156.96	179.04	14.45
12	22	308	0.0455	14.00	173.58	134.42	6.33	143.88	164.12	-0.47
13	23	320	0.0435	13.91	181.47	138.53	10.44	150.42	169.58	4.99
14	25	323	0.0400	12.92	197.25	125.75	-2.34	163.50	159.50	-5.09
15	26	355.3	0.0385	13.67	205.14	150.16	22.07	170.04	185.26	20.67
16	25	322	0.0400	12.88	197.25	124.75	-3.34	163.50	158.50	-6.09
17	17	249	0.0588	14.65	134.13	114.87	-13.22	111.18	137.82	-26.77
18	19	304	0.0526	16.00	149.91	154.09	26.00	124.26	179.74	15.15
19	10	160	0.1000	16.00	78.90	81.10	-46.99			
20	18	221	0.0556	12.28	142.02	78.98	-49.11			
21	13	185	0.0769	14.23	102.57	82.43	-45.66			
22	20	317.5	0.0500	15.88	157.80	159.70	31.61			
$\bar{\Sigma}$	21.28	295.22	0.0498	14.04	167.12	128.09		147.15	164.59	

$$\text{依积温法则 } D = \frac{K}{T - T_0}, V = \frac{1}{D}, V = a + bT_0$$

当 $V=0$, $n=22$ 时, 经过计算则有 $a = -0.063\ 985\ 4$, $b = 8.105\ 148 \times 10^{-3}$, $r = 0.5449 > r_{0.01}^{21} = 0.526$ 。 $T_{02} = 7.89\ ^\circ\text{C}$, $K = 128.06\ ^\circ\text{C}$ 。由表中各个有效积温 K 值与平均有效积温 K 的距平看, No.19 — 22 号之误差较大。其中前三者是实验早期升温梯度过快 ($1.8 - 2.5\ ^\circ\text{C}/\text{d}$) 造成的, 后者是早期增温过缓 ($0.5 - 0.8\ ^\circ\text{C}/\text{d}$) 的结果。如舍弃此四列, 令 $n=18$, 经过计算则有: $a = -0.040\ 094\ 6$, $b = 6.128\ 276 \times 10^{-3}$, $r = 0.7212 > r_{0.01}^{17} = 0.575$ 。 a 在 0.01 的水平上显著。 $T_{02} = 6.54\ (^{\circ}\text{C})$, $K = 164.59\ (^{\circ}\text{C})$ 。此时则各列之 K 值与 K 值之距平差均小于 30。海湾扇贝产卵时控温一般在 $21 - 23\ ^\circ\text{C}$, T_{02} 为 $6.54\ ^\circ\text{C}$ 。一天的有效积温在 $15\ ^\circ\text{C}$ 以上, 即最大预报绝对误差不会超过两天。

由此用最小二乘法计算的生物临界温度 T_{02} 为 $6.54\ ^\circ\text{C}$, 有效积温 K 为 $164.59\ ^\circ\text{C}$ 。
1.2.3 运用积温仪计数法求生物学临界温度 (T_{03}) 和有效积温 (K) 实验中直接用电动数字式积温仪测积温有效值, 结合实验观察性腺指数变化, 实现综合归纳, 进行回归分析 (谭冠日, 1978; 张尧庭等, 1979; 毕庶万, 1984)。先求 K 值, 再将 K 值代入二点法求 T_{03} 。用促熟积温仪记录计算有效积温 K 的计算式:

$$K - NK_0 = \frac{1}{24 \times 60}$$

式中, $K_0 = 5$, 为仪器规定换算系数; N 为仪器记录数值, 开始产卵记录数为 72 000, 进入产卵盛期记录数为 86 400。计算表明: 海湾扇贝有效积温 K 为 $250\ ^\circ\text{C}$ 开始产卵, $300\ ^\circ\text{C}$ 进入产卵盛期。入池早, 起始温度低, 需时长; 反之则短。积温仪记录与实践经验均表明, 亲贝入池温度与促熟至产卵的天数关系密切, 见表 2。说明, 亲贝入池温度为 $t_0\ (^{\circ}\text{C})$, 促熟至排放精卵时间的天数为 $Y(\text{d})$, 促熟天数 $Y(\text{d})$ 与入池温度 t_0 的关系可用式 $Y(\text{d}) = A + Bt_0$ 表示。经过计算, 参数 A 为 27.2508, B 为 -1.4562 , 相关系数 $r = -0.9725$, a 在 0.01 的水平上显著。将这些参数代入上式, $Y(\text{d}) = 27.2508 - 1.4562t_0$ 。由此可见, 将入池温度值输入方程, 预报产卵期具有较高精度。将 K 值代入二点法计算 T_0 的公式中, 则可求出:

$$T_{03} = T = \frac{K}{D} = 21 - \frac{250}{18} = 7.11\ (^{\circ}\text{C})$$

由此得出用电动计数式积温仪计算的生物学临界温度 T_{03} 为 $7.11\ ^\circ\text{C}$, 有效积温为 $250\ ^\circ\text{C}$ 。

表 2 海湾扇贝入池温度 (t_0) 与促熟天数 (Y)

Tab.2 Relationship between the initial water temperature and the days of inducing maturation by elevating the temperature of *Argopecten irradians*

入池温度 $t_0\ (^{\circ}\text{C})$	1.8	2.9	3.0	4.0	4.5	5.6	6.3	6.5	9.0	11.0
促熟天数 $Y(\text{d})$	25	23	22	21	22	18	18	18	16	10
回报值 $Y(\text{d})$	25	23	23	21	21	19	18	18	14	11
绝对误差	0	0	-1	0	-1	-1	0	0	2	-1

2 讨论与结论

2.1 亲贝入池温度和升温梯度是决定促熟天数或预报产卵期准确与否的关键因素
决定成熟与产卵的因素很多,因此,要准确预报产卵期不容易。但在海湾扇贝促熟中总是要剔除那些生长发育不好的小个体,使个体差异变小。即使如此,亲贝越冬期间的温度、饵料、流速和亲贝密度各种因子的综合差异,也不可避免地要影响到亲贝的营养状况、肥满度和性腺发育。这会给准确预报产卵期造成误差。又由于促熟时的饵料环境和增温梯度等,因受控而相对稳定,因此,亲贝入池温度 t_0 与促熟天数 Y 关系密切。将 t_0 值代入方程 $Y = A + Bt_0$, 可以准确预报产卵期。

只有在最适温度内,亲贝才能迅速发育成熟,因此,升温梯度大小及其在高温或低温停留或稳定天数多少,也是影响预报精度的一个重要因子。这就是同一温度入池,但升温方法不同,促熟时间可以相差很大的原因。

2.2 预报产卵期精度的提高 用二点法求出的 $T_{01} = 9.0\text{ }^{\circ}\text{C}$, 最小二乘法求出的 $T_{02} = 6.54\text{ }^{\circ}\text{C}$; 电动计数式积温仪求出的 $T_{03} = 7.11\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。由于实验条件不稳定、次数不多,扩大了三者的误差; T_{03} 是在二点法的帮助下求出的,受二点法本身实验温度不稳的影响,精度也不理想。因此,用3种方法求出的 T_{01} , T_{02} 和 T_{03} 值,离定义的生物学临界温度的概念尚远,有待创造条件,提高实验精度,逐步逼近定义概念。

本文在探求促熟机理的基础上,利用3种方法试求了海湾扇贝的生物学临界温度;指出了提高精度的方法是创造条件,逐步使 T_0 值逼近定义的概念;提出了利用亲贝入池起始温度,给出预报采卵时间的关系式,用该式可以较准确地预报亲贝开始产卵时间;使用该方程的条件取决于实施方案中的升温梯度及其在各个温度梯度上的稳定时间。低温段的升温梯度小,稳定时间长,预报值偏小;反之则偏大。

尽管有效积温法是在一定的适温地区内预测变温动物非滞育发育的普遍性公式,但必须强调指出,接近临界温度的直回归线向上离开的点和高温部分向下拐曲的点,到什么程度才可以忽略呢?这是必须依赖主观经验的(日藤嘉昭,1982)。

综上所述,尽管时间短,设备条件差,用3种方法计算的海湾扇贝生物学临界温度 T_0 和有效积温 K 还存在精度不够理想的缺点,但本研究已充分表明,该预报方法具备机理明确、使用方便和精度较高的特点。

参 考 文 献

- 刘永峰, 1989, 水产科学, 8(2): 14—18。
 毕庶万, 1984, 海洋学报, 5(增刊): 947—952。
 张尧庭等, 1979, 气象资料统计分析方法, 科学出版社(北京), 23—49。
 张福绥等, 1986, 海洋与湖沼, 17(5): 367—374。
 张福绥等, 1986, 中国水产, 10: 21—23, 12: 19。
 张福绥等, 1987, 海洋科学, 6: 1—6。
 张福绥等, 1991, 水产学报, 15(1): 42—47。
 谭冠日, 1978, 气象站数理统计预报方法, 科学出版社(北京), 95—122。
 日藤嘉昭, 1982, 动物生态学, 科学出版社(北京), 135—146。
 日藤嘉昭, 1986, 动物生态学研究方法, 科学出版社(北京), 529—535。

菊地省吾、浮永久, 1974, 东北水研报告, 33: 69—78。

FORECAST OF THE EGG – COLLECTION TIME IN SEED REARING OF *ARGOPECTEN IRRADIANS* IN TEMPERATURE – CONTROLLED WATER

Bi Shuwan, Xu Zongfa, Yu Guangpu, Li Yanfen, Fang Shuzhen

(Marine Fisheries Research Institute of Shandong Province, Yantai 264000)

Sun Changxiang, Du Xiuchang

(Wendeng No. 1 Marine Culture Farm, Shandong 264400)

Abstract Using *Argopecten irradians* as materials, studies on the forecast of the egg-collection time during seed rearing in temperature-controlled water were conducted from March 1988 to May 1993. The results indicated that during inducing of maturation by elevating the water temperature, the biological T_0 values obtained by the two-point method, least square method, and electronic accumulated temperature counter were $T_{01} = 9.00^\circ\text{C}$, $T_{02} = 6.54^\circ\text{C}$, and $T_{03} = 7.11^\circ\text{C}$, respectively. The differences were caused by the differences in experimental conditions. T_{03} is of higher accuracy. There was high correlation between the number of days for inducing the maturation and the initial water temperature of the pond. The egg-collected time can be exactly forecast by the equation $Y_{(d)} = A + Bt_0$ ($^\circ\text{C}$), the $A = 27.2508$, $B = -1.4562$; $r = -0.9725$. The level of significance of α is 0.01. To carry out the plan, the main conditions suitable for this equation are the gradients of rising temperature and times of every gradient.

Key words *Argopecten irradians* Seed-rearing of temperature controlled water Egg-collected time forecast