

# 河北地区沿海盐场卤虫品系的组成

周可新<sup>①②</sup> 许木启<sup>①</sup> 印象初<sup>②\*</sup>

(<sup>①</sup>中国科学院动物研究所 北京 100080 ;<sup>②</sup>河北大学生命科学学院 保定 071002)

**摘要** :对河北地区海丰盐场和王凤玉盐场的卤虫品系组成情况进行了分析 结果显示 由于人为引种及在虾蟹育苗中不同品系卤虫卵的不当使用 使得该地区卤虫由原来单一的孤雌生殖品系组成变为目前的本地孤雌生殖卤虫、两性生殖的旧金山卤虫 (*Artemia franciscana*) 以及中华卤虫 (*A. sinica*) 混杂组成 其中外来种旧金山卤虫为优势种群 中华卤虫只是偶尔见到。由于竞争排斥效应 孤雌生殖和两性生殖卤虫产生了生态位的分化 孤雌生殖卤虫主要分布在低盐度的盐池 两性生殖卤虫主要分布在高盐度的盐池。

**关键词** :卤虫 盐场 外来种 河北省

中图分类号 :Q959 Q958 文献标识码 :A 文章编号 :0250-3263(2006)04-01-05

## Constitution of *Artemia* Strains in Coastal Salterns of Hebei Province

ZHOU Ke-Xin<sup>①②</sup> XU Mu-Qi<sup>①</sup> YIN Xiang-Chu<sup>②</sup>

(<sup>①</sup> Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080 ;

<sup>②</sup> College of Life Sciences, Hebei University, Baoding 071002, China)

**Abstract** :The constitution of *Artemia* species of Haifeng Saltern and Wangfengyu Saltern of Hebei Province was studied. Results showed that there were three species in the two salterns : *Artemia franciscana*, *A. sinica* and the endemic parthenogenetic species because of the introduction of exotic species and incorrect use of different *Artemia* strains in aquaculture. Exotic species-*A. franciscana* is the dominant population. *A. sinica* can be seen only occasionally. Due to competition exclusion effect, bisexual and parthenogenetic species are ecologically separated. Bisexual species mainly distributed in high salinity salterns, while parthenogenetic species mainly distributed in low salinity salterns.

**Key words** :*Artemia*; saltern; Exotic species; Hebei Province

卤虫 (*Artemia*) 隶属节肢动物门 (Arthropoda) 甲壳纲 (Crustacea) 无甲目 (Anostraca) 卤虫科 (Artemiidae), 广泛分布于内陆盐湖及沿海盐场等高盐水域中。卤虫的无节幼体具有大量卵黄, 含有丰富的蛋白质和脂肪。卤虫越冬卵具有硬壳, 可以渡过不良的环境条件, 长期保存仍有生命力, 遇到合适的条件, 能在 24 h 内孵出无节幼体。由于具有这些特点, 卤虫无节幼体已被国内外水产养殖业广泛用作鱼、虾、蟹等幼苗的天然开口饵料, 不仅能提高鱼、虾、蟹幼苗的成活率, 而且能作为载体使幼苗有效地吸收药物, 从而起到预防疾病的作用。

我国的海岸线 18 000 多 km, 卤虫资源丰富, 沿海地区北起辽宁南至海南均有分布, 其中以辽宁、天津、河北、山东环绕的渤海湾地区最适合卤虫的生长、繁殖, 且卤虫卵的产量最高<sup>[1]</sup>。渤海湾地区原有种群为孤雌生殖卤

基金项目 国家自然科学基金 (No. 30370224), 河北省自然科学基金 (No. C200600973) 及中国科学院知识创新工程重要方向项目 (No. KSCX2-SW-128, KSCX2-SW-102) 的部分研究内容;

\* 通讯作者;

第一作者介绍 周可新, 男, 博士, 副教授; 研究方向: 生态学。

收稿日期 2005-12-30, 修回日期 2006-04-25

虫<sup>[2]</sup>。但唐森铭<sup>[3]</sup>在对天津 1992 年卤虫卵和 1990 年卤虫卵比较后发现,1992 年卤虫卵的卵径分布谱不同于一般纯种虫卵卵径的单峰分布,而是出现了双峰。其干卵径的两个峰值分别为 228  $\mu\text{m}$  和 268  $\mu\text{m}$ 。并因此认为天津 1992 年的卤虫卵已是本地孤雌生殖卤虫卵与两性生殖的旧金山卤虫卵的混合。而天津 1990 年的卤虫卵卵径是单峰分布,说明 1990 年还没有混杂。

贾沁贤等<sup>[4]</sup>在研究不同卤虫品系耐寒力时,发现我国沿海卤虫品系的耐寒力缺乏规律性,认为这种现象出现的原因主要是 20 世纪 80 年代以来在虾蟹育苗中使用不同来源的卤虫卵,使得我国沿海卤虫品系不同程度地混杂了美国旧金山湾品系和我国内陆品系。

从以上分析看出,渤海湾的卤虫品系已从 20 世纪 90 年代以前的单一孤雌生殖卤虫组成为目前的由孤雌生殖和两性生殖卤虫混合组成。但这两种类型的卤虫在自然条件下究竟如何分布,是存在生态位的重叠还是完全分布于不同的环境中,这些问题尚待探讨。

本文对渤海湾两个盐场卤虫品系组成的情况进行了研究,拟为充分、合理地开发利用渤海湾地区的卤虫及卤虫卵资源提供基础资料。

## 1 材料与方法

**1.1 材料** 经形态观察及生殖隔离实验鉴定系孤雌生殖卤虫(*Artemia parthenogenetica*)两性生殖的旧金山卤虫(*A. franciscana*)及中华卤虫(*A. sinica*)。

**1.2 地点与时间** 实验地点选在位于渤海湾地区的河北省海兴县的海丰盐场和王凤玉盐场(38°11'N,117°47'E),采样盐池均为蒸发池。由于蒸发作用,各盐池盐度持续缓慢升高。为保持各池卤水盐度恒定,定期从低盐度盐池补充卤水。实验时间为 1999 年 7 月 16~21 日。

**1.3 雌雄比例的测定** 用温度计和盐度计测定气温、盐池水温及盐度。依据不同盐池中卤虫的数量,海丰盐场选取 7 个盐池,编号为 1~7;王凤玉盐场选取 6 个盐池,编号为 1~6。方法为沿盐池边各点随机选择取样点 10~20 个

(视池中卤虫密度而定),每点取样 400 ml,记录成体与亚成体的雌雄个体的个数,雌雄个体的区分以抱握器为标志,至总数为 100 条为止。

**1.4 卵径的测量** 将从海丰盐场采得的卤虫卵带回实验室,放入干燥器内干燥 2 d 后,置于显微镜下用目测微尺测量,测 100 粒。

**1.5 杂交实验** 杂交实验于 2000 年在河北大学实验室中进行,将从海丰盐场采得的卤虫卵、旧金山卤虫的卤虫卵及中华卤虫的卤虫卵孵化,培养卤虫至性分化后,将雌性卤虫挑出单独培养 14 d,以确保卵没有受精,然后将各品系雌、雄卤虫单对组合进行交配,正反交各做一组,每组为 10 对,每对在一起培养至少 14 d。培养期间如果雄性死亡,则重新补充雄体。产生 F<sub>1</sub> 代的组合,取出亲本继续培养,观察是否有 F<sub>2</sub> 代产生。卤虫卵的孵化、培养及杂交实验均在光照培养箱中进行,光照强度为 1 000 lx,12 h 光照,12 h 黑暗。温度保持在(25±1)℃。孵化液的盐度为 30‰,培养液的盐度为 50‰。饵料为酵母和杜氏藻(*Dunaliella* sp.)。

## 2 结果

### 2.1 卤虫的雌雄比例

**2.1.1 海丰盐场** 海丰盐场 1~7 号盐池分别于 7 月 16 日、7 月 18 日和 7 月 20 日做了 3 次,结果见表 1。

表 1 海丰盐场卤虫性比

Table 1 *Artemia* sex ratio of Haifeng Saltern

盐池号 Saltern's number	7 月 16 日		7 月 18 日		7 月 20 日	
	盐度 Salinity (‰)	性比 Sex ratio (♀♂ <sup>a</sup> )	盐度 Salinity (‰)	性比 Sex ratio (♀♂ <sup>a</sup> )	盐度 Salinity (‰)	性比 Sex ratio (♀♂ <sup>a</sup> )
1	77	93/7	108	93/7	108	98/2
2	118	90/10	140	83/17	129	90/10
3	163	71/29	174	74/26	174	74/26
4	198	67/33	208	65/35	205	80/20
5	198	70/30	212	68/32	210	66/34
6	235	53/47	239	59/41	241	55/45
7	192	82/18	199	80/20	196	71/29

**2.1.2 王凤玉盐场** 王凤玉盐场 1~6 号盐池分别于 7 月 17 日、7 月 19 日和 7 月 21 日做了 3 次,结果见表 2。

表 2 王凤玉盐场卤虫性比

Table 2 *Artemia* sex ratio of Wangfengyu Saltern

盐池号 Saltern's number	7月17日		7月19日		7月21日	
	盐度 Salinity (‰)	性比 Sex ratio (♀♂)	盐度 Salinity (‰)	性比 Sex ratio (♀♂)	盐度 Salinity (‰)	性比 Sex ratio (♀♂)
1	77	99/1	92	100/0	77	100/0
2	108	100/0	113	100/0	92	98/2
3	118	97/3	124	93/7P	113	88/12
4	151	78/22	156	79/21	140	70/30
5	174	65/35	180	68/32	157	66/34
6	198	63/37	207	69/31	198	71/29

**2.1.3 海丰盐场和王凤玉盐场不同盐度下卤虫雄体的比例** 将海丰盐场 7 个盐池的盐度归入 7 个盐度梯度,王凤玉盐场 6 个盐池的盐度归入 6 个盐度梯度,得出两个盐场不同盐度下卤虫雄体平均的比例见表 3。由表 3 可见,随着海丰盐场盐池盐度的增加,卤虫中雄体的比例也逐步增加,说明两性生殖卤虫所占的比例在逐步增加,从盐度 70‰~100‰时的占 5.3%到盐度 220‰~250‰时的占 44.3%,即两性生殖卤虫所占的比例从占 10.6%到占 88.6%。同样,在王凤玉盐场,雄体所占比例也是随着盐池盐度的增加而上升。

表 3 海丰盐场和王凤玉盐场不同盐度下  
卤虫雄体的比例Table 1 Male ratio of *Artemia* at different salinity in  
Haifeng Saltern and Wangfengyu Saltern

盐度(‰) Salinity	雄体比例 Male ratio(%)	
	海丰盐场 Haifeng	王凤玉 Wangfengyu
70~100	5.3	5.3
100~130	6.7	4.4
130~160	17.0	26.8
160~190	27.0	33.5
190~220	27.9	32.3
220~250	44.3	—

**2.2 卵径** 卵径的测量结果见图 1。计算得平均卵径为 $(222.4 \pm 19.5) \mu\text{m}$ 。由图 1 可见,海丰盐场卤虫卵卵径分布谱为双峰,两个峰值分别为 220  $\mu\text{m}$  和 250  $\mu\text{m}$  左右,说明卤虫卵有了混杂,依据我国沿海孤雌生殖卤虫卵及旧金山卤虫卵卵径的资料以及成体形态的观察,可

初步断定海丰盐场的卤虫卵主要由这两种卤虫组成。其中孤雌生殖卤虫卵约占 20%,旧金山卤虫卵约占 80%。中华卤虫只是偶尔见到。

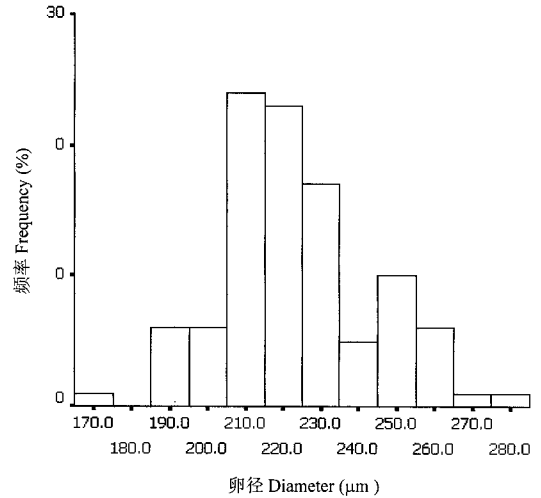


图 1 卤虫卵径分布图

Fig. 1 Distribution of *Artemia* cysts diameter

**2.3 杂交实验** 海丰盐场卤虫与旧金山卤虫及中华卤虫杂交实验的结果见表 4,表明海丰盐场的卤虫卵中多为旧金山卤虫卵。另外,根据卤虫雄体抱握器的形状及尾部的长短,我们发现少数卤虫雄体很象中华卤虫的雄体,于是把这类雄体挑出与中华卤虫的雌体做杂交实验,发现能产生  $F_1$  代和  $F_2$  代,即它们间不存在生殖隔离,表明海丰盐场也有一部分中华卤虫。

表 4 海丰盐场卤虫与旧金山卤虫及  
中华卤虫的杂交实验结果Table 1 The results of cross experiments between  
Haifeng *Artemia* strains, *A. franciscana* and *A. sinica*

杂交亲本 Parental (♀×♂)	亲本死亡 组合数 Dead pairs of parental	$F_1$ 对数/ 亲本对数 $F_1$ pairs/ parental pairs	$F_2$
SIN × SIN	2	7/8	产生 Yes
FRA × FRA	0	10/10	产生 Yes
HF × SIN	2	0/8	—
SIN × HF	0	0/10	—
HF × FRA	0	7/10	产生 Yes
FRA × HF	3	5/7	产生 Yes

SIN: 中华卤虫; FRA: 旧金山卤虫; HF: 海丰卤虫。

SIN: *Artemia sinica*; FRA: *A. franciscana*; HF: Haifeng *A. strains*.

### 3 讨论

#### 3.1 孤雌生殖与两性生殖卤虫的关系

Abatzopoulos 等<sup>[5]</sup>认为孤雌生殖动物没有进化的潜在可能性,它们走进了进化的死胡同。Lokki<sup>[6]</sup>认为孤雌生殖动物的生态和分布往往是成功的,而广泛分布的能力比二倍体个体要强的多。就孤雌生殖卤虫的分布来看,由于卤虫生活于高盐水体中,生活环境较为恶劣,为适应这种不良环境,卤虫通过多倍化增加遗传物质,通过转录、翻译使同工酶和其他对维持生命活动有重要作用的蛋白质成倍增加,从而加强了个体的生存能力。另外,从形态学的观点来看,多倍体个体的卵径、无节幼体和成体都明显大于二倍体个体,抗饥饿和抗低温的能力较二倍体要强的多。孤雌生殖卤虫种群中也并非都是雌体,有时会出现少量的雄体,因其出现的比率较低,通常只有 0.002 ~ 0.006,称罕见雄体 (Rare male)。罕见雄体的功能及其产生的意义至今尚无一致意见。高明君等<sup>[7]</sup>曾利用河北孤雌生殖卤虫中的罕见雄体与山西两性生殖卤虫的雌体成功地进行了杂交实验,发现这种杂交能显著提高遗传变异水平。罕见雄体具有与孤雌卤虫显著不同的酶谱特征,它不但能与两性生殖卤虫杂交,而且能够传递孤雌基因给两性杂交后代,它与两性生殖卤虫杂交后还能显著提高遗传变异水平。因此,罕见雄体的产生在一定程度上既增加了孤雌生殖卤虫群体中的遗传异质性,又增加了孤雌与两性生殖卤虫共存群体中的遗传多样性。可见,孤雌生殖卤虫具有许多适应生存环境的特征。

孤雌生殖卤虫仅分布在旧大陆。Brown<sup>[8]</sup>认为孤雌生殖卤虫在旧大陆的分布是成功的,因为 70% 的旧大陆种群是孤雌生殖的。因此在自然状态下,旧大陆的孤雌生殖卤虫在与旧大陆的两性生殖卤虫的竞争中占据优势,这表现在它们有更大的分布范围,且主要分布在生存环境较好的沿海,而旧大陆的两性生殖卤虫通常只是分布在内陆盐湖,那里的生存环境远较沿海恶劣。Brown 的资料只是反应了 20 世纪

90 年代以前的情况,而随着新大陆两性生殖卤虫在世界各地的引种,打破了这种分布平衡,许多原来孤雌生殖卤虫的栖息地正逐步被新大陆两性生殖卤虫所占据,因而很多地区出现了卤虫的混杂,由于很难用肉眼分辨不同的卤虫品系,因而卤虫品系的鉴别成为一个难题,近年来,分子生物学技术被应用于卤虫的分类鉴定中,如 Bossier 等<sup>[9]</sup>用 RFLP 技术鉴定卤虫种类就取得了较好的效果。

3.2 渤海湾地区卤虫混杂情况 渤海湾地区原有的孤雌生殖卤虫由于耐低温、高盐能力差,不能在春季晒盐生产时除去盐池中大量繁殖的藻类。另外,日益发展的水产养殖业对卤虫饵料的需求大量增加,造成对卤虫的掠夺性捕捞,使渤海湾地区卤虫的数量和产量逐年下降,卤虫资源濒临枯竭。因此,中国轻工业总会制盐研究所于 1991 年在塘沽、汉沽、滦南等盐场开始实施引种计划,将旧金山卤虫引入<sup>[10]</sup>。当年的调查结果为在各引种盐场旧金山卤虫的比例高达 70% ~ 80%。由于风力和水鸟的传播,使旧金山卤虫迅速地在沿海地区得到扩散。Zhang 等<sup>[11]</sup>研究了山东埕口盐场和羊口盐场外来种旧金山卤虫组成情况,发现埕口盐场两性生殖卤虫雌体与孤雌生殖卤虫雌体的数量比例为 7.4:1,而在羊口盐场这个比例为 11.3:1,因此认为旧金山卤虫已成为当地的优势种。由此可见,旧金山卤虫已扩散到整个渤海湾地区。

张波等<sup>[10]</sup>在引种当年的调查结果为盐场旧金山卤虫的比例达 70% ~ 80%。本研究的结果发现旧金山卤虫卵约占 80%。此外,中华卤虫也能偶尔见到。可见,随着时间的推移,旧金山卤虫的比例并未明显增加以致彻底取代了孤雌生殖卤虫,而是出现了孤雌生殖卤虫和两性生殖卤虫稳定共存的局面,这种现象出现的原因是两者出现了生态位的分化,即孤雌生殖卤虫主要生活在低盐度盐池,而两性生殖卤虫主要生活于高盐度盐池。王睿等<sup>[12]</sup>通过适温范围内不同温度下的生长和生殖特点证明了美国旧金山湾品系耐高盐能力高于我国品系。本研究的结果与王睿等通过实验得出的结论一

致。不同品系的卤虫卵其加工条件也不同,由于旧金山卤虫的引入以及内地中华卤虫的混杂,必将导致卤虫卵孵化的同步性降低,给卤虫卵的加工带来难度,进而使其商品价值降低。

**3.3 品系混杂对卤虫多样性的影响** 世界各地的人们正享受着由全球生物多样性所带来的巨大财富。但随着经济和社会的发展,世界范围内物种会出现越来越多的转移。这种转移将使一些物种数量变得更多,同时会减少其他一些物种的数量(甚至导致一些物种的灭绝),但总体趋势是导致全球物种多样性和遗传多样性的丧失。旧金山卤虫是世界上分布最广、被研究最多的新大陆种(New World species)<sup>[13,14]</sup>,它对环境的适应能力也非常强。由于旧金山卤虫在水产育苗和盐业生产中有着许多优越性,所以正在以很快的速度在全世界传播。张波等<sup>[10]</sup>介绍了渤海湾地区首次引种旧金山卤虫的结果,证明旧金山卤虫能够适应当地的生存环境并在与当地孤雌生殖卤虫的生存竞争中占据优势。通过引种,可以延长卤虫的生长周期和提高卤虫的耐盐范围,使卤虫的产量提高30%~100%。不可否认,旧金山卤虫的引入在短期内对于卤虫产业及盐业生产的益处。但同时人为地引入外地种会导致本地种的生存受到威胁,使得本地种消失或造成本地种和外来种相互混杂,其长期结果难以预测,但有一点是清楚的,即趋于同质化<sup>[15,16]</sup>。因此,旧金山卤虫在世界范围内的迅速传播将导致卤虫物种多样性和遗传多样性的丧失。

中国沿海地区的卤虫及其休眠卵的原料产地,主要集中于渤海沿岸,包括辽宁的营口,天津的汉沽、塘沽,河北的唐山、黄骅、海兴,山东的无棣、东营、潍坊。这些地区拥有大面积的盐田,加之当地气候和自然环境适合卤虫生长繁殖,长期以来产量一直占全国产量的一半以上<sup>[17]</sup>。因此,对于这一地区卤虫资源的研究和保护是非常重要的。本项研究将为充分、合理地开发利用渤海湾地区的卤虫及卤虫卵资源提供帮助。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] 毕久勤,陈绍忠. 开发盐田新资源——盐田卤虫. 海湖盐与化工,1992,21(2):22~24.
- [ 2 ] 陈清潮. 卤虫卵的资源及提高孵化率的方法. 动物学杂志,1975,(3):21~23.
- [ 3 ] 唐森铭. 卤虫卵径的分组和比较. 海洋学报,1997,19(1):81~86.
- [ 4 ] 贾沁贤,陈立靖,左中原. 不同品系卤虫耐寒力的比较. 动物学报,1999,45(10):32~39.
- [ 5 ] Abatzopoulos T H, Triantaphyllidis C, Kastritsis C. Genetic polymorphism in two parthenogenetic *Artemia* populations from Northern Greece. *Hydrobiologia*, 1993, 250:73~80.
- [ 6 ] Lokki J. Protein variation and the origin of parthenogenetic forms. In: Oxford G S, Bollinson D eds. *Protein Polymorphism: Adaptive and Taxonomic Significance*. London: Academic Press, 1983, 223~235.
- [ 7 ] 高明君,蔡亚能. 应用卤重新品系'OP1'提高遗传变异的研究. 海洋学报,1995,17(1):97~104.
- [ 8 ] Brown R A. Population genetics and ecology of *Artemia*: insights into parthenogenetic reproduction. *Trends in Ecology & Evolution*, 1992, 7(7):232~237.
- [ 9 ] Bossier P, Wang X, Francesco C. An RFLP database for authentication of commercial cyst samples of the brine shrimp *Artemia* spp. (International Study on *Artemia* LXX). *Aquaculture*, 2004, 231:93~112.
- [ 10 ] 张波,郭金昌,商占恒等. 旧金山湾卤虫(*Artemia franciscana*)在中国渤海湾地区的引种. 海湖盐与化工,1993,22(3):7~10.
- [ 11 ] Zhang B, Sun S, Ma L. The Occurrence of an exotic bisexual *Artemia* species, *Artemia franciscana*, in two coastal salterns of Shandong Province, China. *Journal of Ocean University of China*, 2004, 3(2):171~174.
- [ 12 ] 王睿,张闰生. 温度和盐度对卤虫生物学特性的影响. 生态学报,1995,15(2):214~219.
- [ 13 ] Vanhaeche P, Tackaert W, Sorgeloos P. The biogeography of *Artemia*: an updated review. In: Sorgeloos P, Bengtson D A, Decler W *et al.* eds. *Artemia Research and its Applications*. Vol. 1. Universa Press, Wetteren, Belgium, 1987, 129~155.
- [ 14 ] Triantaphyllidis G V, Abatzopoulos T J, Sorgeloos P. Review of the biogeography of the genus *Artemia* (Crustacea, Anostraca). *Journal of Biogeography*, 1998, 25:213~226.
- [ 15 ] Bright C. Life out of Bounds: Bioinvasion in a Borderless World. New York: W. W. Norton & Company, 1998.
- [ 16 ] Mooney H A, Hobbs R J. Invasive Species in a Changing World. Island Press, Washington D. C. 2000.
- [ 17 ] 何为. 1999-2000年度我国沿海卤虫产业调查与分析. 上海水产大学学报,2000,9(3):264~267.