

大会专题
报 告

高原盐湖盐藻和卤虫资源的开发和利用

印象初^{1,2},印红²,周可新²,张道川²,施鉴屏¹

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001;

2. 河北大学生命科学院, 河北 保定 071002)

摘要: 叙述了我国高原盐湖的名称、地理位置、面积、水深、海拔和盐湖类型等基本情况;盐湖中盐藻和卤虫的种类、生物学和生态学特性。并对它们的经济价值和开发利用作了初步的讨论。

关键词: 盐湖; 盐藻; 卤虫; 高原;

中图分类号: Q178.52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-858X(2001)01-0004-05

我国高原盐湖众多,面积达数千平方公里,大多分布在青海西部、西藏西部和北部、新疆东南部。卤水中一般鱼虾不能生长,但有盐生藻类和卤虫分布,是一笔巨大的财富。高原盐湖由于交通不便,海拔高,有些处于无人烟地区,除个别盐湖有人捕捞卤虫卵外,都没有开发。现在开发西部,盐湖生物资源也应开发,何况那儿没有污染和传染病菌,是理想的绿色食品和饵料产地。本文对盐藻和卤虫研究中的一般问题作一初步探讨,意在抛砖引玉,希望有更多的同仁来研究盐湖生物资源,共同为开发西部地区作出贡献。

1 盐湖概况

盐湖有些为干盐湖,没有卤水,有时遇到降雨、降雪或来自山上冰雪融化的水,形成季节性的湖泊,由于卤水不稳定,盐藻类生长受到影响。卤虫离开卤水不能生存,卤虫以盐藻为食,所以本文只讨论有一定水深、即有稳定卤水的盐湖,这类盐湖在青海、西藏和新疆有21个,总面积达2461.3 km²。各湖的名称、所属政区、经纬度、面积、水深、海拔、卤虫生殖类

型和盐湖类型等见表1

青藏高原近年来降水量趋少,气温升高,蒸发量加大,使一些盐湖面积缩小,甚至干涸;同样原因使半咸水湖变成咸水湖,咸水湖变成盐湖。从动态的角度看,应按照湖水含盐量的情况,因地制宜引种盐藻和卤虫,充分利用高原湖泊资源,发挥其最大效益。

2 盐藻

盐藻为杜氏藻属(*Dunaliella*)的一个种,该属有30余种,盐藻应称为盐生杜氏藻 *Dunaliella salina* (Dunal),由于它喜盐,有在卤水中生长的特性,以盐为种名,简称为盐藻。其分类地位为:绿藻门 Chlorophyta,绿藻纲 Chlorophyceae,团藻目 Volvocales,杜氏藻科(盐藻科) *Dunaliellaceae*。盐藻为单细胞藻类,无细胞壁,梨形、卵形或椭圆形,具两条等长的鞭毛,可自由游动。藻体内有叶绿体,能进行光合作用,内含一淀粉核。其繁殖主要为细胞纵裂的无性繁殖,有性生殖为同配接合。盐藻适应性很强,含盐量从2‰到饱和溶液都能生存,最适范围为60~70‰。生长的最适温度为25~30℃,在冰冻的情况

收稿日期: 2001-07-12

作者简介: 印象初(1934-),男,中国科学院院士。

下能保持生命,不被冻死。杜氏藻是 150 年前由法国人杜纳尔 (Dunal) 于地中海沿岸盐池中发现的,后人以他的姓加上爱称词尾,命名为新属: 杜氏藻属 (*Dunaliella*), 对他的发现表示敬意和纪念。

盐藻从 60 年代开始人工培养,作为鱼、虾、蟹和贝类苗的开口饵料,在育苗工作中非常重要,往往是成功与否的关键问题,因为盐藻含丰富的蛋白质、氨基酸、胡萝卜素和微量元素,无细胞壁,容易被吸收。胡萝卜素除在生物体内能按需要转变为维生素 A 外,还可增加免疫力,具抗衰老、防癌、抗癌等作用。胡萝卜素营养丰富,又有着色作用,广泛用于食品工业以替代合成色素,因合成色素对人类有害,甚至有

致癌致畸作用而受到限制。

盐藻可以合成相对多的胡萝卜素,能达到其干重的 10%,人工培养在 70 年代开始,产量和质量稳步增长,经济价值很高。盐藻培养的优点为: (1) 该种藻生长快,无细胞壁又有鞭毛,易采收和提取。(2) 设备简单,材料便宜,成本低。(3) 产品价格高,经济效益好。我国西部高原盐湖中有大量的盐藻分布,千万年以来,除部分被卤虫转化外,大多在那里沉睡,无人过问,在很多高盐度湖泊中,由于其它嗜盐生物不能生长,盐藻和卤虫处于饱和状态,这是大自然留给我们一笔巨大的财富,有待我们去开发利用。

表 1 中国 21 个高原盐湖的地理位置

Table 1 Location of 21 salt lakes of plateau in China

编号	盐湖名称	政区	北纬	东经	面积 km ²	水深 m	海拔 m	生殖 类型*	盐湖 类型
1	尕斯库勒	青海德令哈	37.1°N	97.5°E	37.4	13.0	2851	P	
2	小柴旦	青海德令哈	37.4°N	95.4°E	64.0	0.3	3172	B	
3	柯柯	青海乌兰	36.8°N	98.5°E	1.5	1.1	2943	P	
4	海丁诺尔	青海格尔木	35.5°N	93.4°E	35.0	?	4500	B	
5	移山	青海曲麻莱	35.6°N	90.3°E	50.0	?	4900	B	
6	苟鲁错	青海治多	34.6°N	92.5°E	30.0	?	4600	B	
7	拉果错	西藏改则	32.0°N	84.1°E	92.0	30.0	4490	B	硫酸盐
8	茶错	西藏改则	32.0°N	83.1°E	8.4	?	4400	?	硫酸盐
9	洞错	西藏改则	32.2°N	84.7°E	84.0	1.5	4416	?	硫酸盐
10	阿翁错	西藏日土	32.8°N	81.7°E	55.0	1.2	4427		碳酸盐
11	龙木错	西藏日土	34.6°N	80.5°E	97.0	1.0	5002		硫酸盐
12	扎仓茶卡 II	西藏革吉	32.6°N	82.4°E	60.0	1.2	4400		硫酸盐
13	扎布牙茶卡	西藏仲巴	31.6°N	84.0°E	250.0	2.0	4886		硫酸盐
14	其香错	西藏班戈	32.5°N	90.0°E	165.0	3.9	4660	B	碳酸盐
15	才多茶卡	西藏班戈	33.2°N	89.2°E	43.5	?	4822		硫酸盐
16	错尼东湖	西藏申扎	34.6°N	87.3°E	62.5	58.7	4902		硫酸盐
17	冈塘错	西藏申扎	33.2°N	86.7°E	11.0	3.6	4866		碳酸盐
18	依布茶卡	西藏申扎	33.0°N	88.8°E	100.0	1.5	4577		硫酸盐
19	鲸鱼湖	新疆若羌	36.3°N	89.9°E	300.0	?	4720	B	石盐
20	阿其克库勒	新疆若羌	37.1°N	88.4°E	345.0	9.8	4250	?	石盐
21	阿牙克库木	新疆若羌	37.5°N	89.5°E	570.0	9.6	3885	?	石盐

* P = parthenogenetic 孤雌生殖卤虫, B = bisexual 两性生殖卤虫。

3 卤虫

卤虫亦称盐水卤虫 *Artemia salina* (Linnaeus, 1758) 属节肢动物门 Arthropoda, 甲壳纲 Crustacea, 无甲目 Anostraca, 卤虫科 Artemiidae, 卤虫属 *Artemia* Leach, 1819 同对虾 *Penaeus orientalis*

同属一纲,但卤虫没有甲壳,是一种软体的低等虾。

本世纪 30 年代,美国科学家首先发现卤虫的无节幼体可以作为鱼苗、虾苗的饵料,为水产育苗业的发展开创了新时代。卤虫越冬卵具有硬壳,可以渡过不良的环境,长久保存仍有生命力,遇到合适的条件,能在 24 小时内孵出无节幼体,随时可以提供养殖业的需要,由于具有这些特点,成为公认的理想饵料。

卤虫卵以美国犹他州的大盐湖的产品最为著名,经营的公司众多,世界市场历来为美国所垄断。我国近 10 年来水产养殖业所需的卤虫卵主要从美国进口,虽然我国的卤虫资源十分丰富,但由于开发较迟,加工技术落后,质次价低,尚未形成名牌产品,浪费了宝贵的资源。

我国卤虫除沿海盐田外,内陆如青海、西藏、新疆、内蒙、河北、山西、吉林等省区有数量众多,面积大小不等的盐湖都有卤虫分布,特别是高原盐湖多为处女湖,且面积大,其资源量估计比美国还要多,有些质量也很好。青海小柴旦和尕斯库勒湖卤虫卵,如加工技术跟上,孵化率可同国外名牌媲美,其营养成分,据索有瑞等 1997 年报道优于美国大盐湖卤虫卵,前景可观。

3.1 卤虫的名称

卤虫在商场及水产业中通称丰年虫,丰年两字非常吉利,人们乐于使用这个名称,但从科学上讲这个名称是错误的,因为卤虫属于卤虫科,其特征是无触角附肢,第二触角节宽,呈斧状;而丰年虫属丰年虫科 Chirocephalidae,具触角附肢,第二触角节狭,不呈斧状;二者相距甚远,实属张冠李戴。

3.2 卤虫的多样性

3.2.1 物种多样性

卤虫的种类问题,众说纷纭。依据生殖隔离的原则,全世界的卤虫现为 8 个种:

1) 盐水卤虫 *Artemia salina* (Linnaeus, 1758)

分布:英国 Limington 盐田,欧洲西部。

2) 突尼斯卤虫 *A. tunisiana* Bowen et Sterling, 1978

分布:突尼斯,欧洲地中海沿岸。

3) 乌尔米卤虫 *A. urmiana* Gï nther, 1900

分布:伊朗乌尔米湖。

4) 帕斯米卤虫 *A. persimilis* Piccinelli et Prosdocimi, 1968

分布:阿根廷的 Carahue and Hidalgo

5) 旧金山卤虫 *A. franciscana* Kellogg, 1906

分布:美国加州旧金山湾。

6) 莫尼克卤虫 *A. monica* Verrill, 1869

分布:美国加州莫尼克湖。

7) 中华卤虫 *A. sinica* Cai, 1988

分布:山西运城盐池。

8) 西藏卤虫 *A. tibetiana* Abatzopoulos,

Zhang et Sorgeloos, 1998

分布:西藏改则拉果错。

孤雌生殖型卤虫 *Artemia parthenogenetica*, 有人依据孤雌生殖型卤虫形态差异定新种,不被公认。全世界孤雌生殖型卤虫很多,分布在各种不同的盐田和盐湖中,有些学者认为系一个种,但生态和生理习性有异,可能分为不同的品系或亚种较为合理,有待作深入研究,以便定论。

Pilla et al 1993 年认为乌尔米卤虫 *A. urmiana* Gï nther 和中华卤虫 *A. sinica* Cai 没有生殖隔离,其杂交试验结果为: $A. urmiana^{\text{♀}} \times A. sinica^{\text{♂}}$ 18 对中有 13 对杂交成功; $A. urmiana^{\text{♂}} \times A. sinica^{\text{♀}}$ 7 对中有 3 对成功, F_1 和 F_2 中 2/3 以上均有后代。侯林等 1997 年报道乌尔米卤虫 *A. urmiana* Gï nther 和中华卤虫 *A. sinica* Cai 有生殖隔离,其杂交试验没有成功。两者完全不同,哪个结论正确,待进一步验证。

近代订立的 3 个卤虫种:突尼斯卤虫 *A. tunisiana* Bowen et Sterling, 1978; 中华卤虫 *A. sinica* Cai, 1988; 西藏卤虫 *A. tibetiana* Abatzopoulos, Zhang et Sorgeloos, 1998; 从它们的原始文献中都未指定模式标本,没有模式标本的保存地点,使人无法查考,因而不符合国际动物命名法规。突尼斯卤虫 *A. tunisiana* Bowen et Sterling, 1978 很可能就是盐水卤虫 *Artemia salina* (Linnaeus, 1758), 由于后者的模式产地现在采不到卤虫, Bowen et Sterling 就认定该种已消失,以突尼斯卤虫 *A. tunisiana* Bowen et Sterling, 1978 替代 *Artemia salina* (Linnaeus, 1758) 学名非常不妥。因为不能肯定该种只分布于模式产地,卤虫的适应性很强,现在与英国仅由英吉利海峡之隔的欧洲西部的卤虫应是 *Artemia salina* (Linnaeus, 1758)。试问突尼斯卤虫 *A. tunisiana* Bowen et Sterling, 1978 可越过直波罗陀海峡到欧洲,盐水卤虫 *Artemia salina* (Linnaeus, 1758) 就不能从欧洲分布到突尼斯? 为此我们提出突尼斯卤虫 *A. tunisiana* Bowen et Sterling, 1978 很可能就是盐水卤虫 *Artemia salina* (Linnaeus, 1758) 的看法,同读者们商榷。按优先法则,替代不能成立。

需指出很多文献中认为世界上只有一种卤虫 *A. salina* (Linnaeus, 1758), 经生殖隔离试验,证明至少有 5 个种,一种之说不能成立。反之, Abatzopoulos 等 1998 的文中列出:西藏卤虫 *A. tibetiana* 同中华卤虫 *A. sinica* 和乌尔米卤虫 *A.*

urmiana 的杂交试验中有 40-60% 可育, 而且出现 F_2 和 F_3 代, 还订新种, 令人费解。我们认为中华卤虫 *A. sinica* Cai, 1988 和西藏卤虫 *A. tibetiana* Abatzopoulos, Zhang et Sorgeloos, 1998 在确认它们同乌尔米卤虫 *A. urmiana* Günther, 1900 存在生殖隔离后, 按国际动物命名法规作补充记述, 使它们成为合法的有效学名。如无生殖隔离, 则为乌尔米卤虫 *A. urmiana* Günther, 1900 的同物异名, 或为不同的亚种。国际动物命名法规必须遵守, 废除一个种名和订立一个新种都应慎重。

3.2.2 遗传多样性

卤虫两性生殖型的染色体为: 二倍体, $2n = 42$ 或 44 孤雌生殖型的染色体为: 既有二倍体, $2n = 42$; 三倍体, $2n = 63$; 又有四倍体, $4n = 84$; 还有五倍体, $5n = 105$; 为形态、生态、生殖、生理等多样性提供了物质基础。

3.2.3 形态多样性

卤虫是形态和颜色多变的种类, 同一种卤虫喂不同的食物和在不同的环境下培养, 其形态、颜色和生活史就变化不一。如在低盐度培养液中体是白色, 在高盐度培养液中体成红色, 往往给种类鉴定造成困难。对单性生殖的类群就很难鉴定了, 如上所述, 卤虫的形态变异很大, 单以形态的不同定新种可信度就低了。

3.2.4 生态多样性

卤虫卵既小又轻, 可随鸟的足和羽毛以及风传播到很远的地方, 加上部分卵有滞育的特性, 能渡过不良的环境条件, 当遇到合适的条件就可孵出无节幼体, 卤虫又具有广食性和广盐性的特性, 以盐藻等藻类为食, 生长快, 适应性很强, 能在各种生态条件下生存而广泛分布于世界各地。

3.2.5 生殖多样性

有些地方卤虫仅有雌性, 营单性生殖, 也称孤雌生殖; 也有不少地方有雌雄两性, 交配后产下两性卵繁殖后代称两性生殖。雌性在合适的条件下可以进行卵胎生, 即在卵囊内卵的胚胎已发育完全, 产下无节幼体, 可以又多又快地繁殖后代。不论单性生殖或两性生殖卤虫在秋后主要产带硬壳的卵, 可以长期保存生命力。

3.2.6 生理多样性

滞育或不滞育。不同的种类, 其滞育的原因和比例, 解除滞育要求冷冻的条件等也有差异。卤虫在高盐度湖水中常有雌雄两性个体。产下的两性卵一般不滞育, 或滞育卵的比例很小。在中盐度湖水中, 卤

虫一般为单性生殖, 当气温下降, 日照缩短, 盐度降低等情况下产的卵有部分滞育, 其滞育的比例随上述条件的变化程度而定。

卤虫卵的滞育对物种保存非常有利, 由于低温形成的滞育卵必需满足冷冻刺激的要求, 再遇到合适的条件方可孵化, 在滞育期间更能抵抗恶劣的自然条件。

3.3 卤虫卵的加工和利用

卤虫卵在加工、干燥、去杂、水洗、冷冻、包装、贮藏和运输等过程均需精心操作, 严格掌握技术参数。其中一个环节出了问题, 就会降低孵化率甚至腐烂变质, 失去应用的价值。卤虫卵的市场现状是土洋并举, 品牌众多, 良莠不齐, 假冒伪劣, 防不胜防。

卤虫卵的利用也存在不少问题, 不少用户没有掌握正确的孵化方法, 致使孵化率降低, 造成浪费。

近年美国提倡使用脱壳卤虫卵喂养, 可大大节省能量, 因为卤虫在孵化过程中大约要消耗 40% 的能量。

3.4 建议

我国卤虫的研究和开发利用起步较晚, 急需解决的问题很多, 现提出如下建议。

- 1) 搞清卤虫的种类和资源量 (特别是内陆盐湖)。
- 2) 对主要产地的卤虫进行生物学特性的研究, 为加工提供依据。
- 3) 进行加工方法的研究, 提高质量, 创出我国的名牌。
- 4) 进行合理利用和保护卤虫资源的研究。
- 5) 打破地方保护主义, 统一领导, 进行科学研究和市场管理。

参考文献:

- [1] 马志珍, 等. 中国内陆盐湖卤虫资源开发利用的研究 [J]. 海洋水产研究, 1996, 17(1): 1-14
- [2] 任波, 姚陆. 中国西北地区内陆盐湖卤虫染色体倍性组成的研究 [J]. 水产学杂志, 1997, 10(2): 49-56
- [3] 刘俊英, 等. 西藏拉果错卤虫 1. 生物学特性 [J]. 湖泊科学, 1998, 10(2): 92-96
- [4] 刘俊英, 等. 西藏拉果错卤虫 2. 营养成分 [J]. 湖泊科学, 1998, 11(3): 283-288
- [5] 杨光, 等. 中国六个内陆盐湖卤虫品系生物学特征的研究 [J]. 海洋湖沼通报, 1995, 3: 39-47.
- [6] 张波, 等. 中国九个内陆盐湖卤虫的品系特征 [J]. 湖泊科学, 1998, 10(3): 19-23

- [7] 张闰生,等.卤虫染色体倍性组成的研究[J].动物学报, 1990, 36(4): 412-419
- [8] 郑喜玉,等.西藏盐湖[M].北京:科学出版社, 1988, 1-180
- [9] 郑喜玉,等.新疆盐湖[M].北京:科学出版社, 1995, 1-226
- [10] 赵彩霞.中国西北地区内陆盐湖卤虫卵径的研究[J].水产学杂志, 1998, 11(1): 40-46
- [11] 侯林,等.中国两性生殖卤虫 11 个品系间的生殖隔离[J].海洋湖沼通报, 1997, (1): 48-52
- [12] 施雅风.可预见的青藏高原环境大变化[N].科学时报, 2000-05-08(2)
- [13] 贺超兴.盐藻的生物学特性与开发利用[J].生物学通报, 1998, 33(2): 12
- [14] 索有瑞,等.卤虫 (*Artemia*) 卵营养成分的比较研究[J].高原生物学集刊第 13 集, 1997, 147-152
- [15] Abatzopoulos, T., Zhang Bo, and Sorgeloos, P. *Artemia tibetiana*: preliminary Characterization of a new *Artemia* species found in Tibet (People's Republic of China). International Study on *Artemia*. LIX [J]. International Journal of Salt Lake Research, 1998, (7): 41-44.
- [16] Bowen, S. T. and Sterling, G. Esterase and malate dehydrogenase isozyme Polymorphisms in 15 *Artemia* populations [J]. Comp. Biochem. Physiol., 1978, 61: 593-595.
- [17] Cai Yaneng A new species of brine shrimp (*Artemia sinica*) [J]. *Artemia Newsletter*, 1988, 10: 40.
- [18] Cai Yaneng A redescription of the brine shrimp (*Artemia sinica*) [J]. *The Wasmann Journal of Biology*, 1989, 47(1-2): 105-110.
- [19] Günther, R. T. Contributions to the natural history of Lake Urmi, N. W. Persia, and its neighbourhood [J]. *J. Linn. Soc. Zoology*, 1900, 27: 345-452.
- [20] Kellogg, V. L. A new *Artemia* and its life condition. *Science New York. N. Y.*, 1906, 24: 594-596.
- [21] Linnaeus, C. *Systema natura per regna tria nature* [M]. 1758, 634.
- [22] Piccinelli, M. & Prodocimi, T. Descrizione tassonomica delle due specie *Artemia salina* L., *Artemia persimilis* n. sp. *Re. Ist. lomb [J]. Sci. Lett. (Sci. biol. med.)*, 1968, 102B: 113-118.
- [23] Pilla Ernani J. S. et al. Genetic and morphometric differentiation in Old World bisexual species of *Artemia* (the brine shrimp) [J]. *Heredity*, 1994, 73: 47-56.
- [24] Triantaphyllidis, G. V., Zhang, B. L. & Sorgeloos, P. International study on *Artemia* 50. Review of the literature on *Artemia* from salt lake in People's Republic of China [J]. *International Journal of Salt Lake Research*, 1994, 3(1): 93-104.
- [25] Verrill, A. E. Contributions to Zoology from the Museum of Yale College. III. Description of some new American phyllopod Crustacea [J]. *Amer. J. Sci. Arts. New Haven*, 1869, 43: 244-254.
- [26] Xin, N., San, J., Zhang, B., Triantaphyllidis, G. V., Van Stappen, G. & Sorgeloos, P., International Study on *Artemia* 51. New survey of *Artemia* resources in the People's Republic of China [J]. *International Journal of Salt Lake Research*, 1994, 3(1): 105-112. illustr.

Development and Utilization of Salt Algae (*Dunaliella salina*) and Brine Shrimp (*Artemia* spp.) in the Plateau Salt Lake of China

YIN Xiang-chu^{1,2}, YIN Hong², ZHOU Ke-xin², ZHANG Dao-chuan² and SHI Jian-ping¹

(1. Northwest Institute Plateau of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China;
2. College of Life Science, Hebei University Baoding, 071002, China)

Abstract In the paper, the name, geographical position, area, depth of water, altitude, brine type of salt lake from Plateau; ecology, biology and economy of salt algae (*Dunaliella salina*) and brine shrimp (*Artemia* spp.) are described. The development and utilization of the sources of salt lake are preliminarily discussed.

Key words Salt lake; *Dunaliella salina*; *Artemia*; Plateau; China