

·综述·

罗非鱼类耐盐性研究进展*

Advances in study on salinity tolerance of tilapias

李家乐 李思发

(农业部水产增殖生态、生理重点开放实验室, 上海水产大学, 上海 200090)

Li Jiale Li Sifa

(Key Laboratory of Ecology and Physiology in Aquaculture of Ministry of Agriculture, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090)

关键词 罗非鱼, 耐盐性, 生长, 繁殖

Key words tilapias, salinity, growth, reproduction

罗非鱼类原产于非洲大陆及中东地区的淡水水域及沿岸咸淡水水域。它们除具有生长快、耐粗食、耐低氧、抗病力强等优点外, 还是典型的广盐性鱼类^[1,2], 不但能在淡水中养殖而且能在咸水或海水中养殖。罗非鱼类耐盐性的研究和耐盐品种的开发利用, 对充分利用广袤的咸淡水水域发展水产养殖业, 提供更多蛋白源具有重要意义。

1 3种耐盐指标及其在罗非鱼耐盐性研究中的应用

目前, 衡量一个物种或杂交种的耐盐指标通常有3种: ①96 h半致死盐度(MLS-96), 将试验鱼直接从淡水移入各种盐度咸水中, 饲养96 h死亡一半时的盐度; ②平均成活时间(MST), 将试验鱼直接从淡水移入海水(盐度32)中的平均成活时间; ③50%成活时间(ST₅₀), 将试验鱼直接从淡水移入海水中, 50%个体成活的时间。

1.1 MLS-96

根据Watanabe等^[3,4]和Villegas^[5]的资料, 表1列举了几种罗非鱼的MLS-96值。尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*, 以下简称尼罗, 或N)、奥利亚罗非鱼(*O. aureus*, 以下简称奥利亚, 或A)、莫桑比克罗非鱼(*O. mossambicus*, 以下简称莫桑比克, 或M)、莫桑比克×尼罗(M×N)或尼罗×莫桑比克(N×M)在孵出后7~120 d, 耐盐性出现明显种间差异。尼罗和奥利亚的MLS-96平均值非常接近, 但莫桑比克的MLS-96比尼罗和奥利亚要高得多。M×N和N×M杂交一代(F₁)的MLS-96介于二亲本之间, 这表明尼罗的耐盐性通过和莫桑比克杂交而得到了改进。

从表1还可看出, 除佛罗里达红罗非鱼(以下简称FRT)^[4]外, 其它几种或杂交种的罗非鱼在孵出后7~120 d

内, 其日龄大小对MLS-96值无显著影响。

1.2 MST

由表1可知, 罗非鱼类的MST值都表现出了日龄差异, 一般随日龄增大而提高。

尼罗和奥利亚的MST值表现出了类似的日龄差异, 它们在孵出后的前60 d比较低(<90 min), 但在孵出后90 d增加到中等水平(92.8~131 min)。比较而言, M×N杂交种的MST值到孵出后15~20 d就已相当高(138~165 min), 70~90 d时达到很高水平(225~292 min)。FRT的MST值最高, 孵出后7~10 d为190 min, 70~90 d高达3 916 min。

1.3 ST₅₀

几种罗非鱼的ST₅₀值很接近于MST^[3,4], 对此这里不予详细讨论。这些耐盐指标都有一定局限性, 当MLS-96>32, ST₅₀>96 h时, 这2个指标只限作比较之用。

总的来说, MST最灵敏, 它能在较广泛的耐盐范围内提供相应的耐盐值, 但ST₅₀这个指标更为方便, 对于常规监测试验群体的耐盐性更为实用。

2 繁殖特性

罗非鱼在某种盐度下的繁殖特性可代表它的耐盐性。如Watanabe等^[6]对尼罗繁殖特性的对照实验表明, 当尼罗从淡水移到盐度5的海水中孵化时出苗率减低, 移到盐度32时得不到仔鱼; Watanabe等^[7]用同样的方法对FRT的研究表明, 出苗率要到盐度高于18时才下降, 在盐度36的海水中也能繁殖, 说明其耐盐性优于尼罗。

FRT能在海水中繁殖, 其主要原因是其亲本的高耐盐性, 它们起源于非洲东海岸的河口和咸水湖区^[8]。有关莫桑比克能在海水中繁殖的文章很多^[9,10]。霍奴罗母罗非鱼能在盐度高于30的海水中生活繁殖^[8]。另外, Ridha等^[11]报道, 台湾

收稿日期: 1998-12-14

* 国家“九五”攻关(960431006)(尼罗罗非鱼选育)项目资助

红罗非鱼(莫桑比克×尼罗)在盐度 37~40 的海水中不能繁殖。这可能反映了台湾红罗非鱼的不同遗传特性。因为它含

有尼罗基因^[12], 尼罗比莫桑比克的耐盐性要低得多^[5]。

表 1 低盐度(0.5)下孵出和饲养的不同日龄罗非鱼 MLS-96 和 MST

Table 1 MLS-96 and MST of tilapia at different ages of days hatched and cultured at low salinity(0.5)

日龄 days	MLS-96/10 ⁻¹²								MST/min							
	N ^[3]	N ^[5]	A ^[3]	M ^[5]	M× N ^[3]	M× N ^[3,5]	N× M ^[3,5]	FRT ^[4]	N ^[3]	N ^[5]	A ^[3]	M ^[5]	M× N ^[3]	M× N ^[5]	N× M ^[5]	FRT ^[4]
7~10	19.7	nd	18.5	nd	18.5	21.5	nd	25.2	50.2	nd	43.9	nd	52	nd	nd	190
15~20	17.0	19.5 ^b	18.3	25.4 ^b	24.0	23.0	23.2	nd	29.8	52.3	51.8	165	140	156	138	nd
25~30	17.3	19.5 ^b	19.0	25.4 ^b	17.2	23.0	23.2	25.8	37.5	86.1	42.3	141	130	183	188	303
40~45	18.5	19.5 ^b	20.3	25.4 ^b	25.2	23.0	23.2	30.2	42.2	88.1	54.2	181	155	176	204	2 108
55~60	19.3	19.5 ^b	19.7	25.4 ^b	26.7	23.0	23.2	30.6	84.5	88.8	63.9	222	215	219	175	1 281
70~90	18.1	19.5 ^b	18.5	25.4 ^b	nd	23.2	23.2	>32	92.8	131	nd	292	nd	nd	236	3 916
120	20.2	nd	20.0	nd	nd	nd	nd	nd	103	nd	136	nd	nd	nd	nd	nd
平均 mean	18.9	19.5	19.2	25.4	22.9	23.0	23.2	*	62.9	89.3	65.4	200	138	184	188	1 560

注: nd—no data; * MLS-96 值随年龄的差异很明显。Differences of MLS-96 are significant with the difference of age.

Watanabe 等^[7]的试验表明, 尽管 FRT 在海水中出苗率降低, 但部分雌鱼孵出的仔鱼到卵黄囊吸收阶段有较高的成活率, 由此认为亲本个体间存在遗传差异, 因此有可能通过遗传选育获得在海水中繁殖率较高的 FRT 品系。

3 养殖性能及其比较研究

3.1 几种主要养殖罗非鱼在咸水或海水中的养殖性能

FRT 在海水流水池中, 从鱼苗(1~10 g)养到上市规格(>450 g)的生长率为 2.71~3.10 g/d^[13,14]。这是已报道海水养殖罗非鱼中生长最快的。它在海水中的生长率可与已报道的、在淡水养殖条件下台湾红罗非鱼的生长率相媲美, 后者经 150~180 d 的养殖可从 1 g 长到 500 g(2.77~3.33 g/d)^[15]。

在海咸水养殖中研究比较广泛的还有史匹罗奴罗非鱼(*O. spluruss*)^[16,17]。但它在海水中比 FRT 生长慢。如 Cruz 等^[17]报道, 在盐度为 36 的玻璃纤维池, 温度为 23~33℃, 鱼苗从 1.1 g 长到 175 g 需要 301 d(0.58 g/d), 产量 68.6 kg/m³。尽管史匹罗奴生长较慢, 但它及其和奥利亚的杂交种表现出很好的耐寒性。Hopkins 等^[16]报道, 在科威特的冬天, 当海水温度降到 19~25℃时, 史匹罗奴及其与奥利亚的杂交种的成活率比台湾红罗非鱼或奥利亚都高。

台湾红罗非鱼在咸水或海水中的养殖也引起了人们很大的兴趣^[16,18~20]。Cheong 等^[19]用循环海水水族箱(盐度 26~30), 将台湾红罗非鱼饲养了 239 d, 结果从 0.78 g 长到 438 g(1.82 g/d), 产量高达 49.3~50.2 kg/m³。杨红生等^[20]报道, 在静海水池塘养殖台湾红罗非鱼的生长率为 1.38~2.00 g/d。这些生长率与台湾红罗非鱼在淡水中的生长率^[15]或同 FRT 在海水中的生长率^[13,14]比较, 都属中等水平。尽管海水养殖中台湾红罗非鱼的生长优于史匹罗奴或奥利亚, 但在温度降到 25℃以下时其成活率比较低^[16]。

Chervinski 等^[21]报道奥利亚在放养密度为 1 000 尾/hm²

的情况下, 在盐度 23~29 的池塘中能长到相对较大的规格(382 g)。Hopkins 等^[16]在 20~28 盐度条件下, 水泥池或网箱精养奥利亚, 生长率和成活率都不高, 最高产量仅 6.69 kg/m³, 且在养成期间的生长速度要比史匹罗奴或台湾红罗非鱼慢, 在寒冷条件下出现了皮肤损伤, 这表明奥利亚对高盐度和低温的耐受性都较差。

Fineman - Kalio^[22]在菲律宾试验过海水养殖尼罗, Chervinski 等^[21]在以色列试验过海水养殖齐氏罗非鱼, 但没有证据表明能把它养到上市规格。李其才等^[23]在盐度为 8 的盐碱池养殖尼罗能达到上市规格, 成活率也较高。

在美国佛吉岛, 莫桑比克在盐度 35~38 的海网箱里成活良好, 但它的生长(2.08 g/d)比在同样条件下的 FRT(2.56 g/d)要慢^[24]。

3.2 几种主要养殖罗非鱼在咸水或海水中养殖性能的比较研究

Doudet^[25]在盐度小于 15 的咸淡水环境中的试验结果表明: 奥利亚和尼罗的成活率显著高于尼罗, 奥利亚与尼罗鱼差异不显著。李家乐等^[26]在盐度为 16 的条件下养殖过苗种阶段 5 个群体罗非鱼, 结果表明, 吉富品系尼罗罗非鱼的生长优于奥利亚、台湾红罗非鱼、尼罗鱼及“78”品系尼罗罗非鱼, 养殖性能也很好。

一般认为, 尼罗的耐盐性较差^[1], 但生长性能很好, 选育耐盐性好的尼罗用于咸水或海水养殖已引起人们的注意^[27]。

4 影响罗非鱼耐盐性的主要因子

4.1 年龄/规格

Watanabe 等^[3]发现 FRT 的耐盐指标在孵出后 40 d 内一直保持在比较低的水平, 40 d 后才会有显著提高, 尼罗和奥利亚的情况也相似; 随后 Villegas^[5]也发现莫桑比克和莫桑比克×尼罗杂交种有类似的情况。他们还发现罗非鱼耐盐性与鱼体规格的关系比日龄更为密切。

耐盐性随年龄而提高可能与生长发育过程有关,如稚、幼鱼期血红蛋白的发展^[28],低渗透调节系统^[29]或内分泌调节系统^[30]功能的发育。

4.2 早期盐度处理

Watanabe 等^[31]认为,发育早期进行盐度处理,能提高罗非鱼仔鱼的耐盐性,并可能有利于其在海水中驯化。他们的试验表明,尼罗的 MLS-96 值在淡水中孵出的为 19.2;而在盐度为 15 的咸水中孵出的提高到了 32 以上。这与胚胎发育环境的改变有关,因为罗非鱼卵子受精后外部溶剂透过卵膜形成卵周液^[32],诱导了调节功能,并持续到发育的后期^[33]。

Watanabe 等^[34]将在盐度为 4 和 18 孵出的 FRT 性逆转雄性稚鱼分别放入 18 和 36 的咸水中养殖,结果表明在盐度为 18 时孵出的罗非鱼在上述 2 种盐度下的生长都比盐度为 4 时孵出的要快。这表明早期在咸水中孵化并发育的鱼比在淡水中孵化的鱼更适合在咸水和海水中养殖。上述试验还表明,在咸水中孵出和养殖的罗非鱼比淡水中孵出的罗非鱼在海水中养殖,具有较高的抗寒性。

4.3 温度

Watanabe 等^[35]用 FRT 做的试验表明,在淡水中的饵料消耗及生长在 27℃ 最高,而在 18 和 36 盐度下的饵料消耗及生长在 32℃ 最高;Likongwe 等^[36]对尼罗鱼种的研究也表明了盐度和水温对其生长存在着协同作用。

4.4 二价离子浓度

在 Watanabe 等^[13,37]这 2 篇有关盐度对 FRT 生长影响的研究报告中,结果有些不一致。在文献^[37]中,试验鱼稚鱼、性逆转雄鱼的生长在盐度 0 时最低,盐度 36 时最高,有随盐度升高而加快的趋势。但是,文献^[13]报道试验鱼在盐度 18 时生长比在 36 时要快。以上 2 个研究的不同结果与这些研究中所使用的淡水的离子组成显著不同有关,前者研究的淡水通过反渗透得到,硬度(CaCO_3)为 10.2 mg/L;后者研究的淡水来源于地下水,硬度(CaCO_3)为 157~162 mg/L。

4.5 光照周期

Watanabe 等^[35,37]的研究表明,盐度和温度都能对 FRT 稚鱼的生长产生很大的影响;但光照周期对生长的影响要小一些。控制实验条件,在海水养殖 56 d 以后,生长率不再受光照长短的影响,延长和缩短光照时间的试验结果同正常的 12 L:12 D(即 12 h 光照:12 h 黑暗)的试验结果一致。

4.6 营养状况

Jurss 等^[38]认为,饥饿会减少罗非鱼海水驯化过程中鳃部分泌氯细胞产生的钠钾泵数量,降低鱼的成活率,因此罗非鱼的营养状况将会影响到盐度耐受性试验的结果。

Watanabe 等^[39]的研究表明,同样的日龄,人工孵化获得的 FRT 的仔鱼比天然孵化的规格更大、更壮实,成活率也高,其部分原因是人工喂养的仔鱼在开始阶段能获得较好的饵料,而天然培育的仔鱼只依靠天然饵料。

参 考 文 献

- 1 Suresh A V, C K Lin. Tilapia culture in saline waters: a review. *Aquaculture*, 1992, 106: 201~226
- 2 姜 明, 刘晓云, 范瑞青. 蓝非鲫生活于不同渗透压肾脏显微与超微结构变化的初步研究. *水生生物学报*, 1996, 20(2): 186~189
- 3 Watanabe W O, C M Kuo, M C Huang. The ontogeny of salinity tolerance in the tilapia *Oreochromis niloticus*, *O. aureus* and *O. mossambicus* × *O. niloticus* hybrid, spawned and hatched in freshwater. *Aquaculture*, 1985, 47: 353~367
- 4 Watanabe W O, et al. Salinity tolerance and seawater survival vary ontogenetically in Florida red tilapia. *Aquaculture*, 1990, 87: 311~321
- 5 Villgas C T. Evaluation of the salinity tolerance of *Oreochromis mossambicus*, *O. niloticus* and their F₁ hybrids. *Aquaculture*, 1990, 85: 281~292
- 6 Watanabe W O, C M Kuo. Observations on the reproductive performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in laboratory aquaria at various salinities. *Aquaculture*, 1985, 49: 315~323
- 7 Watanabe W O, et al. The effects of salinity on reproductive performance in Florida red tilapia. *J World Aqua Soc*, 1989, 20(4): 223~229
- 8 Philippart J C, J C Ruwet. Ecology and distribution of tilapias. In: R S V Pullin, R H Lowe-McConnell. *The Biology and Culture of Tilapia*. ICLARM Conference Proceedings 7. Manila, Philippines: International Center for Living Aquatic Resources Management, 1982. 15~59
- 9 Fishelson L. Scanning and transmission electron microscopy of the squamous gill-filament epithelium from fresh- and seawater-adapted tilapia. *Environmental Biology of Fishes*, 1980, 5: 161~165
- 10 Sickney R R. Tilapia tolerance of saline waters: a review. *The Progressive Fish-Culturist*, 1986, 48: 161~167
- 11 Ridha M, T A Al-Ahmad, A A Al-Ahmad. Tilapia culture in Kuwait: spawning experiments, 1984. KISR technical report 1875. Kuwait Institute for Scientific Research, 1985, 37~42
- 12 Galman O R, R R Avtalion. A preliminary investigation of the characteristics of red tilapia from the Philippines and Taiwan. In: L Fishelson, Z Yaron. *Nazareth, Israel: Tel Aviv University*. Tel Aviv, 1983. 291~301
- 13 Watanabe W O, et al. Production of Florida red tilapia fry in brackish-water tanks under different stocking densities and feeding regimes. In: R S V Pullin, J Lazard, M Legendre, et al. *The Third International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. ICLARM Conference Proceedings 41. Manila, 1993. 35~39
- 14 Elis E P, W O Watanabe. The effects of hyposalinity on eggs, juveniles and adults of the marine monogenean, *Neobenedenia metteni*. *Treatment of ectoparasitosis in seawater-cultured tilapia*. *Aquaculture*, 1993, 117: 15~27
- 15 Liao L C, T P Chen. Status and prospects of tilapia culture in Taiwan. In: L Fishelson, Z Yaron. *International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. Israel: Tel Aviv University. 1983. 588~596
- 16 Hopkins K, et al. Screening tilapias for culture in sea water in Kuwait. *Aquaculture and Fisheries Management*, 1989, 20: 389~397
- 17 Cruz E M, M Ridha. Production of marketable-size tilapia, *Oreochromis spilurus* (Gurber) in seawater cages using different production schedules. *Aquaculture and Fisheries Management*, 1990, 21: 187~194
- 18 Liao L C, S L Chang. Studies on the feasibility of red tilapia culture in

1 Suresh A V, C K Lin. Tilapia culture in saline waters: a review. *Aqua-*

- saline water. In: L. Fishelson, Z. Yaron, compilers. Proceedings of the International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Nazareth, Israel; Tel Aviv University. 1983. 524 ~ 433
- 19 Cheong L., et al. Observations on the culture of red tilapia (*Oreochromis niloticus* hybrid) in seawater under intensive tank condition using a bio-drum. Singapore Journal of Primary Industries, 1987, 15(1): 42 ~ 56
- 20 杨红生, 李德尚, 徐宁. 静水海水池塘投饵养殖非鲫的鱼产力和负荷力. 水产学报, 1998, 21(2): 152 ~ 157
- 21 Chervinski J., M. Zorn. Note on the growth of *Tilapia aurea* (Steindachner) and *Tilapia zillii* (Gervais) in seawater ponds. Aquaculture, 1974, 4: 249 ~ 255
- 22 Fineman - Kahio A S. Preliminary observation on the effect of salinity on the reproduction and growth of freshwater Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), cultured in brackishwater ponds. Aquaculture and Fisheries Management, 1988, 19: 313 ~ 320
- 23 李其才, 等. 罗氏沼虾、尼罗罗非鱼在盐碱地池塘混养试验. 水利渔业, 1996, 85(5): 41 ~ 43
- 24 Hargreaves J A, et al. An evaluation of three cage designs and two tilapias for mariculture. Proceedings of Gulf and Caribbean Fisheries Institute, 1992, 42: 103 ~ 113
- 25 Doudet T. Brackishwater tolerance of some species and hybrids of *Oreochromis* for use in lagoon aquaculture (Ivory Coast). Aquaculture, 1992, 102: 275 ~ 288
- 26 李家乐, 李思发, 韩风进. 五种罗非鱼苗种在室内水族箱中的养殖效果比较. 淡水渔业, 1998, 28(3): 8 ~ 10
- 27 Hulata G. Thoughts about development of salt - tolerant Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). In: Third Steering Committee Meeting International Network on Genetics in Aquaculture (INGA). Cairo; EGYPT, 1996. 1 ~ 4
- 28 Perez J E, N Maclean. The haemoglobins of the fish *Sarotherodon mossambicus* (Peters): functional significance and ontogenetic changes. Journal of Fish Biology, 1976, 9: 447 ~ 455
- 29 Clarke W C. Evaluation of the seawater challenge test as an index of marine survival. Aquaculture, 1982, 18: 177 ~ 183
- 30 Helms L M H, et al. Studies on the regulation of growth hormone release from the proximal pars distalis of male tilapia, *Oreochromis mossambicus*, in vitro. General and Comparative Endocrinology, 1987, 65: 48 ~ 55
- 31 Watanabe W O, C M Kuo, M C Huang. Salinity tolerance of Nile tilapia fry (*Oreochromis niloticus*) spawned and hatched at various salinities. Aquaculture Society, 1985, 20(4): 223 ~ 229
- 32 Peters H M. Fecundity, egg weight, oocyte development in tilapias. ICLARM Translations, 1983, 2
- 33 Kinne O. Irreversible nongenetic adaptation. Comparative Biochemistry and Physiology, 1962, 5: 265 ~ 282
- 34 Watanabe W O, et al. Salinity during early development influences survival and growth of Florida red tilapia in brackish - and sea - water. World Aqua Soci, 1989, 20(3): 134 ~ 142
- 35 Watanabe W O, et al. Production of Florida red tilapia in flowthrough seawater pools at three stocking densities. In: R S V Pullin, J Lazard, M Legendre, et al. The Third International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 41. Manila; 1993. 40 ~ 51
- 36 Likongwe J S, et al. Combined effects of water temperature and salinity on growth and feed utilization of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus). Aquaculture, 1996, 146: 37 ~ 46
- 37 Watanabe W O, et al. The effects of salinity on growth, food consumption and conversion in juvenile, monosex male Florida red tilapia. In: R S V Pullin, Bhukaswan, K Tonguthai, J L Maclean. The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 15, 623p. Bangkok; Department of Fisheries. Manila, Philippines; Thailand and International Center for Living Aquatic Resources Management, 1988. 515 ~ 523
- 38 Jurs K, et al. Biochemical investigations into the influence of environmental salinity on starvation of the tilapia, *Oreochromis mossambicus*. Aquaculture, 1984, 40: 171 ~ 182
- 39 Watanabe W O, et al. Hatchery production of Florida red tilapia seed in brackishwater tanks under natural mouth brooding and clutch - removal methods. Aquaculture, 1992, 102: 77 ~ 88