

中国内陆盐湖卤虫资源开发利用的研究

马志珍 陈汇远 武振彬 张可为*

(中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

摘要 我国内陆盐湖卤虫资源分布地区约有43处, 其中重点产区有内蒙古的额吉淖尔、黄旗海; 青海的尕斯库勒湖、小柴旦湖; 新疆的艾比湖、巴里坤湖; 山西的解池等7处。卤虫资源量为25 000~30 000t/a; 卤虫卵500~700t/a; 可开发量: 鲜卤虫1 500t/a, 原料卤虫卵200~300t/a。研究了主要盐湖卤虫生物学特性和投喂对虾幼体的饵料效果以及卤虫的孵化特性和加工工艺。并对我国内陆盐湖卤虫资源进行了评估, 提出了繁殖保护和开发利用的意见。

关键词 卤虫 盐湖 开发利用 中国

我国是海盐生产大国, 产量居世界之首, 沿海盐田面积多达3 600km², 年产鲜卤虫约1 5000t, 原料卤虫卵300~500t。但由于前几年在卤虫和卤虫卵的开发利用上失控, 破坏了天然卤虫资源, 使卤虫和卤虫卵的数量、质量都严重下降。而在我国广大内陆地区的盐湖中, 蕴藏着丰富的卤虫资源^[1,2], 但因自然条件及交通等原因还没有进行全面系统的调查研究, 对现有盐湖卤虫资源的认识还仅停留在局部的、零星的水平上^[3]。

要开发利用内陆盐湖卤虫资源, 首先应该对资源量做较准确的评估, 然后寻求开发利用的途径, 同时重视资源保护。为此, 我们于1990~1992年, 通过现场实地考察、访问、发函调研、收集文献资料和实验室试验及在生产中推广应用等方法, 分别对内蒙、青海、新疆和山西等一些主要盐湖进行了卤虫资源的调查, 并对盐湖卤虫的生物学特性和卤虫卵的孵化特性, 卤虫和卤虫卵的应用及卤虫卵的加工工艺等进行了研究, 为开发利用我国内陆盐湖的卤虫资源提供科学依据。

1 中国内陆盐湖的卤虫资源

我国盐湖主要分布在内蒙、青海、新疆、西藏、河北、宁夏、甘肃和山西等省和自治区, 据目前调查资料统计, 我国内陆盐湖卤虫资源分布地有43处, 其中河北4处、内蒙23处、甘肃2处、青海3处、新疆4处、西藏5处、山西和云南各1处。已进行部分开发利用或具

* 内蒙古水产科学研究所, 呼和浩特 010031

1990年中国水产科学研究院重点项目

收稿日期: 1994-07-08, 修回日期: 1996-02-07

表1 中国内陆盐湖卤虫生物地理学分布一览表
Table 1 A list of the biogeography distribution of brine shrimp
in the inland saline lakes of China

区域 Region	省、市、自治区 Province, Autonomous region	产地 Locality	地理坐标 Geographical coordinates	生殖类型(1) Reproduction mode	染色体倍性 (n=21) Chromosome numbers	附注 Note
内陆地区的盐湖和部分盐田	河北	康保	41.9°N, 114.6°E	B		
		沽源	41.7°N, 115.7°E	B	2n	
	内蒙	张北	41.2°N, 114.7°E	B		
		尚义	41.1°N, 113.9°E	B	2n	
		额吉淖尔 ⁽²⁾	45.2°N, 116.5°E	B		面积 25km ²
		硝泡子	45.1°N, 116.6°E	B		面积 3.4km ²
		巴勒淖尔	44.6°N, 117.6°E	B		面积 4 km ²
		吉仁高勒淖尔	44.5°N, 117.2°E	B		面积 1km ²
		巴彦淖尔	44.0°N, 116.1°E	B		面积 4km ²
		二连盐场	43.7°N, 112.0°E	B		
		准察罕淖尔	43.0°N, 115.6°E	B		面积 3.4km ²
		桑根达来淖尔	42.3°N, 115.7°E	B		面积 3km ²
		达格淖尔	42.5°N, 116.0°E	B		面积 1.5km ²
		阿拉腾淖尔	42.3°N, 115.0°E	B		面积 4km ²
		南大勿登	41.6°N, 113.5°E	B		
		黄旗海	40.8°N, 113.3°E	P	2n	面积 72km ² , 水深 0.5~1.5m
		盐海子	40.1°N, 108.4°E	B		面积 1.7km ²
		杭锦旗盐场	39.8°N, 108.7°E	B		
		陶陶图淖尔	39.1°N, 108.1°E	B		面积 4.2km ²
		乌兰淖尔	38.1°N, 108.0°E	B		面积 10km ²
		查干淖尔	39.0°N, 109.0°E	B		面积 5km ²
		呼和陶勒盖淖尔	39.0°N, 108.6°E	B		面积 2km ²
		浩勒报吉淖尔	38.8°N, 108.5°E	B		面积 5km ²
		浩通音查干淖尔	38.6°N, 108.9°E	B		面积 21.8km ²
		苏贝淖尔	38.5°N, 108.5°E	B		面积 1.7km ²
		巴嘎淖尔	38.4°N, 108.5°E	B		面积 20km ²
	甘肃	北大池	37.6°N, 107.4°E	B		面积 20.3km ²
		白银	36.6°N, 104.7°E	P		
		靖远	36.5°N, 104.7°E	P		
	青海	尕斯	37.1°N, 97.5°E	P	2n	面积 37.4km ² , 海拔 2 851m, 水深 8~13m
		小柴旦湖	37.4°N, 95.4°E	B		面积 35.9km ² , 海拔 3 172m, 水深 0.26m
	新疆	柯柯盐湖	36.8°N, 98.5°E	B	4n	面积 1.5km ² , 海拔 2 943m,
		艾比湖	44.9°N, 82.9°E	P	2n, 4n	面积 562.5km ² , 海拔 196m, 水深 1.04m
		巴里坤湖	43.7°N, 92.7°E	P	2n	面积 88km ² , 海拔 1 580m, 水深 0.6m
		达板城盐湖	43.5°N, 88.3°E	P	4n	
		阿勒泰盐池	47.8°N, 88.1°E	B	2n	面积 4km ²
	西藏	尼错 ⁽³⁾	34.6°N, 87.3°E	B		面积 62.5km ² , 海拔 4 902m
		才多茶卡 ⁽⁴⁾	33.2°N, 89.1°E	?		面积 43.5km ² , 海拔 4 822m
		洞错	32.2°N, 84.7°E			面积 84km ² , 海拔 4 430m
		狮泉河畔	32.1°N, 81.0°E	?		海拔 4 416m
		茶错	32.0°N, 83.1°E	?		面积 8.4km ² , 海拔 4 400m
山西		解池	34.9°N, 110.8°E	B	n, 2n, 3n, 4n, 8n	面积 28km ² , 海拔 320m
云南		盐津	28.1°N, 104.3°E	B	2n	
宁夏		不詳				

(1)P 孤雌生殖, B 两性生殖; (2)淖尔—蒙语, 意为湖泊。

(3)错—藏语, 意为湖泊; (4)茶卡—藏语, 意为盐湖滨, 现泛指盐湖。

表2 中国内陆部分盐湖卤虫和卤虫卵的产量
Table 2 The stock biomass and exploitable output of brine shrimp
in some inland saline lakes of China

产地 Locality	资源量(t) Stock biomass(t)		可开发量(t) Exploitable output(t)		已开发量(t) Caught numbers(t)		资料来源 Reference
	卤虫 Body	卤虫卵 Cyst	卤虫 Body	卤虫卵 Cyst	卤虫 Body	卤虫卵 Cyst	
内蒙全区					100 (1989~1991年)		内蒙盐业公司
桑根达来淖尔					500 (1989年)		作者 1993
黄旗海	9 000 (1989年)		900 (1989年)		900 (1989年)	10 (1989年)	作者 1993
乌兰淖尔						1.1 (1989年)	作者 1993
查干淖尔					100 (1990年)		作者 1993
北大池						数吨/年 (1988~1991年)	作者 1993
盐海子						10 (1989年)	作者 1993
尕斯海			1 000 (1993年)	80 (1993年)		65 (1991年)	纪振玺 1993
小柴旦湖	2 500 (1990年)	150 (1990年)	250 (1990年)	15 (1990年)			作者 1993
艾比湖	4 000 (1989~1990年)	200~400 (1989~1990年)	800 (1989~1990年)	20~40 (1989~1990年)			任慕莲等 1992
巴里坤湖						60~80 (1989~1990年)	作者 1993
解池	9 400 (1986~1987年)	20 (1986~1987年)	62~96 (1986~1987年)	5~8 (1986~1987年)			高仁恒 等,1992
		116.5 (1989~1990年)	254.8 (1989~1990年)	36.1 (1989~1990年)			贾沁源等 1991
						50~60 (1989~1990年)	作者 1993

* 纪振玺, 青海卤虫资源开发见成效, 科技日报, 1993-06-12(2)

** 贾沁源, 等, 山西卤虫生物学生态学及资源开发利用研究(油印稿), 1991

有较大开发利用潜力的分布地有 16 处: 其中内蒙 11 处——额吉淖尔、桑根达来淖尔、黄旗海、陶套图淖尔、乌兰淖尔、浩勒报吉淖尔、查干淖尔、浩通音查干淖尔、北大池、巴嘎淖尔和盐海子; 青海 2 处——尕斯海和小柴旦湖; 新疆 2 处——艾比湖和巴里坤湖; 山西 1 处——运城解池(表 1)。据初步调查估测, 我国内陆盐湖卤虫资源蕴藏量为: 卤虫 25 000~30 000t, 卤虫卵 500~700t, 每年可开发利用的产量为: 鲜卤虫 1 500t, 原料卤虫卵 200~300t(表 2)。

2 中国盐湖卤虫的生物学特性

中国内陆盐湖卤虫可分为两个种系,一类是以山西解池的中华卤虫(*Artemia sinica*)为代表的两性生殖种系;另一类是孤雌生殖种系。两性生殖卤虫产地多,但分布分散,资源量少;而孤雌生殖卤虫产地虽少,却分布集中,资源量较大。Abren—Grobios, F. A. (1982)和 Domench, A. F. (1982)认为孤雌生殖卤虫耐高温能力强,然而这一结论与我们的调查结果不完全相符。例如解池7月份的水温 $27.9\sim 34.6^{\circ}\text{C}$,分布的是两性生殖卤虫;而新疆艾比湖7月份的水温一般在 $22\sim 26^{\circ}\text{C}$ 之间,分布的却是孤雌生殖卤虫。从一般的生物学规律推测,无论是从收获卤虫成虫或是收获卤虫卵的角度来看,孤雌生殖较为有利。因为雌体成虫的全长平均为1.2cm左右,而雄体成虫只有0.8cm左右。在同样密度下,当然孤雌生殖卤虫的生物量大些。两性生殖卤虫的雌雄比近于1:1,这也就是说孤雌卤虫成虫群体全部可以怀卵产卵(或产幼体),而两性生殖卤虫则只有一半虫体(雌)能怀卵产卵(或产幼体)。从这一推断来看,孤雌生殖卤虫产生的后代(卵或幼体)相对要多得多。从卤虫资源的自然分布状况看,各盐湖的卤虫已适应了当地自然环境条件,我们没有必要进行人为的干预。如果进行卤虫的人工增养殖,我们认为应优先考虑孤雌生殖卤虫种系。

温度是变温动物生存的先决条件,卤虫同样遵循变温动物对温度反应的基本规律。贾沁源等(1991)用李超(1985)优化过的目标函数逼近法,计算了山西解池卤虫卵孵化、卤虫发育等的温度参数:孵化发育起始温度为 9.07°C ,有效积温为 $221. \pm 23.5^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$;幼虫发育起始温度为 11°C ,有效积温为 $205.26 \pm 24.1^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$;卤虫平均每一个世代历期约40d,为 $458.4 \pm 36.6^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ①。为此作者应用贾沁源等(1991)的结果,结合当地的气候资料(1年中 $>10^{\circ}\text{C}$ 的天数),初步估算出:青海盐湖卤虫一年有3代,内蒙盐湖卤虫有3~4代,新疆盐湖卤虫有4~5代,而山西解池卤虫有5~6代。这对我们开发利用盐湖天然卤虫资源或进行盐湖卤虫人工增养殖都有一定的参考价值。

尽管卤虫对盐度的适应范围比较广(3~330),但无论是卤虫卵的孵化、幼体生长发育、成体的生长繁殖,还是卤虫的寿命长短等,都有一个适宜的盐度范围。一般情况下,盐湖卤虫卵的孵化适宜盐度为5~80,较佳的盐度为35左右。试验结果看,卤虫在性成熟前,较低的盐度有利于其生长和存活(30~50),成熟之后盐度高一些为好(70~80),而盐度大于100时,有利于促使卤虫产卵。由于盐湖中的天然卤虫受到敌害生物的制约,所以盐度一般都要大于70~80才能保持卤虫种群的繁衍。我国的盐湖湖水盐度一般偏高,但从我国一些盐湖的水文气象资料分析看出,在3月底4月初,由于湖泊解冻,积雪溶化及外源淡水的流入,湖水盐度相对较低,这有利于盐湖天然卤虫卵的孵化。6~8月是一年中降雨相对集中的季节,所以有利于盐湖卤虫的生长发育,9月份以后降雨减少,盐度增高,有利于卤虫产卵。所以我们认为,9月至翌年3月是收获卤虫卵的适宜季节。

对7个主要盐湖卤虫卵及无节幼体大小的测定表明,两性生殖卤虫(解池、小柴旦湖、额吉淖尔)的卵径和幼体的大小比孤雌生殖卤虫的(尕斯库勒湖、巴里坤湖、黄旗海、艾比湖)小,

① 贾沁源,等. 山西卤虫生物学生态学及资源开发利用研究(内部), 1991

表 3 中国主要盐湖卤虫卵和无节幼体的大小范围

Table 3 The size of cyst diameter and body length of nauplii of brine shrimp from main saline lakes of China

产 地 Locality	种 类 Species	卵 经(μm) Diameter of cysts	无节幼体大小(μm) Body length of nauplii
额吉淖尔 Ejmur	B	228.3 $\pm$ 11.1	510.2 $\pm$ 65.6
黄旗海 Huangqi Hai	P	248.5 $\pm$ 12.5	559.8 $\pm$ 42.3
尕海 Ga Hai	P	244.6 $\pm$ 9.6	546.0 $\pm$ 18.1
小柴旦湖 Xiao Qaidon Hu	B	226.2 $\pm$ 12.8	479.4 $\pm$ 65.0
艾比湖 Ebinur Hu	P	248.8 $\pm$ 9.5	554.2 $\pm$ 56.3
巴里坤湖 Barkol Hu	P	246.1 $\pm$ 15.4	539.7 $\pm$ 75.0
解池 Xie Chi	B	225.5 $\pm$ 10.3	481.5 $\pm$ 45.9
天津汉沽 Tianjin Hangu	P	258.7 $\pm$ 12.6	567.2 $\pm$ 48.4
美国加州 California, USA	B	191.9 $\pm$ 9.6	405.6 $\pm$ 31.0
美国大盐湖 Great Salt Lake, USA	B	235.1 $\pm$ 8.8	489.6 $\pm$ 25.2

B——两性生殖卤虫

P——孤雌生殖卤虫

表 4 不同产地的卤虫卵孵化特性比较

Table 4 Comparison of hatching characteristics of cysts from different sites

产 地 Locality	孵化率(%) Hatching rate	T_0 (h)	T_{90} (h)	$T_{90}-T_0$ (h)
额吉淖尔 Ejmur	41.7	16	33	17
黄旗海 Huangqi Hai	56.4	17	36	19
尕海 Ga Hai	49.6	18	39	21
小柴旦湖 Xiao Qaidon Hu	42.3	16	39	23
艾比湖 Ebinur Hu	43.3	18	38	20
巴里坤湖 Barkol Hu	38.3	20	40	20
解池 Xie Chi	76.5	15	32	17
天津汉沽 Hangu, Tianjin	62.2	17	38	21
美国大盐湖 Great salt Lake, USA	88.3	15	28	13

比美国大盐湖两性生殖卤虫也稍小。我国盐湖的孤雌生殖卤虫卵径和无节幼体大小都要比沿海汉沽盐场的孤雌生殖卤虫小(表3)。从卵径和幼体大小来考虑,我国盐湖的卤虫卵质量较好,优于我国沿海卤虫卵和美国大盐湖卤虫卵。但从孵化特性—孵化率和孵化速率来看,则不如美国大盐湖卤虫卵(表4)。

从卤虫资源开发利用的角度考虑,卤虫营养成分和饲料效果是评价卤虫质量的主要标准。因这方面的资料较少,作者只能作初步的比较。盐湖卤虫(山西解池)所含的氨基酸总量(21.02%)或7种基本氨基酸总量(8.28%)都要比沿海卤虫(天津塘沽)的含量(28.94%,10.78%)稍低些^①。从 $\Sigma\omega_3 \rightarrow \text{HUFA}$ 总量来比较,盐湖卤虫无节幼体(黄旗海、解池、乌拉特前旗)要比沿海(塘沽)卤虫高;单就20:5 ω_3 的含量看相差不大。盐湖卤虫含18:3 ω_3 和18:4 ω_3 的量较高^②,从理论上分析,盐湖卤虫更适宜作淡水水产动物的饲料,而不宜单独喂养海产水产动物,在投喂对虾幼体的饲料效果比较试验中,也得出汉沽卤虫的饲料效果(仔虾成活率70±4.2%)比解池卤虫(68±13.8%)稍好些,但差异不显著($t=0.346, P>0.05$)。从两者的标准差分析,说明解池卤虫的饲料效果不如汉沽卤虫稳定(表5)。从巴里坤湖卤虫与汉沽卤虫、美国大盐湖卤虫无节幼体投喂对虾幼体的饲料效果的比较中看出,巴里坤湖卤虫(65.00±5.00%)与美国大盐湖卤虫(61.67±5.00%)的饲料效果差异不显著($X^2=0.142, P>0.05$),但与汉沽卤虫(83.34±3.34%)比,差异显著($X^2=5.264, P<0.05$)(表6)。在对虾人工育苗生产中,使用山西解池卤虫卵和新疆巴里坤湖卤虫卵都取得了较好的成绩。每吨卤虫卵粗制品(相当于进口卵100kg的价格,孵化率20%~30%)分别平均育出1亿和0.75亿对虾苗。根据多年的对虾育苗实践经验,

表5 两种卤虫无节幼体投喂对虾幼体的饲料效果比较
Table 5 Comparison of feeding results for larvae of *Penaeus chinensis*
fed two strains of brine shrimp nauplii.

	解1 Xiechi1	解2 Xiechi2	解3 Xiechi3	平均 Average		汉1 Hangul	汉2 Hangu2	汉3 Hangu3	平均 Average	
				尾数 Individual	存活率(%) Survival rate(%)				尾数 Individual	存活率(%) Survival rate(%)
第1天 1 day	50	50	50	50	100	50	50	50	50	100
第3天 3 day	35	46	50	44	88	43	44	45	44	88
第5天 5 day	31	30	45	35	70	38	39	40	39	78
第7天 7 day	30	30	42	34	68	33	37	36	35	70
第9天 9 day	30	30	42	34±6.9	68±13.8	33	37	36	35±2.1	70±4.2

① 张国生,等,塘沽卤虫生物学的研究概述,盐田生物技术国际研讨会论文集,1991.237~242

② 辛乃宏,四种卤虫卵的脂肪酸分析,盐田生物技术国际研讨会论文集,1991.243~245

我国盐湖卤虫卵在加工技术上比美国卤虫卵差距较大,但在饲料效果方面没有明显差异,完全可以在对虾的人工育苗中推广应用。

表6 不同产地的卤虫卵孵化的无节幼体对对虾幼体生长、存活的影响

Table 6 The growth and survival rate of larvae of *Penaeus chinensis* fed brine shrimp nauplii from different sites

培养时间(d) Culture time(d)	存活数(尾) Survival nos. (ind.)					
	巴里坤湖卤虫 Nauplii of Barkou Hu		汉沽卤虫 Nauplii of Hangu		美国卤虫 Nauplii of U. S. A	
	1	1'	2	2'	3	3'
0	30	30	30	30	30	30
1	29	30	30	30	30	30
2	29	29	29	30	28	29
3	27	28	29	29	28	29
4	26	26	28	29	26	28
5	25	26	28	29	26	28
6	24	25	28	29	25	27
7	22	25	27	29	24	26
8	20	23	26	28	22	25
9	18	22	26	28	20	24
10	18	24	24	26	17	20
平均存活率(%) Average survival(%)	65.00±5.00		83.34±3.34		61.67±5.00	
平均体长(mm) Average bodr length(mm)	7.125±0.687 (n=20)		7.00±0.500 (n=20)		6.875±0.444 (n=20)	
平均体重(mg/尾)* Average body weight(mg/ind.)	3.25		3.23		3.21	

* 各试验组随机取样30尾,用滤纸吸干后,一起在分析天平上称重,取平均值。

3 中国盐湖卤虫卵的孵化特性及加工工艺

卤虫卵在卤虫资源开发利用中占有十分重要的地位,特别是内陆边远地区,卤虫卵开发利用的成功与否,决定了该产区卤虫资源开发利用的前途。在卤虫卵的开发利用中,除数量外,卤虫卵的质量是关键,其中又以其孵化率的高低为最关键。试验表明,卤虫卵的孵化率与卤虫种类和品系等并无明显的关系,主要由产地的环境因子、采收方法、保存条件及加工处理方法等决定。

其采收方法主要是掌握采收时机。从采收时间来说,每年的9月至翌年3月是较好的采收季节。一是卤虫卵的数量相对集中,易于收获;二是在此时期内收获的卤虫卵空壳少,孵化率高;三是此时气候干燥凉爽,便于卤虫的加工贮存。采收方法,用特制的筛绢网从湖水中直接捞取为佳。对特殊环境的湖泊(如巴里坤湖),从芒硝“底板下”收集较好。最差的方法是收集被风、雨水、波浪等反复从水中卷上岸,又从岸中冲下来,面在岸边堆积的卤虫卵(表7)。

表7 不同方法采集的巴里坤湖卤虫卵的孵化率

(1990.9.19采集,1990.10.10~10.12孵化)

Table 7 The hatchability of cysts from Barkol

Hu collected by different methods

组别 Group	杯号 No. cup	卵数(粒) Cyst nos. (grain)	无节幼体(48h,尾) Naupius nos. (ind.)	孵化率(%) Hatching rate(%)	平均 孵化率(%) Average hatching rate (%)
A组(水中采集) A group (Collect from brine)	1	200	81	40.50	45.01±3.21
	2	220	105	47.73	
	3	188	88	46.81	
B组(岸边采集) B group (Collect from shore)	1	205	66	32.19	34.50±1.64
	2	198	71	35.86	
	3	220	78	35.45	
C组(底板下采集) C group (Collect from sediment)	1	189	79	41.80	43.92±2.62
	2	203	86	42.36	
	3	210	100	47.61	

从表7可看出孵化率以A组最高,C组次之,B组最低。经 t 检验,A组与B组之间差异显著($t=9.384 > t_{(2)0.05}=4.303, P<0.05$),B组与C组之间差异亦显著($t=5.744, P<0.05$),但A组与C组之间的差异不显著($t=0.478, P>0.05$),这就提示要根据现场实际情况,选择A和C两种采收方法,做到及时采收。

在饱和卤水浸泡或冷藏(3~4℃)或冷冻(-20℃左右)2~3个月,能大幅度提高孵化率(表8)。在上述条件下贮存1~2年的卤虫卵还有较高的孵化率。在卤虫卵的保存中,切忌潮湿、高温,因为这样会使卤虫卵吸水膨胀,胚胎活化,产生大量热量。温度在33~40℃的范围内,时间在数小时甚至达数天,卤虫卵的新陈代谢只是可逆性停滞,在恢复到适宜条件下,卤虫卵尚能孵化。如果温度超过40℃,时间更长些,则卤虫卵将完全失活,根本不能孵化。

表8 不同保存方法对巴里坤湖卤虫卵孵化率的影响(1991.1.30~2.1)

Table 8 The effect on hatchability of cysts from Barkol

Hu with different storage methods

组别 Group	杯号 No. cup	卵数(粒) Cyst nos. (grain)	无节幼体数(尾) Naupius nos. (ind.)			合计 (尾) Total (ind.)	孵化率(%) Hatching rate(%)	平均孵化率(%) Average hatching rate(%)
A组室温(干卵) A group room temperature (dry cyst)	1	205	14	1	49	64	31.22	31.91±1.51
	2	200	8	5	55	68	34.00	
	3	200	8	4	49	61	30.50	
B组冷藏(干卵 3~4℃) B group cold storage (dry cyst)	1	225	48	42	40	130	57.78	59.37±1.45
	2	230	53	40	46	139	60.43	
	3	212	49	42	36	127	59.90	
C组冷冻(干卵, -20℃) C group freezing storage (dry cyst)	1	235	74	26	38	138	58.72	52.51±5.30
	2	260	26	22	71	119	45.77	
	3	230	26	62	34	122	53.04	
D组室温(盐湖卤水中) D group room temperature (cyst in brine)	1	205	62	30	15	107	52.19	49.12±2.32
	2	234	63	28	13	109	46.58	
	3	212	52	32	19	103	48.58	

从表 8 看出以冷藏保存(B 组)最好,冷冻保存(C 组)次之,室温下浸泡在原来盐湖卤水中的孵化率第 3,在室温下保存的干卵孵化率最差。经 t 检验表明,A 组与 B 组之间差异极显著($t=28.309 > t_{(2)0.01}=9.925, P < 0.01$);A 组与 C 组之间差异显著($t=9.231 > t_{(2)0.05}=4.303, P < 0.05$);A 组与 D 组之间差异也显著($t=6.321, P < 0.05$);B 组与 D 组之间差异显著($t=4.308, P < 0.05$);B 组与 C 组之间差异不显著($t=1.521, P > 0.05$);C 组与 D 组之间差异亦不显著($t=1.555, P > 0.05$)。

卤虫卵经用某些化学物质(H_2O_2 、 $HCHO$ 和 $KMnO_3$)及物理方法(低温、淡水、射线等)处理,都能提高卤虫卵的孵化率,但处理后的有效性和孵化率的提高幅度常随不同卤虫品系、处理时间和处理剂量等不同而有明显差异。因此,卤虫卵的批量加工前,应对各种卤虫卵在各种处理条件下进行孵化率的测定,以决定所要采用的最适宜的加工工艺。在试验范围内,化学处理主要以 $KMnO_3$ 处理效果最好(表 9);在物理处理中以快中子照射(表 10)和低温处理(表 8)效果较好。

表 9 3%高锰酸钾溶液浸泡处理对卤虫卵孵化率的影响

Table 9 The effect on hatchability of cysts from different sites treated with 3% $KMnO_3$ solution

产 地 Locality	最佳处理时间 Optimum time (min)	孵 化 率 (%) Hatching rate (%)		
		处 理 组 Treat	对 照 组 Control	提 高 值 Increase
尕 海 Ga Hai	15	52.80	50.00	7.53
		62.30		
		57.50		
		$\bar{X} = 57.53 \pm 3.88$		
小柴旦湖 Xiao Qaidam Hu	20	48.90	31.50	17.67
		49.40		
		49.20		
		$\bar{X} = 49.17 \pm 0.21$		
巴里坤湖 Barkol Hu	20	39.50	26.30	9.37
		31.80		
		35.70		
		$\bar{X} = 35.67 \pm 3.14$		

表 10 快中子辐射对巴里坤湖卤虫卵孵化率的影响

Table 10 Stimulative effects of hatchability of cysts of from Barkol Hu treated with fast neutron

组 别 Group	杯 号 No. cup	卵 数(粒) Cyst nos. (grain)	无节幼体数(尾) Naupius nos. (ind.)		合 计 (尾) Total (ind.)	孵化率(%) Hatching rate(%)	平均孵化率(%) Average hatching rate(%)
			24h	48h			
A 组(照射 4min) A group(4 min)	1	107	22	14	36	33.64	34.69 $\pm$ 0.68
	2	89	25	6	31	34.83	
	3	95	26	7	33	34.74	
	4	76	22	5	27	35.53	
B 组(照射 5min) B group(5 min)	1	73	22	3	25	34.25	33.58 $\pm$ 0.83
	2	99	20	12	32	32.32	
	3	93	28	4	32	34.40	
	4	93	25	6	31	33.33	
C 组(对照) C group(Control)	1	138	29	4	33	23.91	24.84 $\pm$ 2.38
	2	106	21	5	26	24.53	
	3	99	17	5	22	22.22	
	4	122	27	8	35	28.69	

从表 10 可看出,快中子照射后能明显提高卤虫卵孵化率, t 检验表明,A 组与 B 组差

异不显著($t = 1.291 < t_{(3)0.05} = 3.182, P > 0.05$); A组与C组差异极显著($t = 7.296 > t_{(3)0.01} = 5.841, P < 0.01$); B组与C组差异亦显著($t = 4.624, P < 0.05$)。

根据试验结果及参考其他作者的经验,作者初步设计了我国盐湖卤虫卵的加工工艺流程(图1)。

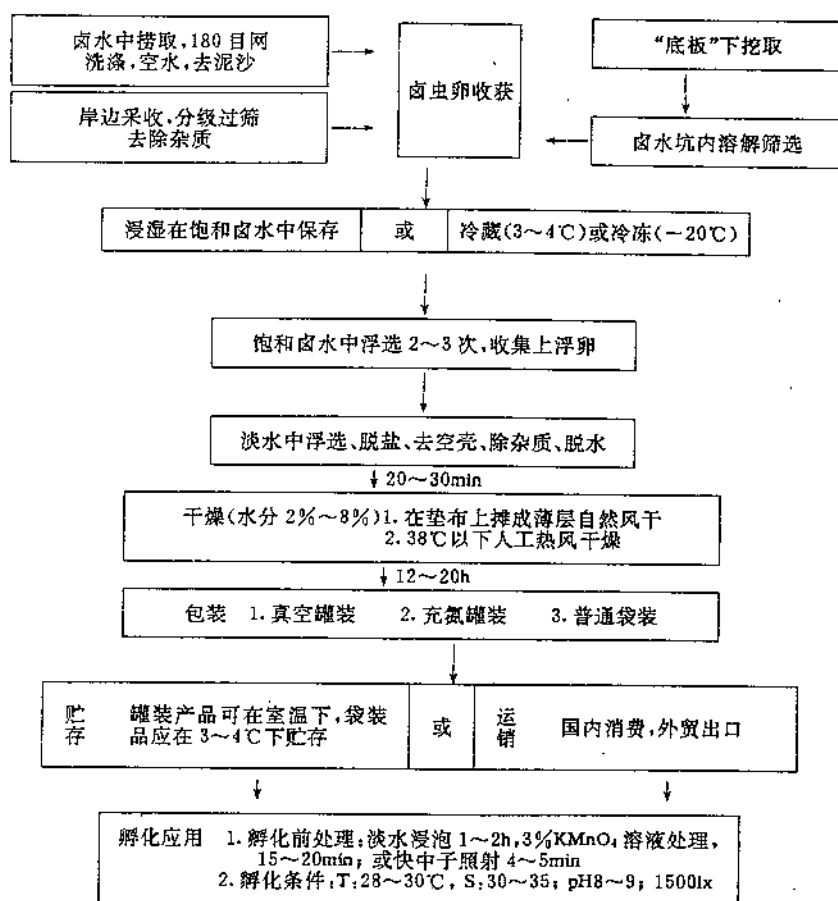


图1 中国内陆盐湖卤虫卵加工工艺流程

Fig 1 The technological process of cysts of brine shrimp from inland saline lakes of China

4 中国内陆盐湖卤虫资源的评估

卤虫是一种小型的甲壳动物,有很强的趋光性(正或负趋光),在风平浪静时,有一定的自主运动能力,常在局部水域形成密集分布区,但又会随波逐流,顺风漂荡,因而卤虫在水中的分布极不均匀。加上卤虫生命周期短,群体数量的季节变化大等生物学特性,给正确评估卤虫资源量的工作带来很大困难。国内外对卤虫资源量评估的研究报道不多。目前公认的最好办法是在不同的时间,不同的地点,垂直拖网取样,采样的次数尽可能多,然后取其平均值。但受盐湖自然条件和人力物力的限制,要做到这些决非易事,例如新疆自治区水产研究所对艾比湖卤虫资源的调查,10多人参加,历时1年半,耗资人民币13万

元。所以用调查艾比湖卤虫的方法,对中国内陆盐湖卤虫资源进行全面调查,决非一朝一夕,少数人所能完成的。因此,作者采取在全面收集现有调查资料、文献的基础上,参考国内外调查经验的得失,结合一些现场实地调查和统计商业性的收购量、销售量及水产养殖业者的消费量,经综合分析研究,对我国内陆盐湖卤虫资源作出初步的评估,以供有关部门参考。

4.1 从总体上讲,我国盐湖卤虫资源是丰富的。(1)从盐湖卤虫栖息地的分布来看,美国 26 处,加拿大 36 处,前苏联 10 处^[5],而我国已发现 43 处;(2)从总的资源量评估来看,我国盐湖卤虫资源量为 25 000~30 000t/a,年开发量为 1 500t;卤虫卵资源量为 500~700t/a,年开发量(原料卵)200~300t,可加工成商品卵 100t 左右。据第二届国际卤虫会议(1985)报道,世界卤虫主要产地美国、加拿大和法国的鲜活卤虫年总产量约 10 000t,卤虫卵全年市场流通量约 200t,其中一半以上卤虫卵产量来自美国大盐湖。

4.2 从我国的盐湖特点和盐湖卤虫分布特点来说,我国的卤虫资源分布太分散,资源量极不稳定。在我国上述的 7 个重点盐湖卤虫产地,除了艾比湖面积达 562.5km²,其他均属 100km² 以下的中小型盐湖,并且湖水很浅,盐度很高,除了尕斯库勒湖、解池和艾比湖外,水深多在 1m 以下。相反,象美国大盐湖,面积达 3 626km²,湖水平均深度 4.88m,最深 14m,而伊朗的雷扎耶湖面积高达 6 000km²。美国面积较小的莫诺湖,面积虽只有 150km²,但水深达 19m。湖水浅不但影响卤虫和卤虫卵的产量,而且影响卤虫卵的质量,同一批次适时收获的卤虫卵孵化率要比多次延迟收获的卤虫卵孵化率高得多。例如黄旗海 1989 年卤虫资源较丰富,采收卤虫 900t,卵 10t,而 1990 年因受降雨影响,盐度下降而使卤虫资源量骤然下降。相反,巴里坤湖 1989 年卤虫卵丰收,开发量达 100t 左右,可是 1990 年因干旱,湖面大面积干枯,影响了卤虫卵产量,1991 年因湖水水位正常,卤虫资源又恢复回升。

4.3 从单位水体的卤虫瞬时生物量来说,我国盐湖卤虫是低产的。除了解池的卤虫密度曾有达到 25 560 尾(幼虫)/m³(3 月)和 133 970 尾(成虫)/m³(5 月)的记录外,其他各盐湖卤虫密度均在 10³~10⁴ 尾/m³ 数量级内。象艾比湖卤虫的平均生物量仅为 44kg/km²,卤虫卵 436g/km²,而美国大盐湖 1971 年和 1973 年的卤虫密度则分别达到 50 000 尾/m³ 和 191 000 尾/m³;加拿大查普林湖卤虫密度为 121 000 尾/m³,与前苏联锡瓦什湖卤虫密度 400 000 尾/m³ 和克里米亚盐湖群的卤虫密度 80 000 尾/m³ 相比^[4],以及最高记录的印度迪德瓦纳盐硝卤虫密度 1 300 000 尾/m³ 比较,更是无法相提并论。

4.4 从质量方面来说,中国盐湖卤虫有好的一面,也有差的一面。从卤虫幼体的营养成分生化分析或是直接投喂水产动物试验表明,我国盐湖卤虫要比美国大盐湖等的卤虫好。但从卤虫卵孵化率、孵化速率及孵化同步性等方面比较,我国盐湖卤虫卵的质量则较差。初步看来,这不是卤虫卵先天质量而是因我国盐湖的自然条件,使得卤虫卵不能及时集中采收的缘故。因此,研究适合于我国盐湖卤虫卵的采收方法、加工工艺,提高卤虫卵的质量是开发利用我国盐湖卤虫资源的一个重要内容。

从以上四点评估分析来看,应该对我国盐湖卤虫资源有一个清醒的认识,不能再陶醉于“卤虫资源丰富”的表面现象,应该在多做调查研究的基础上,冷静地全面分析我国盐湖卤虫资源的现状,采取切实可行的科学方法,用好用足天然卤虫资源,保护好现有卤虫资源,开辟新的天然卤虫资源产地,进一步开展盐湖卤虫人工增养殖业,以满足我国突飞猛

进的水产增养殖业发展的需要。

5 我国盐湖卤虫资源开发利用的途径

就目前初步调查研究的结果看,我国盐湖卤虫无论从资源产地分布,还是从资源数量看,都属于世界上屈指可数的,但因我国盐湖面积小,湖水浅,盐度高,造成卤虫资源分布分散和产量不稳定。为此,我们综合分析了我国盐湖卤虫资源的现状以及考虑我国的整个国情等因素,提出了合理开发利用我国内陆盐湖卤虫资源的途径。

5.1 研究与应用结合

即开发利用与理论研究的紧密结合。我国的卤虫研究工作起步较晚,加上人力物力的限制,往往是高等院校、科研单位偏重于一些卤虫形态发育,种的分类及染色体等生物学方面的研究;而基层的一些单位则主要从事一些卤虫的资源调查及卤虫卵的开发利用。作者认为没有深入的卤虫生物学方面的基础研究,开发利用往往会陷入盲目的境地,造成卤虫资源的破坏。我国沿海盐田卤虫资源的人为破坏,就是没有按科学的生物学规律指导来开发利用的结果。

5.2 开发利用与繁殖保护结合

除了要在研究成果的基础上,科学合理地开发利用天然卤虫资源,使其最大限度地得到充分利用,同时还要保护好现有卤虫资源,做到细水长流,决不能重蹈沿海卤虫那种“杀鸡取卵”式开发利用的覆辙。对开发利用的天然产区进行投入,选择一些条件较好的盐湖卤虫产区,进行卤虫人工增养殖的研究和生产。从调查结果看,在我国内陆盐湖区进行卤虫的人工增养殖是完全可行的。

5.3 眼前与长远结合

我国盐湖的面积小,湖水浅,容易受一时或局部的气候等因素的影响,或是各年丰歉不一,或是有的盐湖可能在本世纪末或下世纪初就会干枯消失,这在国内外都是有先例的。同样有的咸水湖或半咸水湖可能因气候的干燥或地表径流的被截断而盐度渐渐升高,变成盐湖,使大型的捕食性动物不能生存。如果能适时进行卤虫人工增殖,就有可能使该盐湖成为卤虫的新产区,内蒙的黄旗海就是一个例子。当然除了期待有新的卤虫产区出现外,现阶段还应继续进行盐湖卤虫产地的全面调查,发现更多的盐湖卤虫资源分布点。

5.4 集中与分散结合

中国盐湖卤虫产地除了艾比湖、尕斯库勒湖和解池等7个盐湖的卤虫资源比较丰富集中外,多数盐湖面积小,湖水浅,卤虫资源量也少。因此除了对主要产区进行规模性开发利用外,对那些小型盐湖的卤虫资源也应组织群众合理地进行零星开发利用。特别象内蒙的盐湖距辽宁、河北等沿海养虾区较近,对卤虫和卤虫卵资源可采用分散采收,分片收购、集中加工或直接运销的方法加以利用。卤虫卵的加工应以小型、手工操作为主。

5.5 当地发展与引进技术结合

这包含两层含义,一是内地与沿海地区的人力和物力相结合,相对来说沿海的技术力量强一些,而内地则在劳力及地方管理方面有优势,双方合作对开发利用卤虫资源比较有利。再是国内和国外技术相结合,可以引进或借鉴国外的技术,进行卤虫片和卤虫卵的深加工,以提高产品质量和拓宽卤虫资源的开发利用范围,使卤虫产品增值。

总之,我国内陆盐湖卤虫资源在总体上有一定的优势,如果通过不断调查研究,克服我国盐湖卤虫资源分散和不稳定等不足之处,利用科学技术提高卤虫和卤虫卵产品质量,我国内陆盐湖卤虫资源开发利用的经济效益和社会效益将会十分显著,前景广阔。

参考文献

- 1 马志珍,等. 盐田生物资源开发利用的研究. 海洋与海岸带开发, 1992, 9(3): 1~8
- 2 马志珍. 中国卤虫生物地理学分布的研究. 现代渔业信息, 1993, 8(9): 19~26
- 3 高仁恒,等. 山西运城盐湖卤虫生物量的测定. 山西师范大学报(自然科学版), 1988(增刊): 68~77
- 4 MacDonald G. H., et al.. Population dynamics of an asexual brine shrimp *Artemia* population. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 1989, 133(1): 169~188
- 5 Vanhaecke P., et al.. The biogeography of *Artemia*; an updated review. *Artemia Research and its Applications*, 1987, 1: 129~155