

我国某些鱼类对达里湖碳酸盐型 半咸水的适应能力

史为良

(大连水产学院)

提 要

本文根据作者1975—1978年在达里湖的鱼类驯养工作中室外、室内的试验结果,并参照河北、内蒙古等省、自治区几个内陆性湖泊近年来水质变化过程和放养鱼类的效果,对梭鱼、鲢、鳙、草鱼、鲤、丁鲃、鲤鲫杂交种、青海湖裸鲤(湟鱼)、鲫、雅罗鱼、麦穗鱼、条鳅等十数种鱼对湖水的适应能力作了评述。对碳酸盐型半咸水湖水,梭鱼、鲢、鳙、草鱼最为敏感,在达里湖水中几小时即死亡;鲤、丁鲃等适应能力较强,在湖水中可活10天以上;条鳅、雅罗鱼和鲫鱼适应性很强,可在湖中繁殖发育。其中又以条鳅对高碱度的水耐力最强。水生植物光合作用使pH升高,易造成鲫鱼大批死亡。达里湖盐度5.5‰,总碱度44.5毫克当量/升, pH9.30—9.56,已接近鲫鱼的适应极限;当碱度上升到73毫克当量/升,盐度9.08‰(查干诺尔), pH9.6时,雅罗鱼也难于适应;湟鱼因来自氯化钠占主要成分的青海湖,它对碳酸盐含量高的达里湖水的适应能力比雅罗鱼、鲫鱼都强。

达里湖的含盐量平均为5.5克/升, HCO_3^- 为26.4毫克当量/升, CO_3^{2-} 为18.1毫克当量/升,总碱度达44.5毫克当量/升, pH9.30—9.56,是一个碱度、pH较高以碳酸盐为主的半咸水湖泊(苏打湖),其经济鱼类只有鲫鱼(*Carassius auratus*)和雅罗鱼(*Leuciscus waleckii*)。能否在这样的水体引入更具经济价值的鱼类呢?这是大家普遍关心的问题。

关于鱼类对盐度的适应问题,Карпевич А. Ф. (1975)认为鲤鱼仔鱼的适应界限是6‰,当年鱼是7—10‰,成鱼是10‰;对盐度较敏感的鲢鱼,其适应界限仔鱼是5—6‰,当年鱼是7—10‰,成鱼是10‰;至于梭鱼等过河口广盐度鱼类及曾与海洋发生过联系的鲑科鱼,其当年鱼和成鱼的耐盐性更强。看来达里湖的盐度在鲤科鱼类适应范围以内。

根据有关作者提供的资料,鲤和丁鲃对pH的适应高限是10.8^[8];青、草、鲢、鳙对pH的适应上限为10.2^[7]。可见pH偏高也不应是鲤、鲢等的致死原因。

达里湖的钾离子高达156毫克/升。我们也怀疑过 K^+ 过高对鱼类的毒害作用,但通过一段工作之后,我们发现 K^+ 过高固然有毒,但没有钾,也同样使实验鱼死亡。根据试验结果,我们初步认识到达里湖水使鱼类致死的原因,与 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 的含量(二者相

加为总碱度)有关。因为水中 $[\text{HCO}_3^-]$ 和 $[\text{CO}_3^{2-}]$ 比值的降低导致 pH 值升高,所以我们在文中除盐度外只讨论总碱度和 pH 值的共同作用,没有涉及 HCO_3^- 及 CO_3^{2-} 相对浓度的变化。

关于达里湖水对许多鱼的毒性问题,雷衍之有专文论述¹⁾,本文仅就 1975 年秋到 1978 年夏,在达里湖等碱湖中的驯养工作和若干室内试验,讨论我国某些鱼类对碳酸盐型湖泊的适应能力问题。

我们的工作是比较粗糙的,有的实验因为种种原因,没能多次重复,所以只能看出其概略情况。

一、材料和方法

试验材料 梭鱼(*Mugil so-iuy*)运自大连;鲢、鳙和草鱼运自赤峰;丁鲋(*Tinca tinca*)运自新疆福海;青海湖裸鲤(湟鱼)(*Gymnocypris przewalskii przewalskii*)运自青海湖;河蟹苗运自辽宁渤海沿岸;雅罗鱼、鲫鱼和麦穗鱼(*Pseudorasbora parva*)多用达里湖原产。鱼种规格只有丁鲋和青海湖裸鲤是越冬的二年鱼,其他均为当年的幼鱼。试验鱼先经驯养,选择健康无病者。

数据来源 (1) 用天然湖水和配制的人工湖水作鱼类适应性试验;(2) 用浓缩达里湖水作鲫、雅罗鱼、麦穗鱼和湟鱼的半致死浓度试验;(3) 从内蒙古、河北等省区的内陆半咸水湖养鱼场收集历年水质变化资料和死鱼的记录,结合试验工作,确定鱼类忍受的水化学极限;(4) 有些数据引自其他同志或其他单位的测定。

试验中的水化学分析, pH 用 S29-A 型酸度计测定;总硬度、钙等用 EDTA 容量法; CO_3^{2-} 及 HCO_3^- 用酚酞、甲基橙作指示剂的中和法。

二、工作结果

1. 天然湖水和人工湖水试验

(1) 1975 年 9 月,在室内用面盆,室外设网箱,进行了丁鲋、鲤、鲢、鳙、草鱼和梭鱼的湖水驯养工作。试验用鱼全长 30—120 毫米。在不同温度下,梭鱼、鲢、鳙和草鱼在 4—40 小时内死亡。梭鱼的死亡,说明湖水的毒性不是盐度高引起的。在室温 20℃ 左右时,5—7 天内,鲤鱼在湖水中全部死亡;只有一组从淡水逐步添加湖水的养到 12 天,尚有 10% 存活。丁鲋在湖中驯养最好的一组,养到第 9 天,存活 30%;在室内由淡水逐渐添加湖水的驯养到 29 天,成活率 75%。这个试验在第 10 天时三个试验盆的主要离子已接近天然湖水,总碱度分别为 42.61、36.42 和 41.89 毫克当量/升;氯离子分别为 32.0、30.7 和 31.2 毫克当量/升(达里湖的 Cl^- 平均为 33.4 毫克当量/升)。

(2) 1977 年又用湟鱼、鲤鲫杂交种、红鲤和丰鲤(散鳞镜鲤(σ) $\times$ 兴国红鲤(η))的杂交一代)等进行了一系列室内、室外试验。丰鲤运自辽宁抚顺淡水水产研究所。

1) 雷衍之等:达里湖湖水毒性因素的初步分析。(手稿)

A. 7月23日18时—8月3日6时,在达里湖渔场,用大搪瓷盆两个,各放水15公斤;每盆放湟鱼10尾(全长41—75毫米,平均59.3毫米;重5.5—26克,平均16.3克)、鲤(♀)×鲫(♂)杂种5尾(平均全长44.2毫米,平均体重1.05克的当年鱼)及当年鲫5尾;水温17.0—22.6℃,pH9.6(仪器测)。除24小时内有1尾湟鱼死亡外,历时11天12小时,全部试验鱼均正常。

B. 8月3日—14日又用两搪磁盆分放15公斤湖水进行试验。鱼类品种又增加了丰鲤(平均全长64毫米,重3—6克)和红荷包鲤(平均全长36.2毫米,重0.56克)。水温13.2—19.7℃,pH9.5。结果如表1。

表 1 1977年8月3日—14日的试验结果

种 类		湟 鱼	丰 鲤	红 鲤	鲤(♀)×鲫(♂)	鲫(♀)×鲤(♂)
尾 数		12	4	10	10	10
逐日死鱼数	1日		4	6	3	
	2日				4	
	5日					1
	7日				1	
	9日	1				
	10日	1				
存 活 数		10	0	4	2	9

本试验水温和pH比第一批试验还低,但试验组湟鱼死掉两条,作者认为可能是因蓄养过久,体质过分消耗的缘故。

C. 7月30日15时30分在达里湖北部,放网目1厘米、体积80×70×60厘米的沉式网箱两个,网箱套在铁架上,两边用锚固定。第一个网箱距岸25米沉于水底,第二个向湖中延伸400米,水深4—5米,放置方法同上。

放鱼时水温22℃,pH9.6。31日9时表层水温19.2℃,底层18.6℃,pH9.6。结果如表2。

表 2 湖 中 网 箱 试 验 结 果

品 种	湟 鱼	鲫(♀)×鲤(♂)	鲤(♀)×鲫(♂)	丁 鲮
年 龄	1 冬 龄	当 年 鱼	当 年 鱼	3 龄
规 格	平均 6.0 厘米	8.2—10 厘米	2.6—3.3 厘米	100 克
第一箱放养数	10	10	10	2
8月5日存活数	10	10	5	0
第二箱放养数	10	12	10	2
8月11日存活数	10	12	4	0

D. 在试验过程中,发现湖东部公格尔河口附近,水草很多的低碱度区比北部船坞附近高碱度区更易死鱼。在室内用面盆盛湖水作试验的草鱼和鲢鱼,一经拿出室外,在日光照射下很快死亡。在室内用湖水作试验的鱼一般都比湖中试验的鱼存活时间长。这是因

为室内二氧化碳较多,试验水吸收了二氧化碳, pH 降低,毒性也下降。

E. 河蟹放进达里湖水,短时间即行死亡,但可在其附属小湖牯牛泡子水中长期存活。

F. 我们没有进行贝类试验。因为达里湖已无贝类,但仍生活在其附属水系牯牛泡子和沙里河(牯牛泡子流入达里湖的河流)中,在距现在湖岸东北 15 公里的塔马胡卢(蒙语,和山名)和 7 公里的达马场地下都挖出过蚌形无齿蚌 (*Anodonta arcuiformis*) 的贝壳,与附属水体所产看不出差异;另外,在采集底栖动物时也采到了扁螺的印模,说明大湖中的贝类已因湖水浓缩,盐碱度增加而灭绝。现在的湖水,已不适于贝类生活。

(3) 人工湖水试验

地点: 辽宁金县大连水产学院养鱼场;时间 1976 年 6—7 月。试验水温 23.6°C 左右。

方法: (1) 水族箱 4 只,一只留作对照,其余放人工湖水。每箱盛水 25 公斤。人工湖水是用化学纯或分析纯药品配成母液,再按要求的容量用吸管吸入水族箱中。配制水用自来水。总盐度 0.2‰ ; pH 值 7.8; Ca^{++} 34.5 毫克/升; Mg^{++} 8.6 毫克/升; $\text{K}^{+} + \text{Na}^{+}$ 19 毫克/升。

各种药品每升所用毫克当量数如下: NaHCO_3 24.6, NaCO_3 20.0, Na_2SO_4 3.40, NaCl 29.7, MgSO_4 1.81, 有一水样加 KCl 3.85。

配制的人工湖水经测定 pH 9.4, 溶氧 5.14 毫克/升, 没有加氯化钾的水: CO_3^{--} 977 毫克/升, HCO_3^{-} 1451.7 毫克/升; 总碱度为 65.7 毫克当量/升。有氯化钾的水: CO_3^{--} 992.3 毫克/升, HCO_3^{-} 1563.3 毫克/升, 总碱度为 58.7 毫克当量/升。这个碱度比达里湖秋、春、夏季高得多(九测站平均分别为 44.2、44.8、44.4 毫克当量/升), 只在冬季结冰后湖水浓缩, 个别测站的碱度才升到 53.8 毫克当量/升, 与人工湖水接近。

配成湖水呈浑浊乳白色, 有沉淀。说明这样高的碱度自来水中的钙离子不可能都保留在水中。

每个水族箱放入全长 10.7—11.6 厘米, 重 9.5—10.9 克的梭鱼 4 条, 当年鲫鱼 1 条, 麦穗鱼 1 条。放入 20 分钟后加 KCl 的水族箱中的梭鱼开始死亡, 25 分钟后未加 KCl 的水族箱中的梭鱼也开始死亡。放鱼 45 分钟后两组梭鱼全部死光; 放鱼后 19 小时, 鲫鱼、麦穗鱼均死亡。

(2) 7 月 16 日按上述配方重复试验。pH 9.4, 溶氧 8.0 毫克/升, 水温 21.2°C 。两个水族箱各放当年梭鱼(全长 22—27 毫米) 10 条, 鲤鱼 1 条。35 分钟后不加氯化钾的水族箱死梭鱼 5 条; 加氯化钾的水族箱死梭鱼 2 条; 3 小时 50 分钟后发现梭鱼已死光; 鲤鱼死 1 条。放鱼 4 小时后每箱补放入棒花鱼 5 尾。放入棒花 3 小时 40 分钟后发现两水族箱棒花鱼各死 2 条, 存活 3 条。14 小时后, 棒花尚有活的, 但又过 15 分钟后, 全部死亡。

本试验配制的溶液盐碱含量都比达里湖水高, 不能代表达里湖水, 但梭鱼的死亡速度比其他鱼都快, 已说明死鱼的原因不是盐度引起的, 梭鱼难于适应湖水生活。因为人工湖水是用较高纯度的药品配制的, 排除了几种重金属离子、氟、放射性元素使鱼致死的可能性。试验也说明钾离子的作用不显著。

2. 浓缩湖水试验

为了比较湖水进一步浓缩后各种鱼类适应能力的强弱, 我们做了浓缩达里湖水的鱼

类适应试验。

将湖水加热蒸发成为浓缩水（为原体积的 1/2），再把湖水分别加入 20%、40%、60%、80% 的浓缩水，并保留一个不加湖水的浓缩水。这 5 个水样相当于把湖水的含盐量分别提高到原湖水的 120%、140%、160%、180% 和 200%；其编号分别定为 1、2、3、4、5。试验容器用大搪磁盆，水样各 15 公斤。5 个盆的试验水重要化学成分如表 3。

表 3 浓缩湖水的重要化学成分

试验水编号	pH	重要化学成分（毫克/升）			碱 度 （毫克当量/升）
		Ca ⁺⁺	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	
1	9.70	11.52	3200	936	59.36
2	9.64	11.52	3840	989	69.23
3	9.58	10.42	4180	1320	78.84
4	9.60	10.12	4850	1700	87.14
5	9.70	10.31	5000	1800	97.87

由于碳酸盐的缓冲作用，随着湖水的逐步浓缩，pH 值变化并不大；HCO₃⁻ 和 CO₃²⁻ 的比例也大致稳定。但钙离子随着湖水的浓缩沉淀增多，虽然比湖水高一些，含量也是较低的。说明加热浓缩与天然干涸浓缩湖水的成分变化规律是相同的，用浓缩湖水进行鱼类毒性试验的办法是可行的。

表 4 浓缩达里湖水毒性试验

水样编号	碱 度 （毫克当量/升）	试验鱼种类	试 验 鱼 （尾数）	试验鱼存活数（小时）			
				12	24	48	96
5	99.87	麦穗	8	2	0	0	0
		雅罗	8	0	0	0	0
		鲫	8	0	0	0	0
		湟鱼	6	5	5	3	3
4	87.14	麦穗	8	7	3	0	0
		雅罗	8	5	1	0	0
		鲫	8	0	0	0	0
		湟鱼	6	6	6	5	5
3	78.84	麦穗	8	7	4	2	2
		雅罗	8	7	4	0	0
		鲫	8	2	0	0	0
		湟鱼	6	6	6	6	5
2	69.23	麦穗	8	8	7	6	5
		雅罗	8	8	8	7	4
		鲫	8	8	7	7	6
		湟鱼	6	6	6	6	6
1	59.38	麦穗	8	8	8	8	8
		雅罗	8	8	8	8	7
		鲫	8	8	8	8	8
		湟鱼	6	6	6	6	6

按湖水浓缩为 1/2 的体积 (5 号水), 盐度为 11‰ 左右, 低于青海湖^[3], 与 1974 年黄旗海的盐度差不多 (见本文表 6)。1974 年黄旗海移入雅罗鱼, 因为碱度只有 45.69 毫克当量/升, 生长较好, 到 1975 年仍可捕到。看来湖水盐度增加一倍, 不是雅罗鱼的死亡原因。鲤鱼尚可适应 10‰ 的盐度^[4], 鲫鱼在 11‰ 的盐度下, 也不致短时间内死亡。所以本试验是为碱度和高 pH 值而设计的。试验时间在 1977 年 8 月 30 日—9 月 2 日, 水温 20.0—17.5℃。结果如表 4。

根据上述试验数据, 利用半对数纸, 以对数座标表溶液浓度, 以算术座标表存活百分数, 以直线内插法求出试验鱼的半致死碱度, 如表 5。

表 5 4 种试验鱼的半致死碱度 (毫克当量/升)

鱼的种类	半 致 死 碱 度			
	12 小 时	24 小 时	48 小 时	96 小 时
麦 穗	94.0	78.8	74.5	72.2
雅 罗	89.3	78.8	73.9	69.2
鲫	74.2	73.9	73.9	72.2
湟 鱼	—	—	99.9	99.9

3. 我国几个内陆盐碱湖近年来的水质变化和养鱼盛衰状况

(1) 查干淖尔

位于内蒙古自治区阿巴嘎旗境内, 面积 19 万亩, 有大小二湖, 主要河流本来通过小湖流入大湖, 现在大湖、小湖之间的河道已堵塞。在六十年代和七十年代初一般年产鱼 30 万公斤; 1974 年产量下降到 15 万公斤; 1975 年再下降到 10 万公斤; 1976 年已基本无鱼。1976 年 8 月 19 日我们在湖滨拉了几网, 拉上了十几尾雅罗鱼和少数条鳅。雅罗鱼身上有溃瘍、烂尾或瞎眼, 没有一条不带伤的。流入大湖的另一条河流恩格尔河过去在繁殖季节, 产鱼 10—15 万公斤。1975 年发现已无鲫鱼, 雅罗鱼仅产 2000 公斤, 多是瞎眼、烂尾、烂肉。1973 年 6 月 22 日, 内蒙古自治区水产局分析大湖水化学成分如下: pH9.6, Ca^{++} 7.46 毫克/升, Mg^{++} 27.80 毫克/升, HCO_3^- 1095 毫克/升, CO_3^{--} 1044 毫克/升, SO_4^{--} 298.08 毫克/升, Cl^- 1702 毫克/升; 总硬度 23.02 度 (德), 总碱度 62.61 毫克当量/升, 总盐度 7.3‰。1976 年 8 月 20 日我们分析的结果: pH9.61, Ca^{++} 4.97 毫克/升, Mg^{++} 119 毫克/升, HCO_3^- 2373 毫克/升, CO_3^{--} 1022 毫克/升, SO_4^{--} 500 毫克/升, Cl^- 2032 毫克/升, F-3.8 毫克/升, 总硬度 28.0 度, 总碱度 73.0 毫克当量/升, 总盐度 9.08‰。

(2) 内蒙古自治区察哈尔右翼后旗的白音察干海子, 6700 亩, 1964 年水深 4 米。据内蒙古水产局资源调查队 1964 年察右后旗水产资源调查报告: 1964—1965 年白音察干海子的全年主要化学成分如下: pH9.1—9.4, Mg^{++} 237.7—368.5 毫克/升, Ca^{++} 4.6—103.9 毫克/升, Cl^- 1709—2208 毫克/升, SO_4^{--} 90.5—129.1 毫克/升, 总硬度 32.8 度 (德), 总碱度 41.3—55.0 毫克当量/升。1964 年发现鲤、鲫鱼眼睛有灰色薄膜、烂眼、肉溃烂成深洞。1966 年从查干淖尔移入雅罗鱼, 生长良好, 直到 1970 年, 由于旱象严重, 水的盐度、碱度升高, 雅罗鱼也开始死亡, 现已不能养鱼。1964 年 8 月下旬, 把鲢放湖水试验, 第

二天即开始死亡,三天后 40 尾死去 31 尾,最后死光。1965 年 6 月 24 日用鲤鱼苗试验,一天后死亡。7 月 1 日—4 日用巴箩和面盆盛湖水放鲤鱼试验,未发生死亡。7 月 5 日用网箱放湖中做雅罗鱼和鲤鱼试验,雅罗鱼良好,12 日后鲤鱼死亡。7 月 10 日用鱼篓盛湖水做鲢、鲤、雅罗鱼试验,11 日 5 时除雅罗鱼外,全部死光。

(3) 黄旗海在内蒙古自治区察哈尔右翼前旗境内,海拔约 1300 米,面积 12—13 万亩,因干涸,平均水深已不足 2 米。原以产“官村鲫鱼”著称。1957 年开始放鲤、鲢、鳙、青鱼、草鱼、鳊等。1950—1953 年年产 100 万公斤左右;1965—1970 年年产 140 万公斤上下。从 1970 年起,水质不好,经常死鱼,1972 年仅捕鱼 5 万公斤;已无鲢、鳙。1973 年鲤鱼身体溃烂、瞎眼,1974 年烂鱼死鱼现象不断发生,鲫鱼很少了,开始移入雅罗鱼。1975 年捕过少量雅罗鱼。1976 年用湖水试验,鲢、鳙 40 分钟死亡;鲤、红鲤 5 小时死亡;雅罗鱼 6—7 小时死亡。8 月 21 日把青海湖湟鱼放入湖中,至 9 月 4 日,45 尾仍全活。1978 年,湟鱼驯养情况不好,但 1979 年因降雨较多,水质转好。黄旗海近年的水化学状况如表 6。

表 6 黄旗海近年来水质变化状况

年	月	pH	主要离子(毫克/升)							总碱度 (毫克当量/升)	总硬度 (德国度)	总盐量 (毫克/升)	测定者
			Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺ +Na ⁺				
1964	平均	9.0	1222	119			23.4	200		16.0	21.2		内蒙水产调查队
1972	5	8.9	2691	773	1254	348	8.4	137.8	2585.2	32.15	32.9	7797.9	内蒙地质局水文地质队
1972	6	9.2	2880	1000			9.5	140.6		30.2			乌兰察布盟防疫站
1973	6	9.4	3508	331.3	1147.5	465	5.46	172.1		39.0	41.6	8115	内蒙水产试验所
1974	8	9.3	4311.6	1176.8	1486.4	637.2	8.0	199		45—69	47.0	11685	内蒙地质局水文地质队
1975	11	9.21	5980				7.6	255	K ⁺ =12	45—50	60.0	12000	大连水产学院
1977	10	9.42	7160	1037	1982	1068	7.0	258	6745	68.1	60.3	18200	大连水产学院

(4) 河北省沽源县囿囿淖,海拔 1300 米,面积约 1 万亩。1959 年放过梭鱼,也放过鲤、鲢、草鱼等。由于近年水位下降,1977 年春季虽捕起过鲢、草鱼、鳙、鲤和梭鱼,但数量已很少。据我们 1977 年 10 月采样分析: pH9.42, Cl⁻1185 毫克/升, SO₄²⁻253 毫克/升, HCO₃⁻1380 毫克/升, CO₃²⁻327 毫克/升, Ca⁺⁺11.6 毫克/升, Mg⁺⁺73.6 毫克/升, K⁺+Na⁺1485 毫克/升,总碱度 31.8 毫克当量/升,总硬度 18.5 度,含盐量 4620 毫克/升。

三、讨论和总结

1. 关于试验鱼对高盐度的忍受问题

我们了解的几个内陆湖泊中,黄旗海 1977 年的含盐量高达 18 克/升,其离子成分按克当量对比,氯离子在阴离子中占优势, pH 值低于达里湖,总碱度低于查干淖尔,其死鱼的原因肯定与高盐度有关。但在 1975 年黄旗海含盐量 11.7 克/升时放养的雅罗鱼,仍然生长较好,1976 年含盐量上升到 12 克/升以上,还有所捕获。看来盐度在 12‰ 以下时,对雅罗鱼等的致死原因,可不必考虑盐度。这与 Каревич А. Ф. 提出的鲤科鱼适应盐

度的界限^[1]相差不大。但也不应否认在高盐度情况下,可能会降低碱度的致死浓度,而使鱼更快死亡。

2. 我们观察过的鱼类对碱度的适应性比较

(1) 梭鱼、鲢、鳙和草鱼对碱度高的水最为敏感,放在达里湖中,当水温在 20℃ 以上时,几小时内即死亡。

(2) 鲤和丁鲷等比较敏感,在湖中几天到几十天内死亡。1977 年前后,在达里湖捕到过 3 尾鲤鱼,但很难排除它们不是从牦牛泡子通过沙里河进入的。据老渔工反映,1938 年大水,鲤鱼从鲤鱼泡子大量进入达里湖,但此后并未见湖中有鲤鱼,说明湖水早已不适于鲤鱼生活。近年来用鲤、鲫鱼的正反杂交后代试验的结果,以鲤鱼为母本的杂种鱼同母本的耐碱力差不多;以鲫鱼为母本的杂种鱼(除了一部分个体具须外,其外形酷似鲫鱼),其耐碱性则较强。

(3) 对高碱度耐力较强的有湟鱼、条鳅 (*Nemachilus dalacius*)、麦穗鱼、瓦氏雅罗鱼、鲫鱼、多刺鱼 (*Pungitius pungitius sinensis*)、棒花鱼 (*Abbottina rivularis*)、凌源鲌 (*Gobio lingyanensis*)、兴凯湖颌须鲌 (*Gnathopogon chankaensis*)、北鳅 (*Lefua costata*)、花鳅 (*Cobitis taenia*) 和泥鳅 (*Misgurnus anguillicaudatus*) 等,其中除湟鱼来自外地,其余都可见于湖中。但除条鳅、麦穗、雅罗、鲫和多刺鱼以外,都只停留在河口附近被冲淡的湖水中,和附属湖泊牦牛泡子与鲤鱼泡子中,其耐碱力比前 5 种差得多。

3. 几种耐碱性鱼类耐碱能力的比较

由查干淖尔来看,当鲫鱼已经死光,雅罗鱼尚能生存。白音察干海子在鲫鱼不能生存的时候移入的雅罗鱼,还可勉强生活。达里湖 1952、1973 和 1977 年春发生水质变坏时,每次死鲫鱼数十万斤到百万斤以上,而雅罗鱼没有死亡^[2]。用浓缩海水试验也与大水面的自然状况相符,当碱度增大时,首先是鲫鱼死亡,其次是雅罗鱼和麦穗鱼。湟鱼具有最大的抗碱性。它虽然生活于以氯化物为主的高盐度湖泊(青海湖 Cl^- 5,274.7 毫克/升, Na^+ 3,258.2 毫克/升,总盐度 12—13‰; 但 HCO_3^- 只有 525.0 毫克/升, CO_3^{2-} 419.4 毫克/升,总碱度只有 22.61 毫克当量/升^[4], 远比达里湖的碱度低),它对碳酸盐类为主的高碱度湖泊的适应能力也很大。当达里湖水进一步浓缩时,湟鱼比雅罗鱼更晚死亡,因而,在达里湖,湟鱼有移植驯化价值。

我们在查干淖尔拉网时发现条鳅,身体无伤。无疑地这种鱼同湟鱼一样,对高碱度的湖水有很大的适应能力。可惜鱼体小,经济价值不大。

4. 盐碱湖鱼类长期适应的水化学极限问题

达里湖的盐度并不高,只有 5.55‰,浓缩为二分之一,才与青海湖差不多,死鱼的原因是碱度和 pH 过高造成的。在低碱度情况下,由于植物光合作用的结果, pH 仍可升得很高而使鱼致死。例如 1976 年夏季,我们在达里湖北河口养鱼场蓄养梭鱼,池水中 HCO_3^- 为 2.02 毫克当量/升; CO_3^{2-} 为 12.9 毫克当量/升; Ca^{++} 仅 7.36 毫克/升;缓冲作用较低,因为篦齿眼子菜没有清除,其光合作用使 pH 升高到 10.53 (死鱼时可能更高),使梭鱼发生

死亡。达里湖北河口小岛附近, HCO_3^- 19.2 毫克当量/升; CO_3^{2-} 13.23 毫克当量/升; Ca^{++} 12.2 毫克/升; 因为水浅草多, pH 经常达到 9.80。在这里设网箱驯养鱼类反不如碱度较大、远离河口的无水草区域。历年死鱼都是在大湖东部南北河口一带、盐碱度低、水浅多草的地方。所以不宜只用碱度作为死鱼的极限数值, 应同时考虑 pH 的变化。

表 7 列出几个内陆湖泊的碱度、盐度、pH 及鱼类存活情况的资料, 以资比较。

表 7 几个内陆湖主要水化学性质和鱼类适应状况

湖 名	时 间	pH 值	总 碱 度 (毫克当量/升)	总盐度 (‰)	鱼 类 存 活 状 况
达里湖	1977	9.3—9.56	44.5	5.5	有时春夏间鲫鱼大批死亡
黄旗海	1964	9.03	16.49		鲢、草鱼、鳊生长良好
黄旗海	1972	9.2	30.2	7.8	鲢、鳊开始死亡, 产量大降
黄旗海	1973	9.4	38.99	8.1	鲢已不存在, 鲤皮肤溃疡、瞎眼
黄旗海	1974	9.3	45.59	11.7	鲤鱼少了, 移入雅罗鱼
黄旗海	1975	9.3—9.5	45—50	12	捕到少量雅罗鱼
黄旗海	1977(10月)	9.42	68.1	18	1976 年鲤已不能生活, 雅罗鱼少见, 试养湟鱼
查干淖尔	1973(6月)	9.6	62.61	7.3	1972 年产量下降
查干淖尔	1976(6月)	9.61	73.0	9.08	1975 年已无鲫鱼, 雅罗鱼烂体
白音察干	1964—1965	9.1—9.4	41.3—53.0		1964 年鲤不能生活, 鲫开始死亡
白音察干	1973	9.7	136.5		1966 年移入雅罗鱼, 1970 年死亡, 1973 年无鱼
旗杆泡	1976	9.7	48.5	5.6	鲫鱼在湖水中活 10 天以上
青海湖	1964	9.2—9.4	22.61	12.5	部分幼梭鱼在大湖活 80 天以上
囿囿淖	1977(10月)	9.42	31.8	4.6	春季尚有少量梭、鲢等

黄旗海部分资料、白音察干资料为内蒙古水产局提供; 青海湖资料为青海省生物研究所提供, 一并致谢。

从表 7 可以看到梭鱼在氯化物为主的、碱度只有 22.61 毫克当量/升的青海湖可以活到 80 天以上。但成活率低, 多水霉病。囿囿淖我们调查过两次, 当地居民反映捕过小梭鱼和怀卵的大梭鱼。但 1977 年总碱度已达 31.8 毫克当量/升, 纵有梭鱼、草鱼和鲢鱼, 也将处于濒死状态。因为 1972 年黄旗海在总碱度 30.2 毫克当量/升时, 已无鲢、鳊存在。看来鲢、草鱼和梭鱼的生存碱度极限当在 30 毫克当量/升之下; 黄旗海在 1972 年盐度为 7.8‰, 似乎不是造成成体草鱼和鲢鱼的死亡的原因。

黄旗海的鲤鱼, 在 pH 9.4、碱度 38.99 毫克当量/升, 总盐度 8.1‰ 时开始死亡; 达里湖的碱度 44.6 毫克当量/升时, 个别鲤鱼可以偶然存活。黄旗海的鲫鱼, 在 pH 9.3、碱度 44.6 毫克当量/升时, 个别鲫鱼可以偶然存活。黄旗海的鲫鱼, 在 pH 9.3、碱度 45—59 毫克当量, 盐度 11.7‰ 时大量死亡。当旗杆泡 pH 9.7, 盐度 5.6‰, 碱度 48.5 毫克当量/升时, 以其湖水在室内养的鲫鱼仅可以存活 10 天, 可见达里湖的碱度 44.5 毫克当量/升, 已接近鲫鱼适应的极限。

雅罗鱼的耐盐碱能力比鲫鱼强, 在总碱度 68—73 毫克当量/升、pH 9.4—9.6 时(黄旗海和查干淖尔)正处于烂体死亡的阶段。其适应碱度的极限, 当在 68 毫克当量/升之下。应该说明: 烂鳍、瞎眼、肌肉溃疡和坏疽都是高碱度、高 pH 湖鱼类的共同病征, 我们看到的许多内陆湖发生慢性死鱼的都无一例外。因此, Van Duijn 把因 pH 高引起的鱼类原纤维腐蚀和坏死, 称为“碱病”^[8]。

湟鱼的适应性最强, 在碱度 68 毫克当量/升情况下, 可以活 19 天以上^[1]。

5. 鲫鱼、雅罗鱼和麦穗鱼是一些内陆性湖泊的普通鱼类

在吉林省西部、内蒙古自治区、河北省张北高原和陕西北部一些内陆性湖泊中,鲫鱼、雅罗鱼和麦穗鱼是很普遍的鱼类。这些地区一般属于海拔接近千米或千米以上的高原。许多内陆湖泊因为没有出水口,水中含有较高的盐碱。这三种鱼对盐碱性的水质和较低的水温有较大的适应能力。就食性来说,鲫鱼、雅罗鱼和麦穗鱼都吃一部分浮游生物,雅罗鱼和鲫鱼都吃一部分水草——篦齿眼子菜;麦穗鱼和雅罗鱼吃一部分底栖动物;雅罗鱼还吃麦穗鱼和条鳅的幼鱼。这些广泛的食性可以较充分地利用碱性湖泊中的天然饵料。由于水质肥沃,饵料丰富(达里湖的浮游植物的生物量全年平均为 1.6 毫克/升,浮游动物为 1.9 毫克/升,底栖动物为 4.789 克/平方米),多年来鱼产量平均只约 4 斤/亩,饵料竞争并不紧张。就繁殖来说,鲫鱼在河口区水草上产卵,虽然也上溯河流,但距河口不远,而雅罗鱼主要在河道内沙石、水草上产卵,在公格尔河上游建坝以前可上溯百余里,产卵期很早,与鲫鱼不仅在位置上,在时间上也矛盾不大。麦穗鱼则在沿河道各种物体上产卵,时间也比雅罗鱼晚得多,争夺产卵场的矛盾并不存在。就鱼产量来看,雅罗鱼和鲫鱼各约一半,看不出它们在数量上存在着相互消长的关系,也说明这几种鱼在种间竞争中矛盾不大,是相互适应的。按麦穗鱼属、雅罗鱼属化石在我国中新统地层就已发现^[6],鲫鱼的出现也较早,说明它们共同经历了自然条件的变迁,获得了相互适应。

应当说明,雅罗鱼和鲫鱼等对低温和高碱度的适应是有限度的,在我国西部接近 2000 米的高原,特别在流水中就逐渐被裂腹鱼亚科的鱼类所取代。水生生物研究所在新疆海拔 2073 米的赛里木湖做鲫鱼的移植试验,因为七月份平均水温只有 15.1℃,鲫鱼生殖腺退化,不能产卵。但在七、八月份平均水温可达 17—18℃ 的毗邻小湖,就可以产卵繁殖^[5]。青海省乐都县低洼水库,海拔 2500 米,移植了鲫鱼,虽然生长缓慢,仍然可以产卵^[4]。这也只是人为干涉下的特例。至于雅罗鱼,它在解冻后 6—8℃ 即可产卵,看来不仅耐碱性超过鲫鱼,在耐寒性方面,也是胜过鲫鱼的,可以作为高原水库、湖泊的驯化对象。应该认为雅罗鱼、麦穗鱼和鲫鱼等是我国起源较早、适应于大致高程在 1000—2000 米盐碱性内陆湖泊的鱼类。

参 考 文 献

- [1] 严志德, 1977. 青海湖湟鱼在黄旗海安家落户。内蒙古农业科学试验, 1977(10): 31—32。
- [2] 史为良, 1979. 关于碳酸盐型湖泊达里诺尔鲫鱼大量死亡原因的探讨。淡水渔业, 1979(5): 1—4。
- [3] 中国科学院兰州地质研究所等, 1979. 青海湖综合考察报告。科学出版社。
- [4] 青海省生物研究所水生生物组, 1977. 青海五个水库渔业生物学基础调查和渔业利用的意见。生态学文集, 青海省生物研究所丛刊, 1977(1): 36—52。
- [5] 湖北省水生生物研究所赛里木湖工作小组, 1974. 新疆赛里木湖鱼类养殖工作报告。淡水渔业, 1974(2): 5—11。
- [6] 黄为龙, 1957. 河南三门峡附近第四纪鱼化石。古脊椎动物学报, 1: 4。
- [7] 张礼善, 1960. 青草鲢鳙对氢离子浓度的生存适应性。水生生物学集刊, 1960(2): 141。
- [8] Van Duijn, Jnr., C., 1973. Diseases of fishes. London Pliffe books. p.105.
- [9] Карпевич А. Ф., 1975. Теория и практика акклиматизации водных организмов. Москва пищевая промышленность.

ON THE ADAPTABILITY OF SOME CHINESE FISHES TO THE CARBONATE BRACKISH WATER OF DA-LI LAKE

Shi Weiliang

(Dalian fisheries college)

Abstract

This paper deals with the adaptability to brackish water of some fishes, including mullet (*Mugil so-iuy*), silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*), bighead (*Aristichthys nobilis*), grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*), carp (*Cyprinus carpio*), tench (*Tinca tinca*), crucian carp (*Carassius auratus*), the offspring of carp $\times$ crucian carp, huang-yu (*Gymnocypris przewalskii przewalskii*), orfe (*Leuciscus waleckii*), stone moroko (*Pseudorasbora parva*), and *Nemachilus dalacius*. The investigation is based on many laboratorial and field experimental results of domesticating works on the transplantation of fishes to Dali Lake during 1975—1978, with which the recent changes of the water quality and the effects of the fish-culture in the interior lakes of Hebei Province and Nei Monggu Autonomous Region are compared.

The mullet, silver carp, bibhead, and the grass carp are the highly sensitive to the alkaline water, in which they do not survive after transplantation in several hours, the carp and tench are moderately sensitive, they live in the lake more than ten days; while *Nemachilus dalacius*, stone moroka, orfa and crucian carp have got a high adaptability and can grow and breed in the lake. Among these latter four kinds of fishes, *N. dalacius* has got a nature of high adaptability, whereas the crucian carp is comparatively sensitive to the lake water.

The possible upper limits of the adaptability to alkalinity of some Chinese fishes are also discussed in this paper.