

研究简报

A Letter

评价不同水温条件下的青少年罗非鱼, 尼罗罗非鱼(*Linnaeus, 1758*)的生长性能, 饲料利用效率和存活率

Kassaye Balkew Workagegn ✉

1 埃塞俄比亚, 生物系, 哈瓦萨大学, P.O. Box 05, 哈瓦萨

✉ 通讯作者: kassayebalkew@gmail.com

水生生物研究, 2012 年, 第 1 卷, 第 7 篇 doi: 10.5376/aor.cn.2012.01.0007

本文首次以英文发表在 *International Journal of Marine Science*, 2012, Vol.2, No.9, 59-64 上。现依据版权所有人授权的许可协议, 采用 Creative Commons Attribution License 协议对其进行授权, 用中文再次发表与传播。只要对原作有恰当的引用, 版权所有人允许并同意第三方无条件的使用与传播。如果读者对中文含义理解有歧义, 请以英文原文为准。

引用格式:

Workagegn, 2012, Evaluation of Growth Performance, Feed Utilization Efficiency and Survival Rate of Juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) Reared at Different Water Temperature, *International Journal of Aquaculture*, Vol.2, No.9 59-64 (doi: 10.5376/ija. 2012.02.0009)

摘要 本研究旨在探讨不同水温条件下饲养水族箱的尼罗罗非鱼的生长性能, 饲料利用率。将平均体重 4.19g 的鱼在 24, 26, 28, 30, 32 和 34°C 水温下饲养 90 天。放养的密度为每 50 升水里面有 10 条鱼。每天三次给予 27% 粗蛋白的饮食, 以其体重的 10% 的量给予。100% 的水量每隔两天更换一次。以两周的间隔记录鱼的生长和饲料利用效率。结果表明, 尼罗罗非鱼幼鱼的生长较高(57.24g), 具有较好的 BGW (53.14g), SGR (2.93%/天)和在 32°C 水温下饲养的鱼(1.97), 随后 30°C (51.15g), 在 24°C 水温(29.32g)观察到最低生长。结果还表明, 在 34°C 水温条件下养殖的鱼在其他饲养水温度下养殖的其他鱼类, 在细粒和鳃盖周围呈现淡红色。此外, 与较低水温相比, 在较高水温下饲养的鱼在第一次性成熟时的尺寸较小, 但饲养期较短。在所有饲养水温下鱼的存活率相同。结论: 28°C~32°C 的水温对于尼罗罗非鱼的饲养是最佳的。本研究还表明, 尼罗罗非鱼可以在平均大气温度高于 26°C 的国家裂谷地区进行培养。

关键词 水族养殖; 饲料利用效率; 增长绩效; 尼罗罗非鱼; 水温

Evaluation of Growth Performance, Feed Utilization Efficiency and Survival Rate of Juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) Reared at Different Water Temperature

Kassaye Balkew Workagegn ✉

1. Department of Biology, Hawassa University, P.O. Box 05, Hawassa, Ethiopia

✉ Corresponding author, kassayebalkew@gmail.com

Abstract This study was conducted to investigate the growth performance, feed utilization efficiency and survival rate of juvenile *Oreochromis niloticus* reared in aquaria at different water temperature. The fish with average body weight of 4.19 g were reared at 24, 26, 28, 30, 32 and 34°C water temperature for 90 days. The stocking density was 10 fish per 50 L of water. Diet of 27% crude protein was offered three times a day at the rate of 10% of their body weight. 100% of water volume was changed once in two days intervals. Growth and feed utilization efficiency of the fish were recorded at two weeks intervals. The results revealed that the growth of juvenile *Oreochromis niloticus* was found to be higher (57.24 g) with better BWG (53.14 g), SGR (2.93%/day), FCR (2.43), MGR (3.89 gkg^{0.8}/day) and PER (1.97) on the fish reared at 32°C water temperature followed by 30°C (51.15 g), while the lowest growth was observed at 24°C water temperature (29.32 g). The results also revealed that the fish reared at 34°C water temperature had reddish colour around the fins and the operculum which were not occur on the other fish reared at other rearing water temperature. Moreover, the size at first sexual maturation was small for the fish reared at higher water temperature as compared with lower water temperature, but shorter rearing period. Survival rate of the fish was the same at all rearing water temperature. It is conclude that the water temperature ranging from 28°C to 32°C is optimum for rearing of *Oreochromis niloticus*. This study is also demonstrated that *Oreochromis niloticus* can be cultured in the rift valley region of the country where the average atmospheric temperature is above 26°C.

Keywords Aquarium culture; Feed utilization efficiency; Growth performance; *Oreochromis niloticus*; Water temperature

介绍

如今, 由于营养价值的认可, 鱼类食品的需求在世界各地正在增加(Tingman et al., 2010)。此外, 粮食价格的上涨和人类世界人口的快速增长增加了鱼类消费的需求(FAO, 2010; 2012)。由于这些原因, 有种类繁多的养殖鱼类得到特别考虑, 以增加世界鱼类生产。罗非鱼是世界上第二大养殖鱼类(鲤鱼) (El-Sayed, 2006; FAO, 2012)。在全球罗非鱼养殖中最商业养殖的鱼类物种主要是金黄色的尼罗罗非鱼(Bentsen et al., 1998; Pillay and Kutty, 2005; El-Sayed, 2006)。尼罗罗非鱼养殖的扩展是由于其对宽范围的环境条件的耐受性, 包括 pH, 温度, 氮废物, 低溶解度和其易于处理实践的因素(Noor et al., 2010)。然而, 大多数

罗非鱼会在较低的水温下进食和生长。因此, 温度是影响罗非鱼生长性能的自然限制因素(Pandit and Nakamura, 2010)。“它被认为是鱼生命中的驱动力, 因为它的效应比其他任何其他单一因素都要多”(Azevedo et al., 1998)。虽然已经在全世界各地进行了研究, 还是很难得到关于尼罗罗非鱼在埃塞俄比亚最佳水温的消息。因此, 本研究计划调查在不同水温条件下饲养的幼鱼的生长性能, 饲料利用效率和存活率。

1 结果

表 1 和表 2 总结了在不同水温下饲养的尼罗罗非鱼幼鱼的水质参数(pH 和溶解氧(DO)浓度)的平均值以及生长性能, 饲料利用效率和存活率数据。同样, 所有鱼类的增长趋势如图 1 所示。所有组别的鱼在暴露于各自的水温处理后稳定的增加其生长性能。物理化学参数 pH 和 DO 浓度是养殖尼罗罗非鱼幼鱼的合适的环境条件。

表 1 在不同水温下测量的 pH 和 DO 浓度的平均值

Table 1 Mean values of pH and DO concentration measured at different water temperature

Temperature (°C) (温度)	pH	DO (mg/L)
24	8.27a	6.7b
26	8.24a	6.7b
28	8.18a	6.2b
30	8.21a	6.3b
32	8.32a	5.9b
34	8.30a	5.7b

注:同一列中具有相同字母的平均值没有显著差异(P>0.05)

Note: Mean values in the same column having the same letters are not significantly different (P>0.05)

表 2 在不同水温条件下饲养的尼罗罗非鱼幼鱼生长参数的平均值

Table 2 Mean values of growth parameters of juvenile *Oreochromis niloticus* reared under different water temperature

Growth Parameters	Temperature (°C) (温度)					
	24	26	28	30	32	34
Initial mean body weight (g/fish) (初平均体重)	4.20a	4.15a	4.27a	4.16a	4.12a	4.21a
Final mean body weight (g/fish) (终平均体重)	29.32a	38.59b	45.75c	51.15d	57.24d	43.14bc
Mean body weight gain (g/fish) (平均失去体重)	25.12a	34.44b	41.48cd	46.99ed	53.12e	38.93c
Specific growth rate (%/day) (特别增长率)	2.16a	2.48b	2.64c	2.79d	2.93d	2.59c
Feed conversion ratio (饲料转化率)	2.83a	2.56b	2.52b	2.47c	2.43c	2.53b
Metabolic growth rate (gkg ^{0.8} /day) (代谢增长率)	2.91a	3.32b	3.55b	3.72c	3.89c	3.47b
Protein efficiency ratio (PER) (蛋白效率比)	0.93a	1.28b	1.54c	1.74d	1.97d	1.44c
Survival rate (%) (生存率)	100a	100a	100a	100a	100a	100a

注:具有相同字母的相同行中的平均值没有显著差异(P>0.05)

Note: Mean values in the same row having the same letters are not significantly different (P>0.05)

将在 32°C 水温下饲养的鱼观察到最终平均体重(FWBW), 平均体重增加(MBWG)和比生长速率(SGR)最高的尼罗罗非鱼幼鱼的生长性能比较, 然后再比较 30°C 与其他水温。类似的, 在 32°C 水温下饲养的鱼上观察到饲料转化率(FCR), 代谢生长率(MGR)和蛋白质效率比(PER)是在尼罗罗非鱼幼鱼的最佳饲料利用效率, 随后观察 30°C。在所有情况下, 在 24°C 水温下饲养的鱼上观察到最低的生长性能和最低的饲料利用效率, 并且显著不同 (p<0.05)。一般来说, 尼罗罗非鱼幼鱼的生长性能和饲料利用率为 32°C>30°C>28°C>34°C>26°C>24°C(图 1)。

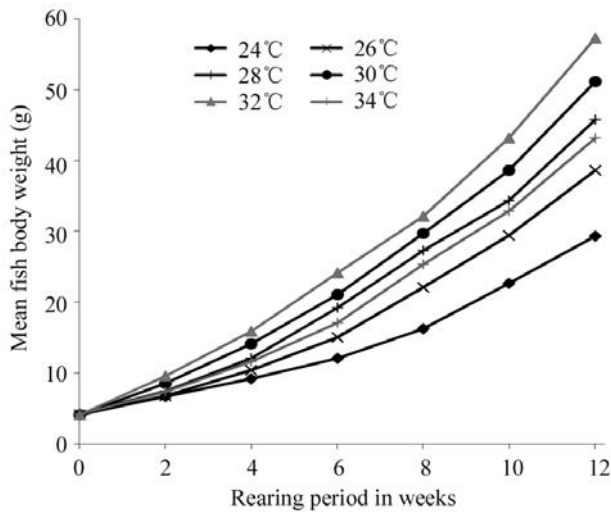


图 1 90 天实验期间在不同水温(摄氏度)饲养的尼罗罗非鱼的平均体重

Figure 1 Mean body weight of juvenile *Oreochromis niloticus* reared at different water temperature in degree Celsius during 90 day experimental period

2 结果与讨论

2.1 水的物理化学参数

由不同环境因素如 pH, 氮废物, 温度, 溶解氧浓度和其他水质参数影响的尼罗罗非鱼幼鱼的生长性能和饲料利用率(Gjedrem, 1997; Noor et al., 2010)。实验期间记录的物理化学参数, 例如 pH 和溶解氧浓度没有显著不同($p>0.05$), 并且是 Saber(2004)、Xu(2005)和 Azaza(2008)等人所提及的用于饲养尼罗罗非鱼。

pH 值的范围从 8.18 到 8.32 的平均值对于饲养未成熟的尼罗罗非鱼是最佳的。这些结果与 El-Sherif 和 El-Feky(2009a)的工作一致, El-Sherif 和 El-Feky(2009b)报道了最佳生长和饲料利用率的 pH 值在 7 和 8 之间。本结果还表明, 氧浓度为 5.7~6.7 mg/L, 这也证实了 El-Sherif 和 El-Feky 早期的工作。这些作者报道, 当溶解氧浓度范围在 6.5 至 6.7 mg/L 时, 尼罗罗非鱼的鱼种显示出最佳的生长性能和饲料利用效率。Bahnasawy 等人(2003)的工作也证实了目前的结果, pH 值范围为 6.1 到 7.63 mg/L, 溶解氧浓度范围从 6.1 到 8.4 mg/L, 适合于尼罗罗非鱼的最佳生长性能和饲料生长率。一般来说, 除了水温, 所有水族箱的水参数没有显著差异($p>0.05$), 此外, 尼罗罗非鱼幼鱼的初始平均尺寸是同质的。因此, 由于水温的差异, 引起生长性能和饲料转换率的变化。

2.2 生长表现

在不同的水温处理(24, 26, 28 30, 32 and 34°C)饲养的尼罗罗非鱼的生长性能和饲料利用率是显著的($p<0.05$)。鱼的最终平均体重在 32°C 水温下, 随后 30°C 水温下达到。较低的()和较高的()水温导致尼罗罗非鱼的最终体重分别减少 48.7%和 24.63%, 这是由于饲料利用效率和代谢过程的降低(Larsson and Berglund, 2005)。

类似的, 在 32°C 和 30°C 水温下饲养的鱼观察到的最高的平均体重增加和生长速率, 与在其它水温下饲养的鱼具有显著的不同。在本研究中, 根据最终的平均体重, 平均的体重增加和生长速率比, 尼罗罗非鱼幼鱼的生长性能逐渐增加, 在 32°C 水温下达到最大值, 在 34°C 水温下降低。这些结果与 Saber 等人(2004), El-sherif 和 El-Feky (2009a,b) 以及 Pandit 和 Nakaura (2010)的早期作品一致, 他们报告了不同水中饲养的尼罗罗非鱼的生长性能随水温的增高而增加, 知道 30°C 和 32°C, 并且在它消失的时候降低。目前的结果也证实了 Devline 和 Nagahama(2002)以及 Azaza 等人(2008)的早期作品, 他们指出, 较低和较高的水温降低了尼罗罗非鱼幼鱼的生长性能。如 Azaza 等人(2008)所述, 在 26°C 和 30°C 水温饲养的幼鱼在 22°C 和 34°C 水温条件下饲养体重较高。本研究的结果也符合 Pandit 和 Nakaura (2010)的工作, 他们报告说, 与 27°C 和 32°C 的水温相比, 尼罗罗非鱼幼鱼的生长性能在 35°C 和 37°C 的水温下会下降。

在 32°C 和 30°C 的条件下饲养的鱼也记录了对于尼罗罗非鱼幼鱼的最佳饲料利用效率(以饲料转化率, 代谢生长速率和蛋白质效率比来计算)。在 24°C 水温条件下养的鱼, 实现了尼罗罗非鱼幼鱼的最低饲料利用率。这说明饲料利用效率随着水温升高直至 32°C, 随着水温的降低而降低。这些结果证实了 Pandit 和

Nakaura (2010)的早期工作,他们报道了最高的饲料转化率在 32°C时达到,在 35°C和 37°C水温时下降。El-Sherif 和 El-Feky (2009a,b)也报道了类似的结果。这些作者指出,随着水温从 20°C升高到 30°C,饲料转化率增加。

结果还表明,在 34°C水温条件下饲养的鱼类有生理干扰,在其他饲养水温下饲养的其他鱼类的细颗粒和腮部周围还未出现红色(Britz et al., 1997; Lei and Li, 2000)。此外,与较低的水温相比,较高的水温会引起早期性成熟。这意味着较高的水温下,生长率和早期性成熟之间存在冲突。一般如 Usmani 和 Jafri (2002)所述,在较低的温度(18°C)下,蛋白质的利用效率非常低,在最佳水温(28°C)下的 38°C水温更高。这意味着它们的蛋白质利用效率在最佳水温高时可以实现鱼类的最佳生长。

3 结论与建议

目前的结果清楚的表明,在不同水温条件下饲养的水族箱中的尼罗罗非鱼幼鱼的生长性能和饲料利用率($p < 0.05$)显著不同,其中在 32°C水温下养殖的鱼类具有最高的生长性能和饲料利用率,其次是 30°C。在 24°C水温下观察到最差的生长性能和饲料利用率。值得说明的是,最佳水温对于尼罗罗非鱼幼鱼的最佳生长性能是在 28°C到 32°C之间。

这项研究还证明了平均温度高于 26 的国家裂谷区域中的尼罗罗非鱼培养的可能性。总体结论是,尼罗罗非鱼幼鱼的生长性能和饲料利用效率对温度是有依赖性的,因此,为特定的鱼类选择适当的水温到特定的培养区域至关重要。然而,我们应该进一步调查,通过在更高的水温下延迟性成熟,以实现最大生长速度来实现最佳的尼罗罗非鱼的生产。

4 材料与方法

4.1 鱼类收集和实验设计

该研究在生物实验室,埃塞俄比亚哈瓦萨大学的自然和计算科学学院的领导下进行,使用玻璃水族箱(80cm × 30cm × 35cm)。水族箱中的水通过恒定供应的压缩空气泵充气。在两天的间隔内用 100%的水体积用淡水来改变水。在水族箱制备后,在 Chamo 湖里收集健康的混合的尼罗罗非鱼幼鱼。然后,将鱼放养到适应水族箱中两周,直到鱼变得更活跃并且在运输和处理期间停止了由于应力引起的质量死亡率。适应后,将平均体重为 4.19g,长度为 6.37cm 的鱼在 24, 26, 28, 30, 32, 34°C的温度下放置在 50L 的玻璃水族箱中 90 天。

4.2 喂养和饲料补充剂

实验鱼饲料在生物实验室从当地可用饲料中制备。饮食中含有 27%的蛋白质。饲料每天三次,每次用体重的 10%(Abdel-Tawwab, 2004)。基于鱼的体重,以两周一次的间隔来调整饲料量。因此,使用平均体重(MBW)和鱼的总数(N),以及每天的饲养率(FR/d),使用以下公式计算每个采样的时间和每日饲料的配给量: $DFR = (MBW \times N \times FR) / d$ (Nandlal and Pickering, 2004)。

4.3 数据收集

在实验期间,使用水下实验室模型“Multi 340I/SET”每天测量溶解氧浓度和 pH。为了评价尼罗罗非鱼的生长性能和饲料利用效率,所有的鱼都在两周的时间间隔测量它们的重量和长度。鱼的死亡率也在整个实验中记录。

4.4 数据分析

基于实验期间收集的数据,生长性能参数例如最终平均体重(FWBW),平均体重增加(MBWG),生长速率比(SGR, %/天),代谢生长率(MGR, gkg^{0.8}/天),如 Hardy(2002)和 Ridha(2006)所述计算饲料转化率(FCR),蛋白质效率比(PER)和存活率(SR)。这些值计算如下:

$$MBWG = FMBW - IMBW;$$

$$SGR \text{ in } \% / \text{day} = [(\ln FMBW) - \ln IMBW] / dt \times 100; MGR, \text{ gkg}^{0.8} / \text{day} = (MBWG) / \{[(IMBW/1000)^{0.8} + (FMBW/1000)^{0.8}] / 2\} / dt;$$

$$FCR = FI (g) / Wg (g);$$

$$PER = BWG (g) / CPF (g); \text{ and}$$

$$SR = [(NSF - NDF) / NSF] \times 100$$

其中, dt 是试验天数, FI 是饲料摄入量, CPF 是粗蛋白饲料, NSF 是储备鱼的数量, NDF 是死鱼的数量。

4.5 统计总结

使用方差分析(ANOVA)分析平均生长性能参数, 饲料转化率和存活率。T-test 和土耳其检验用于识别方差分析的平均值差异。在 p 确定统计学显著性。所有计算使用 SPSS 14 版本的统计软件进行。

致谢

我们要对生物部门的所有工作人员表示感谢, 他们在我们进行研究时以不同的方式合作。我们还感谢 NORAD 项目和哈瓦萨大学给予我们的帮助, 并且为研究提供了资金和其他设施。

参考文献

- Abdel-Tawwab M., 2004, Comparative study of growth performance and feed utilization of four local strains of Nile tilapia, (*Oreochromis niloticus* L), collected from different location in Egypt. In: Bolivar R., Mair G. and Fitzsimmons, K. (Eds.), The 6th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Manila, Philippines, pp.510-517
- Azaza M.S., Dhra ě M.N., and Kra ěm M.M., 2008, Effects of water temperature on growth and sex ratio of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) reared in geothermal waters in southern Tunisia, *Journal of Thermal Biology*, 33: 98-105
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jtherbio.2007.05.007>
- Azevedo P.A., Cho C.Y., Leeson S., and Bureau D.P., 1998, Effects of feeding level and water temperature on growth, nutrient and energy utilization and waste outputs of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), *Aquat. Living Resour.*, 11: 227-238
[http://dx.doi.org/10.1016/S0990-7440\(98\)89005-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0990-7440(98)89005-0)
- Bahnasawy H., M., Abdel-Baky T.E., and Abd-Allah G.A., 2003, Growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings raised in an earthen pond, *Arch.Pol. Fish.*, 11: 277-285
- Bentsen H.B., Eknath A.E., Palada-De Vera M.S., Danting J.C., Bolivar H.L., Reyes R.A., Dionisio E.E., Longalong F.M., Circa A.V., Tayamen M.M., and Gjerde B., 1998, Genetic improvement of farmed tilapias: growth performance in a complete diallel cross experiment with eight strains of *Oreochromis niloticus*, *Aquaculture*, 160: 145-173
[http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00230-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00230-5)
- Britz P.J., Hecht T., and Mangold S., 1997, Effect of temperature on growth, feed consumption and nutritional indices of *Haliotis midae* fed a formulated diet, *Aquaculture*, 152: 191-203
[http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00002-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00002-1)
- Devlin R.C., and Nagahama Y., 2002, Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences, *Aquaculture*, 208: 108-364
[http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00057-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00057-1)
- El-Sayed A.F.M. eds., 2006, *Tilapia culture*, CABI Publishing Wallingford Oxfordshire, UK, pp.1-45
<http://dx.doi.org/10.1079/9780851990149.0000>
- El-Sherif M.S., and El-Feky A.M.I., 2009a, Performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. I. Effect of pH., *Int. J. Agric. Biol.*, 11: 297-300
<http://dx.doi.org/10.3923/jfas.2009.169.177>
- El-Sherif M.S., and El-Feky A.M.I., 2009b, Performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. II. Influence of different water temperatures, *Int. J. Agric. Biol.*, 11: 301-305
- FAO, 2010, *The stat of the world fisheries and aquaculture part I: World review of fisheries and aquaculture*, Rome,
- FAO, 2012, *The stat of the world fisheries and aquaculture part I: World review of fisheries and aquaculture*, Rome,
- Gjedrem T., 1997, Selective breeding to improve aquaculture production, *World Aquaculture*, 28:33-45
<http://dx.doi.org/10.1023/A:1014546816984>
- Hardy R.W., 2002, *Diet Formulation and Manufacture*. In: Halver, J. E. (Eds.), *Fish Nutrition*, London, Academic Press
- Larsson S., and Berglund I., 2005, The effect of temperature on the growth energetic, growth efficiency of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) from four Swedish populations, *J.Therm. Biol.*, 30: 29-36
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jtherbio.2004.06.001>
- Lei S., and Li D., 2000, Effect of temperature on energy budget of Taiwanese red tilapia hybrid (*Oreochromis niloticus* × *Oreochromis mossambicus*), *YingYong ShengTai XueBao*, 11 618-620 PMID:11767691
- Nandlal S., and Pickering T., 2004, *Tilapia fish farming in Pacific Island countries: Tilapia hatchery operation*, Noumea, New Caledonia PMID:15255439
- Noor E.L., Deen A.I.E., and Mona S.Z., 2010, Impact of climatic changes (oxygen and temperature) on growth and survival rate of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) *Report and Opinion* 2: 192-195
- Pandit N.P., and Nakamura M., 2010, Effect of high temperature on survival, growth and feed conversion ratio of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, *Our Nature*, 8: 219-224
- Pillay T.V.R., and Kutty M.N., eds., 2005, *Aquaculture principles and practices*, UK, Blackwell Publishing, Oxford, pp. 400-415
- Ridha M.T., 2006, Comparative study of growth performance of three strains of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, at two stocking densities, *Aquaculture Research*, 37: 172-179
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.01415.x>

- Saber A., El-Shafai, El-Gohary A.F., Fayza A., N., Peter Van Der Steen N., and Huub J.G., 2004, Chronic ammonia toxicity to duckweed-fed tilapia (*Oreochromis niloticus*) Aquaculture 232: 117-127
[http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00516-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00516-7)
- Tingman W., Jian Z., and Xiaoshuan Z., 2010, Fish product quality evaluation based on temperature monitoring in cold chain, Afr. J. Biotechnol, 9: 6146-6151
- Usmani N., and Jafri A k., 2002, Effect of fish size and temperature on the utilization of different protein sources in two catfish species, Aquaculture Research, 33: 959-967
<http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2109.2002.00747.x>
- Xu J.Y., Miao X.W., Lu Y., and Cui S.R., 2005, Behavioural response of tilapia (*Oreochromis niloticus*) to acute ammonia stress monitored by computer vision, J. Zhejiang Univ. Sci. B, 6: 812-816
<http://dx.doi.org/10.1631/jzus.2005.B0812>