

内陆盐水水体枝角类研究述评*

赵文**
(养殖系)

摘要 本文论述了世界范围的内陆盐水水体枝角类的种类组成及其分布,并分析了决定内陆盐水水体枝角类分布的环境因子。随着盐度升高,枝角类种数减少,能在超盐水体中出现的枝角类只有少数几种,且大多数淡水耐盐种能适应很大的盐度变化。盐度和离子组成是决定内陆盐水水体枝角类分布的最重要的环境因子,此外,温度、碱度和pH 离子系数等也起作用。文后对内陆盐水水体枝角类的利用前景进行了讨论,认为将分布于内陆盐水水体的一些枝角类(如蒙古裸腹溞、点滴尖额溞、大型溞等)驯于化海水中大量培养,是扩大海水养殖上鱼虾幼体活饵料的良好途径。

关键词 内陆盐水水体,枝角类,种类组成,分布,环境因子,利用

中图分类号 Q959.223.15 Q959.223.3

引言

内陆盐水水体(inland saline waters)或称非海洋性盐水水体(athalassic saline waters),一般指盐度在0.5%以上的各种内陆水体。近年 Williams^[4,59]根据生物区系特点主张3.0%以上方属内陆盐水,并得到一些学者的支持。

早在二十年代,内陆盐水水体的生物资源就引起了生态学家和生理学家们的兴趣,近年来世界各国学者对此十分重视,迄今为止已先后召开了四届盐湖国际学术讨论会,并发表了大量的研究论文。国外对内陆盐水水体生物的研究,主要集中于生物分类、种类组成和自然分布等方面^(19,20,26,51,57)。此外还进行了一些动物对盐度耐受性和渗透调节等研究^(21,23,24,33)。我国在这方面的研究起步较晚。在沈嘉瑞等⁽²⁾和蒋燮治等⁽¹⁷⁾的专著中曾涉及某些分布于我国的盐水桡足类和枝角类以及某些淡水甲壳类在盐水水体的出现;龚循矩⁽¹⁵⁾、蒋燮治⁽¹⁶⁾在对西藏高原的水生无脊椎动物的调查中也提到一些盐水种和淡水喜盐种,但是所有这些资料中几乎都没有分布水体的盐度和离子组成等资料。盐度12.5%的青海湖中的水生生物有过报道^(1,11)。何志辉等对达里湖⁽³⁾、乌梁素海⁽⁴⁾和晋南银川地区^(5,6)盐水水体的水生生物进行了较系统的研究。此外仅有一些零星的报道⁽¹⁰⁾。

枝角类广布于淡水水体,也分布于内陆盐水水体。真正的海洋枝角类只有11种⁽¹²⁾,且大多数分布于近岸水域。由此可见,枝角类是内陆盐水水体中的重要生物类群之一。枝角类

收文日期:1991-01-4

* 本文承蒙何志辉教授的热忱指导并提供资料,特此致谢。

**作者已由硕士研究生毕业,回吉林农大动物科学系工作。

繁殖快,营养价值高,是鱼类和一些甲壳类的优质活饵料,特别是分布于盐水水体中的枝角类,对盐度的适应潜力很大,将之驯化到海水中,可望成为海产动物的活饵料,以弥补轮虫、卤虫等活饵料的短缺,因此,调查研究内陆盐水水体枝角类资源及其对环境因子的适应性,对充分利用这一资源具有重要的理论和实践意义。

1 内陆盐水水体枝角类的种类组成及其分布

1.1 种类组成

总结世界各国学者的研究结果,将在不同国家和地区的内陆盐水水体中发现的枝角类列于表1,并给出了其分布水体的最高和最低盐度范围以及发生地点。

在超盐水体(盐度40‰~347‰)中能出现的枝角类有点滴尖额溞(*Alona guttata*)、一种象鼻溞(*Bosmina* sp.)、圆形盘肠溞(*Chydorus sphaericus*)、相似溞(*Daphnia similis*)、地中海溞(*D. mediterranea*)、小拟溞(*Daphniopsis pusilla*)、蒙古裸腹溞(*Moina mongolica*)、赫钦逊裸腹溞(*M. hutchinsoni*)、小头裸腹溞(*M. microcephala*)、盐水裸腹溞(*M. salina*)和内蒙古秀体溞(*Diaphanosoma mongolianum*)。其中的点滴尖额溞、蒙古裸腹溞和一种象鼻溞在我国晋南银川地区的超盐水体中也有发现。点滴尖额溞的最高盐度为119.9‰。蒙古裸腹溞生存的最大盐度,国外材料记载为97‰^[42],而国内何志辉^[6]发现的最高盐度为165.2‰。象鼻溞属一般是淡水种类,而在晋南超盐水体中的一种象鼻溞盐幅高达47.1‰~93.5‰。上述提及的四种裸腹溞局限于盐水生态系,且在盐度较低的水体中也有发现。相似溞的盐幅为<3‰~107‰^[27,44,47]。小拟溞所记录到的盐幅是3‰~71‰,但是几乎所有记录均低于50‰。这一盐幅要比北美西部的耐碱盐种赫钦逊裸腹溞(5.5‰~50‰)的大。Alonso^[19]报道的地中海溞和盐水裸腹溞的最高盐度均为62‰。内蒙古秀体溞在蒋燮治等材料中有过记载^[17],在西班牙盐水水体中出现的最高盐度为62‰。虽然Thienemann报道圆形盘肠溞和老年低额溞(*Simocephalus rotutus*)在德国盐度59.4‰的水体中出现^[38],但是关于这两种枝角类的其它记录远低于此盐度。由此看来,在盐度超过40‰的超盐水体中经常出现的枝角类只有很少几种。

在真盐水体(盐度30‰~40‰)和多盐水体(盐度18‰~30‰)中出现的枝角类主要有阿特金斯溞(*Daphnia atkinsoni*)、大型溞(*D. magna*)、长头溞(*D. dolichocephala*)、蚤状溞(*D. pulex*)、大洋洲拟溞(*Daphniopsis australis*)、方形拟溞(*D. quadrangulus*)、平直溞(*pleurocus lctourneuxi*)、刷角粗毛溞(*Macrothrix hirsuticornis*)、短型裸腹蚤(*Moina brachiata*)、贝氏裸腹溞(*M. baylyi*)、多刺裸腹溞(*M. macroopa*)和平突船卵溞(*Scaphaloberis mucronata*)等。然而,这些种类都能在低盐范围内出现(见表1)。就大型溞和蚤状溞而言,它们都能进入微咸水和淡水生态系中。平突船卵溞仅出现西班牙的中盐水体,而Pennak指出该溞在美国广泛分布,但可能仅限于淡水水体中^[38],在我国,该溞只有淡水和微咸水(1.73‰)中出现。

表1中所列的其它种类以及未列入种类仅出现于中混盐水体(5‰~18‰)和寡盐水体(0.5‰~5‰)。且大多是淡水种或淡水耐盐种。

1.2 地理分布

关于溞属的地理分布, Brook^[27]有过讨论, 阿特金斯溞局限于古北区(中欧、中亚和北非)。长刺溞是一种欧亚大陆种类, 一般仅见于中欧的盐湖中。相似溞、施氏溞(*D. schodleri*)和大型溞分布于全北区。相似溞在加拿大和匈牙利盐湖中出现, 但 Löffler^[41]指出它也分布于中东(叙利亚、黎巴嫩和以色列)、阿尔及利亚、突尼斯、中欧(匈牙利、南斯拉夫)和苏联(黑海、阿拉湖)。在阿根廷也发现该溞。施氏溞出现于北美西部少数低盐湖中。大型溞分布比较广泛, 在西班牙、阿尔及利亚、中欧、伊朗、中国、加拿大的萨斯喀彻温的盐湖中都有分布。蚤状溞出现于欧亚大陆、西班牙、匈牙利、加拿大、美国和阿根廷。驼背溞(*D. gibba*)和长头溞局限于非洲。其它一些种类, 如胡须溞(*D. barbata*) (非洲)、帽盔溞(*D. galvata*) (古北区, 美国)、小溞(*D. parvula*) (美洲)和模糊溞(*D. dubia*) (新北区), 虽然在淡水水体极其广泛地分布, 但也经常出现于盐水水体。小拟溞是澳大利亚的特有种, 而隆腺溞(*D. Carinata*)在澳大利亚和亚洲出现。

关于裸腹溞属的分布, Goulden^[35]认为该属中仅以蒙古裸腹溞、*M. eugeniae*和赫钦逊裸腹溞是盐水种。然而该属种类在非海洋性盐水水体中的分布是世界性的。蒙古裸腹溞是古北区种类, 是旧大陆上唯一得到承认的盐水种裸腹溞, 它出现于北非、中东、西伯利亚、蒙古和中国^[35,5]。在西班牙盐湖中也有报道^[31]。苏联咸海习见的枝角类优势种小眼裸腹溞(*M. microphthalmax*)实为蒙古裸腹溞的同物异名。短型裸腹溞是东半球种类, 出现于中国、西班牙、北非、南非、中欧、伊朗和蒙古。微型裸腹溞(*M. micrura*)发现于盐度小于10‰的阿根廷盐湖, 也出现于北美、欧洲、中东和澳大利亚的干旱和半干旱地区。*M. eugeniae*是南美的特有种, 且出现于阿根廷的盐湖中。虽然魏氏裸腹溞(*M. wiczejski*)存在于阿根廷盐湖中, 但它也出现于海地和美国西部, 且局限于干旱和半干旱地区。在北美西部, 赫钦逊裸腹溞是该属中最常见的种类, 且局限于碱性盐湖中, 虽然Goulden指出该溞局限于北美, 但是来自德国和西伯利亚类似湖泊的资料表明该溞是全北区分布的。多刺裸腹溞仅在北达科他盐湖中有过报道, 它在北美、欧洲、阿尔及利亚、中东、苏联、中国和蒙古广泛分布。而贝氏裸腹溞可能是澳大利亚的特有种。

其它各属枝角类的地理分布如表1所示。例如, 尖额溞属出现于不同大陆的盐水水体中。短尾秀体溞(*Diaphanosoma brachyurum*)虽然仅在欧洲、阿尔及利亚和北达科他的盐湖中采到, 但它是古北区分布的, 中国淡水中也有分布。镰角秀体溞(*D. excisum*)局限于非洲。长肢秀体溞(*D. leuchtenbergianum*)在内华达、萨斯喀彻温、中国的盐水中已有发现。蒋燮治等^[17]指出内蒙古秀体溞是我国的特有种, 仅见于内蒙古呼伦池, 但Alonso^[19]报道该溞出现于西班牙盐湖中, 其盐幅为10‰~62‰。

总之, 盐水水体中枝角类的分布十分广泛。其主要原因是地球上的内陆盐水水体一般都存在着丰富的可作为枝角类食物的细菌、藻类及有机碎屑, 其次是枝角类本身的适应力、耐盐性、所产冬卵对恶劣环境的抵抗性以及冬卵能附着在水鸟体上或其它物体而远迁等, 都是枝角类分布广泛的重要原因。

1.3 内陆盐水水体枝角类的划分

表 1 世界内陆盐水体中枝角类的种类组成及分布
(盐度以最高和最低盐度给出)

种 类 及 学 名	分 布 与 盐 度 (%)										
	3	5	7	10	2)	3)	5)	100	120	>12)	
锐额溇 <i>Alonella sp.</i>			②5.6								
矩形尖额溇 <i>Alona rectangula</i>		⑤		⑩		⑤⑩①	13.8				
细尾尖额溇 <i>Alona tenuicaudis</i>			⑬⑭⑮⑰	6							
点滴尖额溇 <i>Alona guttata</i>	③								①119.9		
秀体尖额溇 <i>Alona diaphana</i>				③	10.3						
肋形尖额溇 <i>Alona costata</i>				③	10.8						
中型尖额溇 <i>Alona intermedia</i>				③	10.2						
奇异尖额溇 <i>Alona e. imia</i>				③	10.2						
美丽尖额溇 <i>Alona cambouei</i>				④	10						
戴维氏尖额溇 <i>Alona davidiheringi</i>				⑨	10						
方形尖额溇 <i>Alona quadrangularis</i>					⑩	12.5					
筒弧象鼻溇 <i>Bosmina coregoni</i>	⑨	1.83									
脆弱象鼻溇 <i>Bosmina fatalis</i>	③	1.83									
一种象鼻溇 <i>Bosmina SP.</i>								①	①98.5		
钝额象鼻溇 <i>Bosmina obtusirostris</i>		⑬⑭	⑬	⑥	⑬	13					
长额象鼻溇 <i>Bosmina longirostris</i>	③	1.83									
长柱尾突溇 <i>Bythotrephes longimanus</i>			②	5.6							
角突网纹溇 <i>Ceriodaphnia cornuta</i>			③			⑩	16.7				
方形网纹溇 <i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	③	②①	⑦②	⑬	13						
湖生网纹溇 <i>Ceriodaphnia lacustris</i>	⑬	⑬		⑬	9						
棘爪网纹溇 <i>Ceriodaphnia reticulata</i>	⑬⑭⑮⑰⑱					①		⑰	40		
宽尾网纹溇 <i>Ceriodaphnia laticaudata</i>		③	3								
棘体网纹溇 <i>Ceriodaphnia setosa</i>	③	1.3									
圆形盘肠溇 <i>Chydorus sphericus</i>	⑩⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒㉓	⑦②④⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒㉓	①③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒㉓	①③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒㉓	①③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒㉓	①③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒㉓	①③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒㉓	①③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒㉓	①③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒㉓	①③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒㉓	
球形盘肠溇 <i>Chydorus globosus</i>	③	1.83									
侧扁盘肠溇 <i>Chydorus latus</i>	③	1.83									
锯唇盘肠溇 <i>Chydorus barroisi</i>	③	1.83									
隆腺溇 <i>Daphnia carinata</i>	⑧⑩⑪⑫⑬	11									
大型溇 <i>Daphnia magna</i>	⑧⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒㉓	⑤③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒㉓									
长头溇 <i>Daphnia dolichocephala</i>			12⑤		⑤	41					
地中海溇 <i>Daphnia mediterrane</i>									⑰	30	
阿特金斯溇 <i>Daphnia atkinsi</i>		⑦⑬		⑤⑮⑯⑰⑱⑲	⑤⑲						
长刺溇 <i>Daphnia longispina</i>	③⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲	②④⑤									
蚤状溇 <i>Daphnia pulex</i>	③⑤④*	⑦⑧⑨⑩⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳									
帕米尔溇 <i>Daphnia panirensis</i>	④*										
施氏溇 <i>Daphnia Schudleri</i>		②⑬⑭	⑬	14							
相似溇 <i>Daphnia Similis</i>	⑤⑪⑬⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒	⑥⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒									
透明溇 <i>Daphnia hyalina</i>						③	12.8				
驼背溇 <i>Daphnia gibba</i>	②③	3.2									
帽盔溇 <i>Daphnia galeata</i>			③	8.8							
胡须溇 <i>Daphnia barbata</i>						⑩	16.7				
大洋洲拟溇 <i>Daphniopsis australis</i>	②⑤⑧⑨⑩⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒	③									
小拟溇 <i>Daphniopsis pusilla</i>	⑩⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒	⑧⑨⑩⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑㉒									
西藏拟溇 <i>Daphniopsis tibetana</i>	④*										

关于内陆盐水水体生物的划分,各家的观点不尽相同。Bayly(1972)⁽²¹⁾将盐水水体生物分为三种类型,即非海洋性盐生生物、耐盐淡水生物和海洋性生物。非海洋性盐生生物只以非海洋性盐水水体做为其最适生境,不能在淡水中长期存活和繁殖。这类生物在20%~50%的盐水中方显示出低渗调节能力,在高于50%的盐水中低调趋于完善,亦即只有完善的低调能力的动物才能耐受高盐。这类生物中的少数种类,如盐水卤虫(*Artemia salina*)和食碎屑黑蚊(*Aedes detritus*),既能在高盐介质进行中等渗调节,又能低渗调节。耐盐淡水生物在淡水和从微咸水到中盐水中进行高渗调节,而随着盐度进一步升高,大多数种类不能低渗调节。Beadle, Bayly均认为这一类的盐度高限一般为20%~30%。海洋性生物仅在邻近沿海而离子组成类似海水的水体中出现。Beadle(1981)⁽²⁵⁾从实用观点出发,将盐水生物分为盐水种和淡水种两类,几乎所有的淡水种都是在盐度低于10%的水体中发现的。并认为淡水动物是不能低渗调节的。William(1983)⁽⁵⁶⁾把在盐水中出现的动物分为三类,即1) 盐水种(halobionts species),主要分布于盐度超过50%的高盐水体;2) 喜盐种(halophiles species);分布于盐度10%~60%的中等盐度水体;3) 耐盐淡水种(Salt-to-lerant freshwater species),分布水体的盐度低于20%。

由此可见,内陆盐水水体生物区系的划分,除各类的盐幅界限不确定外,基本上是一致的。从简便而实用的目的出发,我们认为Williams的划分法较为适用,且易于判断。为此,可把迄今为止在盐水水体中出现的枝角类做如下划分:点滴尖额溞、象鼻溞(*B. sp.*)、地中海溞、相似溞、小拟溞、小头裸腹溞、蒙古裸腹溞、盐水裸腹溞和赫钦逊裸腹溞是盐水枝角类;圆形盘肠溞、长头溞、大型溞、阿特金斯溞、蚤状溞、大洋洲北溞、方形拟溞、刷角粗毛溞、贝氏裸腹溞、短型裸腹溞、平直溞、平突船卵溞、棘爪低额溞(*Simocephalus exspinosus*)、棘爪网纹溞(*Ceriodaphnia reticulata*)和内蒙古秀体溞是喜盐淡水枝角类;表1中所列的其它种类均属耐盐淡水枝角类。虽然圆形盘肠溞出现的最高盐度为59%,但是它几乎只分布于盐度低得多的水体中,因此将之划分为喜盐淡水枝角类更为合适。

2 决定内陆盐水水体枝角类分布的环境因子

枝角类的分布受很多环境因子影响。虽然食物因子、捕食者和生物本身的特性对盐水水体枝角类的分布都有影响,但是决定内陆盐水水体枝角类群落组成及分布的主要是非生物因子。

2.1 盐度和离子组成

大多数内陆盐水水体都是封闭型水体,且处于干旱和半干旱的沙漠和草原地带,水体的蒸发量大于降雨量,因此,水体逐渐浓缩,盐度逐渐升高。而其他盐水水体盐度主要来自海洋或岩石土壤的溶解,同样受降雨大小的影响,盐度变化很大。随之而来的是离子组成也相应改变。

研究表明,盐度和离子组成是控制内陆盐水水体水生生物分布的最重要因子。一般来说随着盐度的升高,生物种数趋于减少^(32, 28, 39, 52, 55),大多数淡水甲壳动物、昆虫的耐盐上限为3%~20%⁽²⁴⁾。与其它水生动物一样,枝角类大都起源于海洋,因而保留着祖先的耐盐潜力,

一般来说生活的盐幅较宽。但是枝角类种数随盐度升高而减少,能在高盐度水体中生活繁衍的枝角类为数不多,且不同种枝角类所能耐受的盐度范围不同,即使同一种枝角类在不同水体中能耐受的盐度范围也各异。如蒙古裸腹溞是典型的盐水种,是枝角类中广盐性的种类,其耐盐能力仅次于卤虫⁽⁸⁾,АЛЭДИН指出此溞在普通海水中的耐盐上限为60%,而在咸海水中的耐盐上限则达88%⁽⁶⁰⁾;晋南银川地区该溞分布的最高盐度为165.2%,一般在0.30%~58.7%的盐幅可进行单性生殖,而Hammer⁽³⁸⁾则认为该溞的盐度上限为73%。由此表明,盐度不是决定枝角类分布的唯一限制因子。离子组成及其它因子也起作用。就大多数枝角类而言,其分布受高盐限制,一般盐度超过7%~10%时,枝角类种数较贫乏。

离子组成也影响枝角类对盐度的适应能力,在动物与环境的渗透关系中,氯离子的活性强,其含量通常决定着动物所能生存的盐度上限,譬如大型溞在氯化物型海水中的耐盐上限为7%,而在硫酸盐型的咸海则达10%。此外,盐度和离子组成也通过影响枝角类生长、发育和繁殖而间接影响其分布。

2.2 离子系数

离子系数是钙镁二价阳离子对钾钠一价阳离子的当量比值。虽然溶解盐类的各种成份对枝角类的正常生活是不可缺少的,但其中的每一种成分过多或过少都会影响枝角类的生活,对之有毒害作用,因此能限制其分布。主要阳离子中毒性较强的是钾,其次是镁,如大型溞、多刺裸腹溞、网状网纹溞忍受镁离子的上限分别为0.24,0.18和0.06 g/L。此外,重金属等微量元素过量时毒性也很大^(7,49)。由于离子间存在拮抗作用,即二价钙镁离子可中和一价钠钾离子的毒性,碳镁离子间也存在类似的拮抗作用。一般离子系数越高,毒性越大⁽⁷⁾。离子系数适当才能成为平衡溶液,如海水和河口盐水水体是平衡溶液,而内陆盐水水体的离子组成变化很大,有时离子之间的不平衡而产生的毒性能毒害枝角类,并能降低枝角类的耐盐性,从而限制其分布。

2.3 碱度和pH

高碱度的内陆盐水水体一般pH值都较高,特别是碳酸盐型水体,其pH可高达10以上。碱度过高对水生动物有毒害作用,有些碳酸盐水体,由于水在浓缩过程中不断地析出CaCO₃或CaCO₃·MgCO₃结晶,随着碱度的升高,不仅pH较高,且钾含量通常也增大而钙含量下降,离子系数常常很高,毒性很大,因而生物区系较贫乏。碱度和pH具有协同作用,因此,枝角类的分布显然受碱度和pH限制。

不同枝角类对pH的适应性不同^(29,46,7),如圆形盘肠溞发育的最适pH为5.0和9.0,分布较广;大型溞从pH6~10范围内的水体中均有分布,碱性水体(pH8.7~9.9)对其生存特别有利;透明薄皮溞(*Leptodora Kindtii*)、短尾秀体溞、长刺溞(*Daphnia longispina*)等常生活于各种不同程度的酸性水体中,而棘爪低额溞、棘爪网纹溞等则可分布于碱性水体中^(14,17)。

碳酸盐型盐湖,生物区系一般较其它两型贫乏。Beadle⁽²⁵⁾指出:非洲高碱度盐湖与低碱度盐湖相比,前者pH较高而盐度相对较低,没有枝角类分布,而后者pH较低盐度较高,但却分布有6种枝角类。

2.4 气体状况

内陆盐水水体一般缺少外来淡水的补给,在蒸发浓缩过程中,不仅盐度升高,有机质含量也同时增大。由于有机质氧化分解要消耗氧气,水体中氧气有时消耗殆尽,导致枝角类死亡。虽然枝角类血液中含有血红素,对环境中氧的变化有很大的适应性,如多刺裸腹溞能在含氧量为0.3 mg/L的水中生活,圆形盘肠溞在无氧环境可活18 h^[9]。尽管如此,含氧量仍能限制枝角类的分布。

内陆盐水水体硫酸盐含量较高,缺氧时极易还原成 H_2S ,导致枝角类死亡。此外,有机质分解产生的 NH_3 毒性也很大,且随着pH升高而加剧,也可能影响枝角类的分布。

2.5 温 度

温度也是影响枝角类在内陆盐水水体分布的重要因子。大多数枝角类是广温性的,但一般喜较高温度,通常水温达16~18℃以后才大量出现,如大型溞、隆腺溞的最适温度为17~25℃,多刺裸腹溞、蒙古裸腹溞为25~28℃。少数种类是嗜冷性的,如短尾裸腹溞(*Moina branchyurum*)最适温度为8~13℃。温度的季节变化常引起枝角类分布的季节变化,一般在冬季很少有枝角类出现。此外,温度还通过影响枝角类代谢、生殖和耐盐性而间接影响其分布^[45,8]。

2.6 发育速率和繁殖力

枝角类对环境的适应在很大程度上是由遗传因子(基因)决定的,表现为不同种枝角类对环境因子的适应有很大差异。枝角类的传播、发育速率和繁殖力等生物特性是决定其分布的内因。不同枝角类的发育速率和繁殖力不同,因此也影响本身的分布。小型间歇性盐海水体的盐度、离子组成处于不断变化之中,而且要定期或不定期地经过一段干涸时期,只有发育速率快、繁殖力大(短时期内提供大量后代)和适应性强(广生态幅并能度过干燥期)的种类才能分布其中^[9,53]。间歇性水体常出现的枝角类是溞属和裸腹溞属的种类,如隆腺溞、大型溞、多刺裸腹溞等。枝角类是通过产生带有卵鞍的冬卵而度过极端盐度、干燥和冰冻等不利条件的。由于内陆盐水水体的封闭性,枝角类的传播途径有限,从而限制了枝角类的分布。

3 内陆盐水水体枝角类的利用前景

众所周知,迄今在海水养殖上常用的优质饵料中,很多都是最初采自河口和非洲海洋性内陆盐水水体,如褶皱臂尾轮虫(*Branchionus plicatilis*)、盐生杜氏藻(*Dunaliella Salina*)、钝顶螺旋藻(*Spirulina platensis*)和盐水卤虫等。枝角类营养丰富,不仅蛋白质含量高,而且氨基酸比较完全,是鱼虾等水产经济动物的优质动物性饵料。这在淡水养殖实践中已充分证明,并得以广泛应用^[14, 34]。

海洋枝角类种类很少,且不易大规模培养。随着海水养殖业的迅速发展,轮虫、卤虫等活饵料日趋短缺,远远满足不了鱼虾生产的需要,人们开始把注意力转向开发新的活饵料资源上,由于内陆盐水水体枝角类有很大的耐盐潜力,因此,将之驯化到海水中,并大量培

养, 可望做为海产鱼虾的饵料。在此方面, 何志辉等⁽⁸⁾已成功地将蒙古裸腹溞驯化到海水中生活, 并能正常生长和繁殖, 且适于大量培养。据童圣英等测定, 蒙古裸腹溞的氨基酸组成(蛋氨酸含量高)完全能满足鱼虾生长对必需氨基酸的需要, 且20:5 ω 3等高度不饱和脂肪酸含量高达15.1%, 对海产鱼虾生长也是十分有利的⁽¹⁸⁾, 因此, 蒙古裸腹溞是内陆盐水水体枝角类培养利用的很有希望的对象。此外, 在其它分布于内陆盐水水体的枝角类中, 一些种类也有希望驯化于海水中生活, 特别是那些已在超盐水体和真盐水体出现过的盐水和耐盐淡水种, 如点滴尖额溞、象鼻溞、大型溞等。关于大型溞, 记录到的该溞出现的最大盐度为40‰, 通常在盐度10‰~13‰的水体中出现, 经过长期缓慢驯化, 有希望将这种枝角类驯化于海水中。

另一方面, 不同种枝角类体长不同, 且不同龄期的同种枝角类体长也各异。如大型溞成体体长为2.3~6.0mm, 蒙古裸腹溞为1.0~1.4mm, 象鼻溞为0.25~1.0mm, 点滴尖额溞则为0.38~0.52mm。大型溞按不同龄期可分为成体(体长>2mm)、亚成体(体长1~2mm)和幼体(体长<1mm)⁽³⁴⁾。如果这些枝角类都能驯化于海水中生活, 且能正常生长繁殖, 那么就可向海产鱼虾提供粒径不同的适口活饵料, 使之满足不同发育阶段鱼虾饵料的需要。

此外, 枝角类生活史短, 对毒物的敏感性大于鱼类, 是很好的化学毒物的测试生物, 如大型溞模糊网纹溞生物测试法在国外已广泛应用^(13,30)。由于海洋枝角类适应性不如盐水枝角类, 因此用驯化于海水中的盐水枝角类做为测试生物, 监测海洋化学毒物及重金属污染, 对环境保护及渔业用水水质监测无疑具有重大意义。如蒙古裸腹溞就可做为这类测试生物, 用于监测海水的重金属污染。这方面的工作尚需进一步研究和推广应用。

参 考 文 献

- 1 中科院兰州地质研究所等. 青海湖综合考察报告. 北京: 科学出版社, 1979
- 2 沈嘉瑞等. 中国动物志(淡水桡足类). 北京: 科学出版社, 1979
- 3 何志辉等. 达里湖水化学和水生生物学研究. 水生生物学集刊, 1981, 7(3): 341~358
- 4 何志辉等. 乌梁素海水化学和水生生物学初步调查. 大连水产学院学报, 1984, (1): 41~56
- 5 何志辉等. 蒙古裸腹溞在我国发现及其分布. 大连水产学院学报, 1988, (2): 9~14
- 6 何志辉等. 晋南和银川地区盐水和超盐水体的浮游动物. 水生生物学报, 1989, 13(1): 24~37
- 7 何志辉. 发展三北地区盐碱性水体渔业某些生态因子的分析. 水产科学, 1984, (1): 1~5
- 8 何志辉, 蒋响生. 不同温度下蒙古裸腹溞对盐度变化的适应能力. 大连水产学院学报, 1990, 5(2): 1~3
- 9 何志辉. 淡水生物学(下册). 北京: 农业出版社, 1985
- 10 李明德. 咸淡水的枝角类. 动物学杂志, 1985, 20(5): 20~23
- 11 青海省生物研究所. 青海湖地区的鱼类区系和青海湖裸鲤的生物学. 北京: 科学出版社, 1975
- 12 郑重, 曹文清. 海洋枝角类生物学. 厦门: 厦门大学出版社, 1987
- 13 修瑞琴. 大型水蚤生物监测法. 海洋湖沼通报, 1986, (3): 77~82
- 14 堵南山. 甲壳动物学(上册). 北京: 科学出版社, 1987
- 15 龚循矩. 西藏高原的轮虫. 西藏水生无脊椎动物. 北京: 科学出版社, 1983; 330~442
- 16 蒋燮治. 西藏高原的甲壳动物鳃足亚纲. 西藏水生无脊椎动物. 北京: 科学出版社, 1983; 443~470
- 17 蒋燮治, 堵南山. 中国动物志(淡水枝角类). 北京: 科学出版社, 1979
- 18 童圣英等. 蒙古裸腹溞营养成分分析与评价. 大连水产学院学报, 1988, (3-4): 29~33
- 19 Alonso, M., Anostraca, Cladocera and Copepoda of Spanish Saline Lakes. Hydrobiologia, 1990, 197: 221~231
- 20 Bayly, I.A.E., The fauna and chemical composition of some athalassic saline Waters in New Zealand. N. Z. J. Mar. Freshwat. Res., 1967, 1: 105~117
- 21 Bayly, I. A. E., Salinity tolerance and osmotic behavior of animal in athalassic saline and marine

- hypersaline waters. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 1972, 3:223~268
- 22 Beadle, L. C., An ecological survey of some inland saline waters. *J. Linn. soc. zool.*, 1943, 41:218~242
- 23 Beadle, L. C., Osmotic regulation and the faunas of inland waters. *Biol. Revs.*, 1943, 18:172~183
- 24 Beadle, L. C., Osmotic regulation and the adaptation of freshwater animals to inland saline waters. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 1939, 17:421~429
- 25 Beadle, L. C., *The inland waters of tropical Africa* (Second edition). London, Longman, 1931
- 26 Baid, I. C., The arthropod fauna of Sambhar Salt lake, Rajasthan, India. *Oikos*, 1969, 19(2):292~303
- 27 Brook, J. L., The Systematics of North American Daphnia. *Mem. Acad. Arts. Sci.* 1957, 13:1~180
- 28 Brock, M. A. et al., The composition of aquatic communities in saline wetland, Australia. *Hydrobiologia*, 1983, 82:77~84
- 29 Berzins B. and Bertilsson J., Occurrence of limnic micro-crustaceans in relation to pH and humic content in swedish water bodies. *Hydrobiologia*, 1990, 199:65~71
- 30 Cornelius I. et al., Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to freshwater organisms(second edition). EPA, 1989
- 31 Comin, F. A. et al., Limnology of Gallocanta Lake, Aragon, northeastern Spain. *Hydrobiologia*, 1983, 105:207~221
- 32 Colburn, E. A., Factor influencing species diversity in saline waters of Death Valley, USA. *Hydrobiologia*, 1988, 158:215~226
- 33 Croghan, P. C., The osmotic and ionic regulation of *Artemia*(L.). *Ibid*, 1958, 35:219~233
- 34 Dave, G., Experiences with wastewater-cultured Daphnia in the start-feeding of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, 1989, 79:337~343
- 35 Goulden C. E., The systematics and evolution of the Moinidae. Transactions of the American philosophical society held at Philadelphia, New series, 1968, 58(Part6):1~101
- 36 Geddes, M. C., On the chemistry and biota of some saline in Western Australia. *Hydrobiologia*, 1981, 82:201~222
- 37 Hart, B. T., A review of the salt sensitivity of the Australian freshwater biota. *Hydrobiologia*, 1991, 210:105~144
- 38 Hammer, U. T., *Saline Lake Ecosystems of the World*. Junk, Dordrecht, 1986
- 39 Hussainy, S. U., Ecological studies on some microbiota of lakes in Western Victoria. Ph. D. Thesis, Monash University, 1969
- 40 Löffler, H., Beiträge zur Kenntnis der Iranischen Binnengewässer. 11. Regional-limnologische Studie mit Binnengewässer. besonderer Berücksichtigung der Crustaceafauna. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.* 1961, 46:309~406
- 41 Löffler, H., Zur Systematik und Ökologie der Chilenischen Wasser tomostraken. Beiträge zur Neotropischen fauna, 1962, 11(3):143~222
- 42 Muus, B. J., The fauna of Danish estuaries and lagoons. *Middelson Danmarks Fisheries og Havundersøgelser Ny Serie*, 1967, 5:1~316
- 43 McKenzie, K. G., Palaebiogeography of some salt lake faunas. *Hydrobiologia*, 1981, 82:407~418
- 44 Moore, J. E., The Entomostraca of Southern Saskatchewan. *Can. J. Zool.* 1952, 30:410~450
- 45 Nagaraj, M., Combined effects of temperature and Salinity on the Complete development of *Eurytemora vellei*(Crustacea: Copepoda). *Marine Biology*, 1988, (99):353~358
- 46 Rundle, S. D., Micro-arthropod seasonality in streams of varying pH. *Freshwater Biology*, 1990, 24(1):1~21
- 47 Rawson, D. S. and Moore, J. E., The saline lake of Saskatchewan. *Can. J. Res. Ser. D.*, 1944, 22:141~201
- 48 Rankin, J. C. and Davenport J. A., *Animal Osmoregulation*. Glasgow: Blackie, 1981
- 49 Reading, J.T., Chronic effects of selenite-selenium on *Daphnia pulex*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 1983, 12(4):399~404
- 50 Seaman, M. T. et al., Inland salt waters of southern Africa. *Hydrobiologia*, 1991, 210:75~91
- 51 Sergeev, V., A new species of Daphniopsis(Crustacea: Anomopoda: Daphniidae) from Australian salt lakes. *Hydrobiologia*, 1990, 190:1~7
- 52 Timms, B. V., Animal communities in three Victorian lake of differing salinity. *Hydrobiologia*, 1981, 81:181~193
- 53 Taylor, B. E. and Mahoney, D. L., Zooplakton in Rainbow Bay, a Carolina bay pond: population dynamics in a temporary habitat. *Freshwater Biology*, 1990, 24:597~612

- 54 Williams, W. D., A contribution to lake typology in Victoria, Australia. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 1964, 15: 158~168
- 55 Williams, W. D., Inland salt lakes: An introduction. *Hydrobiologia*, 1981, 81: 1~14
- 56 Williams, W. D., *Life in inland waters*. Blackwell Scientific Publications, 1983
- 57 Williams, W. D., Chemical and biological features of salt lake on the Etre Peninsula, South Australia, and an explanation of regional differences in the fauna of Australian salt lake. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 1934, 22: 1208~1215
- 58 Williams, W. D. et al., Salinity as a determinant of salt lake fauna. *Hydrobiologia*, 1991, 197: 257~266
- 59 Williams, W. D., Chinese and Mongolian saline lakes: a limnological overview. *Hydrobiologia*, 1991, 210: 39~66
- 60 Аладин, Н. В., Соленостные адаптации и осморегуляторные способности ветвистоусых ракообразных 3. формы из солоноватых и пресных вод. Зоологический журнал том LXI вып. 1982, 6: 851~860

A review on the Cladocera in inland saline waters

Zhao Wen

(Dept. of Aquaculture, Dalian Fisheries College, Dalian 116023)

Abstract The species composition and geographical distribution of Cladocera in inland saline waters was discussed, which spread all over the world, and the effect of environmental factors on the distribution of the Cladocera was also analysed. It is concluded that the species' numbers of the Cladocera present trend towards declining as salinity increasing. Only a few of halobiont species occur in the hypersaline waters. However, many salt-tolerant freshwater species can present widely in the mesosaline or hyposaline waters. Salinity and ionic composition are major factors influencing the distribution of the Cladocera in saline waters. Moreover, temperature, alkalinity, pH, coefficient of ions as well as development rate of the Cladocera itself play an important part in these respects. The utilization and its prospects of the Cladocera in inland saline waters were also discussed in this paper. The paper showed that some of the halobiont or halophile species, such as *Moina mongolica*, *Alona guttata*, *Daphnia magna* and *Bosmina* sp., may be tamed and cultivated in large quantities in the sea waters for a long time. This would be a good pathway to provide live food for marine fishes and shrimp larval in aquaculture.

Key words inland saline waters, Cladocera, species composition, geographical distribution, environmental factor, utilization