

DOI:10.13364/j.issn.1672-6510.20170220

天津塘沽盐场卤虫种群生态调查

李荣超¹, 隋丽英¹, 张波¹, 张心禄³, 王学魁²

(1. 天津科技大学海洋与环境学院, 天津 300457; 2. 天津科技大学化工与材料学院, 天津 300457;
3. 天津长芦海晶集团有限公司, 天津 300450)

摘要: 本研究对 2016 年塘沽盐场盐田卤水理化性质和卤虫种群状况进行了调查分析. 采用定点取样方式, 以盐度 30 为梯度, 选择 9 个不同盐度的盐池, 于 2016 年 5—11 月每月进行取样调查. 现场测得卤水盐度、温度和溶氧(DO), 在实验室测定卤水 pH, 卤水经过 0.22 μm 微孔滤膜过滤后, 测定其溶解有机碳(DOC)、总氮(TN)和总磷(TP)含量, 分析卤虫种群密度和组成、成虫雌雄比和雌性成虫卵胎生比等. 结果表明, 盐田卤水 pH 和 DO 随盐度的升高而略有下降, 分别在 7.6~8.9 和 1.9~4.5 mg/L 范围. 卤水 DOC、TN 和 TP 含量随盐度升高而增加, 分别在 11.45~90.10 mg/L、2.74~14.29 mg/L 和 0.07~0.63 mg/L 之间. 根据卤虫成虫的高雌雄比值 1.5~9.0, 初步判断塘沽盐场卤虫为孤雌生殖卤虫和两性生殖卤虫的混合种群. 卤虫种群密度、组成和生殖方式等受温度和盐度的影响较为明显. 春季(5 月)卤虫种群密度小, 孤雌生殖卤虫种群占优势, 卤虫以胎生为主; 夏季(6—8 月)卤虫种群密度高, 孤雌生殖卤虫种群占优势, 卤虫以胎生为主; 秋季(9—11 月)卤虫种群密度逐渐降低, 孤雌生殖卤虫种群优势降低, 卤虫以卵生为主. 在盐度 80~180 范围内, 卤虫密度高, 孤雌生殖卤虫占优势, 以胎生为主; 在盐度 190~250 范围内, 卤虫密度低, 两性生殖卤虫占优势, 以卵生为主. 本调查为研究渤海湾盐田卤水及卤虫种群状况、进行盐田生态调控提供了理论依据.

关键词: 盐田; 卤虫; 雌雄性比; 卵胎生比; 种群密度

中图分类号: X174

文献标志码: A

文章编号: 1672-6510(2018)05-0057-06

Ecological Investigation of *Artemia* Population in Tianjin Tangu Saltworks

LI Rongchao¹, SUI Liying¹, ZHANG Bo¹, ZHANG Xinlu³, WANG Xuekui²

(1. College of Marine and Environmental Sciences, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China;

2. College of Chemical Engineering and Materials Science, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China;

3. Tianjin Changlu Haijing Group Co., Ltd., Tianjin 300450, China)

Abstract: An ecological investigation of *Artemia* population and physio-chemical parameter analysis of brine were conducted in Tangu Saltworks, Tianjin, China, in 2016. Nine saltponds with 30 salinity gradient difference were chosen. The sampling was done monthly from May to November, 2016. Salinity, temperature and dissolved oxygen(DO) of the brine were measured on-site. The pH, content of dissolved organic carbon(DOC), total nitrogen(TN) and total phosphorus(TP) in the brine filtrated by 0.22 μm membrane were analysed in the laboratory. The density and composition of *Artemia* population, female/male ratio of adult *Artemia*, ratio of viviparity and oviparity of female adult *Artemia* were studied under binocular microscope. The results indicated that pH and DO contents of the brine declined slightly with the increase of salinity, from 7.6 to 8.9, and 1.9 to 4.5 mg/L, respectively. The contents of DOC, TN and TP increased with the increase of salinity, 11.45-90.10 mg/L, 2.74-14.29 mg/L and 0.07-0.63 mg/L, respectively. Based on the high female/male ratio of *Artemia*(1.5-9.0), we assumed that there existed mixed *Artemia* population of both parthenogenetic and bisexual *Artemia* in Tangu saltworks. The density, composition and reproductive mode of *Artemia* were influenced remarkably by the brine

收稿日期: 2017-08-01; 修回日期: 2017-11-01

基金项目: 天津市科委科技支撑重点项目(15ZXCXSF00040)

作者简介: 李荣超(1990—), 男, 山东莒县人, 硕士研究生; 通信作者: 王学魁, 教授, wxk@tust.edu.cn

temperature and salinity. In spring (May), *Artemia* density was lower, and parthenogenetic population and nauplii-producing female dominated the *Artemia* population. In summer (Jun. to Aug.), the highest *Artemia* density was observed with parthenogenetic population and nauplii-producing female dominating the *Artemia* population. In autumn (Sep. to Nov.), lower *Artemia* density was observed again, but the dominant status of parthenogenetic population reduced and female tended to produce cysts. In lower salinity (80-180), higher *Artemia* density was observed dominated by parthenogenetic population and ovoviviparous reproductivity; while in higher salinity (190-250), lower density was observed dominated by bisexual population and oviparity reproductivity. This survey provides basic information for brine characterization and *Artemia* population study, as well as biological management in Bohai Bay saltworks.

Key words: saltworks; *Artemia*; sex ratio; ratio of viviparity and oviparity; population density

卤虫 (*Artemia*) 为小型甲壳类浮游动物, 广泛分布于盐湖、日晒盐场等高盐水域中。卤虫滤食细菌、微藻和有机碎屑等, 是高盐水域生态系统的重要调节者。卤虫幼体和成虫的营养丰富, 是海水鱼虾蟹水产苗种不可替代的鲜活饵料^[1]。我国卤虫资源丰富, 卤虫卵主要产地为西北盐湖和渤海湾日晒盐场。中国是水产养殖大国, 产量占世界总量的 2/3, 年平均卤虫卵需求量大 1 500 t, 占世界总需求量的 1/2。中国卤虫供求的波动对全球卤虫市场产生影响。

日晒盐场是由一系列盐池串联组成的人工海盐生产系统, 系统中卤水从初级蒸发池 (盐度 30) 到结晶池 (盐度 250), 优势生物种群从单细胞微藻逐渐过渡到卤虫和嗜盐微生物^[2]。较低盐度下浮游植物通过光合作用利用卤水中的碳和氮, 单胞藻和其他有机碎屑为卤虫等浮游动物提供食物, 高盐结晶池中死亡的单胞藻和卤虫被卤水中的红色嗜盐微生物分解。盐田生态系统中合适的卤虫种群密度对盐业生产具有积极影响, 卤虫通过摄食单胞藻, 降低卤水中的氮磷含量和卤水黏度, 结晶区红色嗜盐菌的大量繁殖促进卤水的蒸发和 NaCl 结晶, 能在一定程度上提高盐的质量和产量^[3-4]。

渤海湾日晒盐场是我国人工海盐的主要产区, 也是盐田卤虫卵最重要的产区。渤海湾卤虫卵具有卵径小、孵化率和营养价值高等优点^[5]。20 世纪 90 年代以来, 由于过度捕捞、生态环境变化和种质退化等原因, 渤海湾卤虫卵产量逐年降低。卤虫接种是改善盐田生态环境和提高盐田卤虫卵产量的有效手段。1992 年, 张波等^[6]分别在渤海湾塘沽、汉沽和滦南盐场进行了美国旧金山湾卤虫 (*Artemia franciscana*) 人工卤虫接种和生态调查, 结果表明接种卤虫能够有效地提高了卤虫卵产量。

本文通过对天津长芦塘沽盐场盐田定期取样, 分析不同季节和盐度卤水理化性质与卤虫种群的变化规律, 旨在全面了解盐场生态环境现状, 为渤海湾盐

田生态调控提供依据。

1 材料与方法

1.1 调查地点及取样

取样调查地点位于渤海湾天津长芦塘沽盐场。该盐场占地 200 km², 原盐年产量约 120 万 t, 是国内大型日晒盐场之一。调查取样于 2016 年 5—11 月进行, 每月 20 日左右对固定盐池进行取样。根据卤虫种群在自然环境中分布的盐度范围, 按照走水顺序、以盐度 30 为梯度选定 9 个盐池。1[#]海水淡化浓排水储水池、2[#]吹溴后储水池、3[#]初级蒸发池 (对虾养殖池)、5[#]—6[#]为中级蒸发池、7[#]—8[#]为高级蒸发池, 9[#]结晶池。每个盐池设定 4 个取样站位, 取样点距池边 2.5 m、水面以下 5~20 cm, 均匀分布于盐池四周。水样用 200 目浮游生物过滤网 (北京普力特仪器有限公司) 过滤, 体积约为 180 L。所得卤虫置于取样瓶中, 迅速加入甲醛固定。

1.2 仪器

SZ61 型体视显微镜, Olympus 公司; 0-35 型波美度玻璃浮计, 广州禄源化玻仪器有限公司; AZ8403 型溶氧仪, 台湾衡欣科技股份有限公司; FE20 型 pH 计, Mettler Toledo 公司; TOC-L CPH 型溶解有机碳分析仪, Shimadzu 公司; SHB-III 型循环水式真空泵, 河北予华仪器有限公司。

1.3 分析与测定

在体视显微镜下测定不同发育阶段卤虫 (包括无节幼体、后无节幼体、拟成体和成体) 数量、雌雄成虫个体数量和卵胎生情况, 计算卤虫种群密度、不同发育阶段卤虫组成比、雌雄性比和卵胎生比等。现场测定各盐池卤水盐度、温度和溶解氧 (DO)。取卤水水样, 加入三氯甲烷固定, 在实验室测定卤水 pH。水样静置后, 取上清液经真空泵用 0.22 μm 水膜抽滤, 抽滤后的卤水经溶解有机碳分析仪采用高温催化燃烧

法测定溶解性有机碳(DOC)和总氮(TN)含量,采用过钼酸铵分光光度法测定卤水中总磷(TP)含量(GB/T 11893—1989《水质·总磷的测定·钼酸铵分光光度法》)。

2 结果与分析

2.1 卤水温度、盐度、pH和DO

5—11 月取样卤水平均温度分别为 22.3、30.0、31.3、26.7、21.8、14.0 和 1.7 °C(图 1)。由于走水和降雨等原因,各盐池卤水实际测定盐度与预设盐度梯度有小幅差异(表 1)。

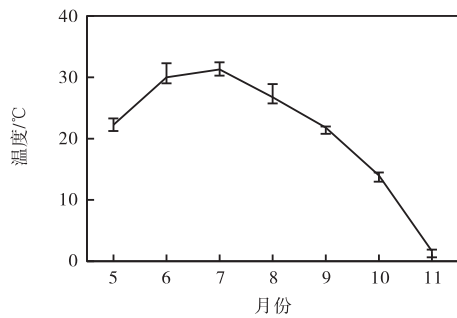


图 1 不同月份各取样盐池卤水平均温度

Fig. 1 Average brine temperature of the sampling salt ponds in different months

表 1 各取样盐池卤水盐度

Tab. 1 Salinity of the brine in the sampling saltponds

盐池	设定盐度	平均盐度
1 [#]	30	30 ± 4
2 [#]	50	51 ± 4
3 [#]	60	58 ± 5
4 [#]	90	92 ± 8
5 [#]	120	118 ± 10
6 [#]	150	147 ± 11
7 [#]	180	178 ± 8
8 [#]	210	212 ± 6
9 [#]	240	242 ± 6

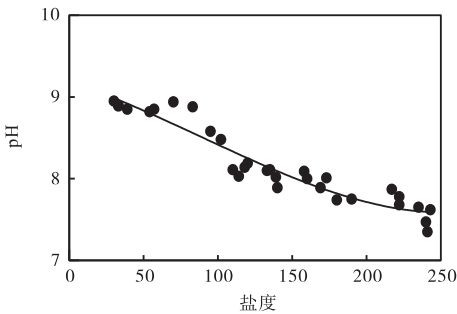
卤水 pH 在 7.6~8.9 之间,随盐度升高而下降

表 2 各取样盐池卤水 DOC、TN、TP 含量和 C/N 值

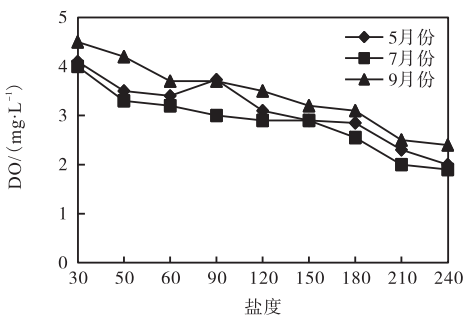
Tab. 2 Concentration of DOC, TN, TP and C/N ratio of the brine in the sampling saltponds

盐池	DOC/(mg·L ⁻¹)			TN/(mg·L ⁻¹)			TP/(mg·L ⁻¹)			C/N		
	5 月份	7 月份	9 月份	5 月份	7 月份	9 月份	5 月份	7 月份	9 月份	5 月份	7 月份	9 月份
1 [#]	11.72	23.10	18.23	4.82	5.61	5.10	0.07	0.20	0.13	2.43	4.12	3.57
2 [#]	11.45	26.51	12.22	3.03	5.12	2.74	0.14	0.30	0.24	3.78	5.18	4.46
3 [#]	51.15	73.65	55.39	10.76	14.29	14.08	0.34	0.52	0.43	4.75	5.15	3.93
4 [#]	15.34	36.58	28.26	4.42	4.65	4.54	0.43	0.55	0.49	3.47	7.87	6.23
5 [#]	14.25	33.33	19.87	3.37	4.05	3.28	0.13	0.21	0.18	4.23	8.22	6.06
6 [#]	29.74	58.13	20.86	5.72	6.81	4.37	0.16	0.22	0.20	5.20	8.53	4.78
7 [#]	37.65	66.93	42.43	6.89	8.24	7.63	0.22	0.26	0.30	5.46	8.12	5.56
8 [#]	43.17	85.45	45.66	6.23	9.75	9.12	0.23	0.37	0.39	6.93	8.77	5.01
9 [#]	46.58	90.10	36.99	9.22	10.54	6.74	0.36	0.63	0.45	5.05	8.55	5.48

(图 2)。池卤水 DO 含量在 1.9~4.5 mg/L 之间,随盐度升高逐渐降低,同一个盐池不同季节的卤水 DO 含量大小:秋季>春季>夏季。



(a) pH



(b) DO

图 2 卤水 pH 和 DO 含量的变化

Fig. 2 Fluctuation of pH and DO contents of the brine in the sampling saltponds

2.2 卤水 DOC、TN 和 TP 含量

各取样盐池卤水 DOC、TN、TP 含量和碳氮比(C/N)值见表 2。5、7 和 9 月份各盐池卤水 DOC 含量分别在 11.45~51.15、23.10~90.10 和 12.22~55.39 mg/L 之间, TN 含量分别在 3.03~10.76、4.05~14.29 和 2.74~14.08 mg/L 之间, TP 含量分别在 0.07~0.43、0.20~0.63、0.13~0.49 mg/L 之间。3[#] 为对虾养殖池,养殖过程中投入饲料和对虾排泄物导致 DOC、TN 和 TP 含量较高。

一般而言,DOC、TN 和 TP 含量:7 月份>9 月份>5 月份,均随卤水盐度升高而增加。5 月份、7 月份、9 月份各盐池卤水的 C/N 值分别在 2.43~6.93、4.12~8.77、3.57~6.23 之间,且 C/N 随卤水盐度升高而增大。

2.3 卤虫种群

2.3.1 卤虫种群密度

1[#]—3[#]盐池均未发现卤虫。其余各取样盐池卤虫密度如图 3 所示。

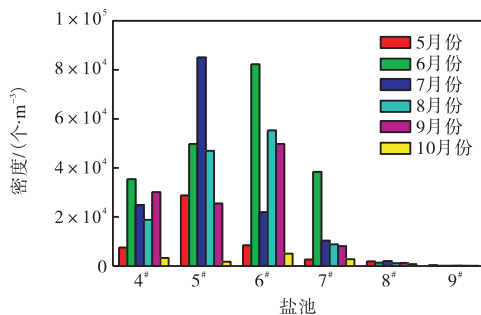


图 3 各取样盐池卤虫密度

Fig. 3 *Artemia* density in the sampling saltponds

由图 3 可知:4[#]—9[#]盐池卤虫密度随季节和盐度变化波动较大,分别在 3 052~38 615、1 709~85 531、5 000~82 293、3 305~38 751、768~1 847 和 39~311 个/m³ 之间。除 5[#]盐池最大卤虫密度出现在

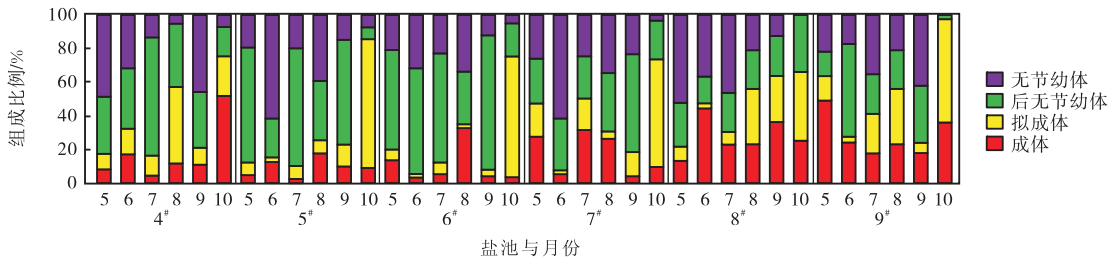


图 5 各取样盐池卤虫种群组成

Fig. 5 Composition of *Artemia* population in the sampling saltponds

2.3.3 卤虫成虫雌雄性比

各盐池卤虫成虫雌雄性比在 1.5~9.0 之间,且夏季高于春季和秋季,中低盐度盐池(4[#]—6[#])比高盐度盐池(7[#]—9[#])高,最高值出现在 6[#]盐池(图 6)。

2.3.4 卤虫种群卵胎生比

成熟的雌性卤虫有卵生和卵胎生两种繁殖方式,即产生休眠卵和幼体。除 4[#]盐池部分月份卤虫卵胎生比小于 1,即雌性卤虫倾向于产生幼体外,其他月份各盐池卵胎生比均大于 1,即雌性卤虫倾向于产生休眠卵。卤虫卵胎生比随盐度升高和温度降低而增大,即卤虫在高盐和低温时倾向于卵胎生(图 7)。

7 月份,其他盐池最大卤虫密度均出现在 6 月份。最小卤虫密度均出现在 10 月份,11 月份盐池水温接近 0℃,各取样盐池均未发现卤虫。卤虫密度大于 10⁴ 个/m³ 集中出现在 5 月份的 5[#]盐池和 6—9 月份的 4[#]—7[#]盐池。卤虫种群高密度区集中出现在盐度 80~180 之间(图 4)。

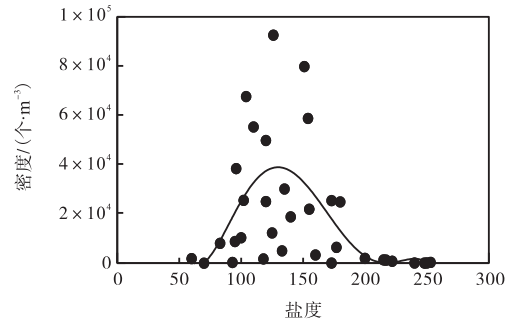


图 4 卤虫密度与卤水盐度的关系

Fig. 4 Relationship between *Artemia* density and the brine salinity

2.3.2 卤虫种群组成

卤虫按照发育阶段不同,分为无节幼体、后无节幼体、拟成体和成体 4 个阶段。5 月份卤虫无节幼体和后无节幼体占优势,6—8 月份后无节幼体和拟成虫占优势,9 和 10 月份环境温度降低,卤虫繁殖力下降,卤虫拟成体和成体占优势(图 5)。

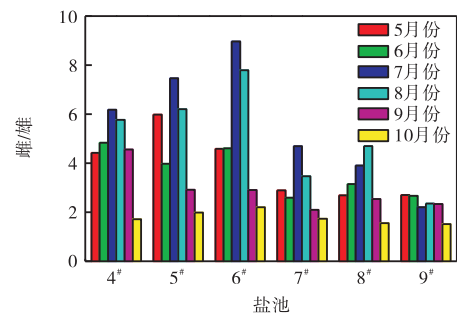


图 6 各取样盐池卤虫种群雌雄比

Fig. 6 Female/male ratio of adult *Artemia* in the sampling saltponds

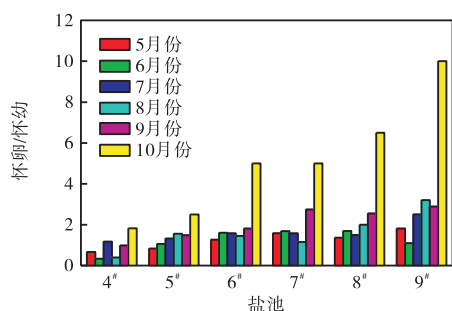


图 7 各取样盐池卤虫卵胎生比

Fig. 7 Ratio of viviparity and oviparity of female adult *Artemia* in the sampling saltponds

3 讨 论

3.1 卤水的理化性质

氮磷是浮游植物光合作用必需的营养物质,而水体中较高的 C/N 可促进异养微生物的生长.研究表明,氮和磷含量高和高 C/N 的卤水更能够促进卤水中卤虫的生长^[7-8].王婧等^[9]2010 年对渤海湾山东埕口盐场的调查表明,5 月卤水总氮含量高于 7 月和 9 月,分别为 0.7~1.4、0.02~0.8 和 0.03~0.2 mg/L;卤水总磷含量随着盐度的升高而升高,7 月卤水总磷含量高于 5 和 9 月份,分别为 0.1~0.19、0~0.13 和 0.01~0.16 mg/L.由于取样地点等因素不同,与我们的调查结果有些差异,但是大体一致.本次调查中 3#盐池(对虾养殖池)的 DOC、TN 和 TP 含量显著高于其他盐池,与大量投饵和对虾的代谢密切相关.4#盐池接纳上游 3#盐池的卤水,因此 DOC、TN 和 TP 含量相对较高.与 1#—4#盐池卤水总磷含量相比,5#盐池卤水磷含量有所减小,分析原因主要是由于盐池卤水盐度在 110~130 之间,而在盐度 90~150 的卤水中的钙镁离子容易与磷结合产生沉淀^[3].

3.2 盐度对卤虫种群的影响

盐度是影响卤虫存活、生长和繁殖的重要环境因子^[10-11].中低盐度卤水下,卤虫捕食者及竞争者很多,卤虫生存受到抑制^[12],而高盐度卤水对卤虫有较大胁迫,卤虫不宜生存.塘沽盐场卤虫种群密度在盐度 80~180 范围内较高,说明该盐度范围适合卤虫生长繁殖.塘沽盐场高于盐度 180 的盐池中卤虫密度明显减小,在盐度 270 盐池中未发现卤虫.

卤虫具有两性生殖和孤雌生殖两大类种群.一般来说,自然种群中两性生殖卤虫的雌雄性比应为 1,孤雌种群罕有雄性出现.初步估算,两性生殖与孤雌生殖卤虫种群数量相当时,雌雄性比应为 3;当雌

雄性比大于 3 时,表明孤雌生殖卤虫数量大于两性生殖卤虫.当雌雄性比小于 3 时,两性生殖种群占优势.塘沽盐场各盐池卤虫成虫雌雄性比均在 1.5~9.0 之间,说明塘沽盐场卤虫种群为孤雌生殖和两性生殖卤虫混合种群.在盐度 80~180 之间,雌性性比在 1.8~9.0 之间,孤雌生殖卤虫种群占优势;在盐度高于 180 时,雌雄性比在 1.5~4.5 之间,说明孤雌生殖卤虫种群在高盐环境中的优势减弱,两性生殖卤虫更能适应高盐环境.

卤虫具有卵生(产生休眠卵)和胎生(产生无节幼体)两种生殖方式,在环境条件恶劣时,雌虫卵囊中的胚胎发育至原肠胚期时停止,并形成褐色卵壳包裹滞育胚胎,以产休眠卵方式来维持种群繁衍^[12].塘沽盐场卤虫卵胎生比随盐度升高而增大,说明高盐环境卤虫多以卵生方式进行繁殖.

从卤虫种群组成看,中低盐度盐池中藻类密度大,能够为卤虫提供充足的食物,卤虫大量繁殖,无节幼体和后无节幼体卤虫占优势;高盐度盐池食物缺乏,无节幼体和后无节幼体竞争力小,拟成体和成体卤虫占据优势.

3.3 温度对卤虫种群的影响

除盐度外,温度是影响卤虫种群生命周期和生殖特性的另一个重要环境因子^[13].塘沽盐场卤虫种群受季节和温度的影响,春季(4—5 月)卤虫卵开始孵化,卤虫处于生长期,卤虫种群密度小,孤雌生殖卤虫种群占优势,卤虫以胎生为主,无节幼体和后无节幼体占比大;夏季(6—8 月)水温升高至 26~31℃,卤虫密度较高,孤雌生殖卤虫种群占优势,渤海湾降水增多,卤水环境不稳定,卤虫以卵生为主,后无节幼体和拟成体卤虫占优势.秋季(9—11 月)卤水温度降低,卤虫密度降低,两性生殖卤虫占优势,说明两性生殖卤虫更耐低温;卤虫以卵生为主,拟成体和成体卤虫占优势.

4 结 语

经过本次取样调查,分析得到塘沽盐场不同盐池卤水中 pH 和 DO 随着盐度升高而下降,DOC、TN 和 TP 含量随着盐度升高而增多的规律.探明了随季节变化,卤虫种群密度先增大后减小,优势卤虫种群组成由孤雌生殖变为两性生殖卤虫,产生后代由胎生逐渐变为卵生.随着盐度的升高,卤虫密度先增大后减小,优势卤虫种群组成由孤雌生殖卤虫变为两性生殖卤虫,产生后代由胎生变为卵生.根据卤虫成虫的

雌雄比值,初步证实了塘沽盐场卤虫为孤雌生殖和两性生殖卤虫混合种群,且孤雌生殖卤虫种群密度大于两性生殖卤虫种群,两性生殖卤虫较孤雌生殖卤虫更耐受高盐和低温的环境。

参考文献:

- [1] Sorgeloos P. The use of the brine shrimp *Artemia* in aquaculture[C]//The brine shrimp *Artemia*. Proceedings of the International Symposium on the Brine Shrimp *Artemia salina*. Wetteren: Universa Press, 1980: 25–46.
- [2] Davis J. Biological management for the nutrients-rich Chinese solar saltworks[C]//Proceeding of International Symposium on Biotechnology of Saltponds. Tianjin: Ministry of Light Industry, 1990: 128–132.
- [3] Javor B. Hypersaline Environments: Microbiology and Biogeochemistry[M]. Berlin: Springer-Verlag Press, 1989.
- [4] Tackaert W, Sorgeloos P. The use of brine shrimp *Artemia* in biological management of solar saltworks[C]//Proceeding of the 7th Symposium on Salt. Oxford: Elsevier Science & Technology, 1993: 617–622.
- [5] 隋丽英, 王娇. 不同品系卤虫卵的生物学测定值和营养组成分析[J]. 天津科技大学学报, 2014, 29(1): 46–50.
- [6] 张波, 郭金昌. 旧金山湾卤虫(*Artemia franciscana*)在中国渤海湾地区的引种[J]. 盐业与化工, 1993(3): 7–9.
- [7] Ogata E M, Wurtsbaugh W A, Smith T N, et al. Bioassay analysis of nutrient and *Artemia franciscana* effects on trophic interactions in the Great Salt Lake, USA[J]. Hydrobiologia, 2017, 788(1): 1–16.
- [8] 隋丽英, 王娇, 高美荣, 等. 添加碳源提高卤虫生物量和改善水质[J]. 天津科技大学学报, 2015, 30(6): 38–43.
- [9] 王婧, 隋丽英, 贺华, 等. 山东埕口盐场海欣分场卤虫种群生态调查[J]. 生态学杂志, 2012, 31(11): 2848–2854.
- [10] Vanhaecke P, Siddall S E, Sorgeloos P. International study on *Artemia*. XXXII. Combined effects of temperature and salinity on the survival of *Artemia* of various geographical origin[J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 1984, 80(3): 259–275.
- [11] Triantaphyllidis G V, Pouloupoulou K, Abatzopoulos T J, et al. International study on *Artemia* XLIX. Salinity effects on survival, maturity, growth, biometrics, reproductive and lifespan characteristics of a bisexual and a parthenogenetic population of *Artemia*[J]. Hydrobiologia, 1995, 302(3): 215–227.
- [12] Lavens P, Sorgeloos P. Manual on the Production and Use of Live Food for Aquaculture FAO Fisheries Technical Paper Vol. 361[M]. Rome: FAO, 1996.
- [13] Medina G R, Goenaga J, Hontoria F, et al. Effects of temperature and salinity on prereproductive life span and reproductive traits of two species of *Artemia* (*Branchiopoda*, *Anostraca*) from Argentina: *Artemia franciscana* and *A. persimilis*[J]. Hydrobiologia, 2007, 579(1): 41–53.

责任编辑: 周建军