

## 三斑海马的人工生态养殖

徐永健 陆慧贤 卢光明

(宁波大学应用海洋生物技术省部共建重点实验室 宁波大学生命科学与生物工程学院, 315211)

**摘 要** 通过构建三斑海马的生态养殖环境、培育天然活体饵料, 形成人工生态系统, 提高了幼体的成活率。通过施用发酵鸡粪(即把备用的晒干鸡粪, 加水发酵使其熟化)  $50 \text{ g/m}^3$  或尿素  $10 \text{ g/m}^3$ , 5~7 d 后, 投放海马幼体  $200 \text{ ind/m}^3$ ; 放苗 28 d 后, 栽培菊花江蓐(密度  $0.5 \sim 2 \text{ kg/m}^3$ ) 作为水质调控、遮光及养殖海马的缠绕物。江蓐的栽培构建了海马天然饵料的培育场所, 藻丛中的小型甲类生物密度达 450 个/100 g 以上, 形成了良好的养殖三斑海马的人工生态环境, 经 146 d 的养殖, 生态养殖与投饵养殖模式比较, 收获了三斑海马成活率和标准体长分别为 70.8%、42.5%, 11.13 cm、10.04 cm。

**关键词** 三斑海马 人工生态养殖 水质调控 天然饵料

**中图分类号** S968.9 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2011)05-0038-06

## Study on the artificial eco-aquaculture of the three-spot seahorse, *Hippocampus trimaculatus* Leach

XU Yong-jian LU Hui-xian LU Guang-ming

(Key Laboratory of Applied Marine Biotechnology, MDE,  
College of Life Science and Biotechnology, Ningbo University, 315211)

**ABSTRACT** Seahorse aquaculture is challenged by insufficient feeding supply and lack of knowledge of nutritional requirements, resulting in low survival rate and poor economical profitability. We report here an integrated eco-aquaculture system in which the seahorse and its natural prey were co-cultured with red alga *Garcilaria lichevoids* in cement ponds. Urea ( $10 \text{ g/m}^3$ ) and chicken manure ( $50 \text{ g/m}^3$ ) were used to fertilize the water. Seahorse juveniles were stocked at  $200 \text{ ind./m}^3$  after 5~7 days. After 4 weeks, red alga was transplanted into these ponds to regulate water quality and light, and provide holdfast. The density of red alga was controlled between  $0.5$  and  $2 \text{ kg/m}^3$ . The introduction of alga provides habitats for small crustacean. Within the macroalgal clusters, small crustacean was over 450 individuals per 100 g of fresh alga. After breeding of 146-day period, seahorse survival rates were 70.8% and 42.5%, and body lengths of seahorse were 11.13 cm and 10.04 cm in integrated eco-aquaculture system and monoculture, respectively. This system incorporated traditional Chinese aquaculture technique of cultivating live feed by fertilizing the water. Results from the experiments suggest that the integrated system is technically feasible, suitable and exemplary.

**KEY WORDS** Three-spot seahorse Eco-aquaculture Water quality control  
Natural prey

海马是小型鱼类,有“南方人参”之称,因其动作优雅,已成为国际观赏市场名宠,形成了“海马热”。海马野生种群过度捕获导致其数量大大下降(Project Seahorse 2004; Vincent 1996)。自2002年以来,所有海马种类都作为濒危物种被列入世界濒危动植物保护名录(IUCN 2004),2004年后被禁止进行国际贸易(Appendix II of CITES 2004)。为了进行海马天然资源的保护和迎合市场的需求,发展海马的人工养殖方法和技术是非常必要的。已有不少国家开展了相关研究工作(Murugan *et al.* 2009; Sheng *et al.* 2006; Hilomen-Garcia *et al.* 2003; Wong *et al.* 2003; Job *et al.* 2002; Lv *et al.* 2001; Adams *et al.* 2001; Woods 2000a),但由于存在着较多的技术问题,目前人工养殖的海马成活率较低,效益差(Koldewey *et al.* 2010)。海马人工养殖方法和技术的不成熟,主要体现在人工养殖海马的成活率低(Foster *et al.* 2004; Woods 2000b; Giwojna *et al.* 1999; Scarratt 1995),主要原因有二:对海马的基本生物学了解不清或不深入(Faleiro *et al.* 2008);另一方面,大规模人工养殖的饵料来源保障不足及营养缺乏(Woods 2003a, b)。这些因素都抑制着海马人工养殖业的发展。

本试验针对规模化海马养殖中的饵料问题,在室外露天水泥池中,构建海马的人工生态养殖环境,通过培育天然活体饵料,形成人工生态系统,提高海马幼体的成活率和养殖的成功率,初步建立海马人工生态养殖方法和技术。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验生物

试验于2009年6~11月在宁海县得水水产育种场进行。

试验用海马为三斑海马 *Hippocampus trimaculatus* (Leach),来自广东陆丰市。在本实验室经3年多的培育,现已拥有2000多尾亲体的种群规模。

所用养殖海水经2 hm<sup>2</sup>池塘沉淀,60目(孔径约0.49 μm)网衣过滤除去自然海水中的鱼、虾及贝类的受精卵,养殖期间的水温范围为21~33℃,盐度范围为10~30。

选择菊花江蓠 *Gracilaria licheoides* 作为人工生态养殖环境的构建和调控生物(Xu *et al.* 2009)。该藻对水质的调控主要体现在对水体供氧、水体无机营养盐的高效吸收和转化方面(徐永健等 2005、2007)。

### 1.2 试验设计与方法

#### 1.2.1 海马幼体对饵料的选择试验

为了探讨肥水育饵对三斑海马幼体生长的效果,试验分析不同饵料种类对海马幼体生长的影响。选择刚产出的幼海马(2日龄,全长1.03±0.091 cm)和30日龄幼海马(全长3.08±0.12 cm)。将2日龄海马设4个饵料组:轮虫、桡足类幼体、丰年虫幼体及裸腹蚤幼体;30日龄幼海马设3个饵料组:桡足类、丰年虫和裸腹蚤。饵料投喂密度控制在10~15个/L;每隔5 d,测定海马的全长(Xu *et al.* 2010),比较各处理间幼海马的日平均生长速率(Xu *et al.* 2010)。

#### 1.2.2 人工养殖生态系统的构建试验

试验采用室外12个水泥池,规格为1.5 m×2 m×1.2 m,水深1.0 m,所用养殖海水处理同1.1。试验设3个处理:投饵养殖(BA),养殖过程中始终投喂室内人工培育饵料(桡足类或枝角类),每天早晚两次,饵料密度控制在10~15个/L;肥水育饵养殖(FA)、肥水鱼藻混养(GFA),施肥培育以增加基础饵料。

以连续3 d生产的三斑海马幼体混合暂养在室内水泥池内至7~10日龄作为试验动物,而后转移至室外水泥池,幼体放养密度为200尾/m<sup>3</sup>(600尾/池)。在幼海马产出的当天进行肥水(FA、GFA)养殖,即施用发酵鸡粪50 g/m<sup>3</sup>或尿素10 g/m<sup>3</sup>,施肥后至放苗前每天采样进行基础饵料(叶绿素a、轮虫、小型甲壳类)组成分析。放苗后28 d,GFA处理菊花江蓠,初始密度为0.5 kg/m<sup>3</sup>,其中1/3夹绳吊养于离水面30 cm处,其余底播;江蓠栽培密度控制在2 kg/m<sup>3</sup>以内。在养殖的第60天和第120天,分别取底部江蓠100 g,分离藻丛中的小型甲壳类的种类组成和数量。在无藻处理组中,采用细竹枝捆扎成束作为幼海马的缠绕物。

养殖期间,补充蒸发的水分和少量换水。每天观察饵料密度,饵料密度不足时,补充室内培育的饵料(刚孵出的丰年虫幼体)。晴好天气,养殖池上需加盖遮光布调节光线;雨天后,需排除上层淡水。

### 1.3 数据分析

采用 SPSS 13.0 软件,对各处理组江蓠的生长速率、海马的生长速率以及生态养殖与单养殖间的海马生长速率进行单因子方差分析(ANOVA)比较;肥水培育的天然饵料以及藻丛间的天然饵料的种类组成与数量变化的差异采用 Student's *t* 检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 海马幼体对饵料的选择

试验开始前 5 d,投喂轮虫组幼海马的生长速率比其他组高( $P < 0.05$ ),成活率也好,成活率与投喂桡足类幼体及裸腹蚤幼体组间差异不显著( $P > 0.05$ )。第 20 天时,以投喂桡足类及裸腹蚤幼体组中的幼海马生长速率( $P < 0.05$ )及成活率( $P < 0.01$ )为高,而轮虫组海马的生长速率与成活率逐渐下降,接近丰年虫幼体组( $P > 0.05$ )(图 1);在本试验中,丰年虫幼体组幼海马的生长速率和成活率始终是最差(图 1)。

对于 30 日龄大个体组( $3.08 \pm 0.12$  cm)(图 2),投喂丰年虫组海马的生长速率及成活率始终是最差,不如其他两组,尤其体现在生长速率上( $P < 0.01$ ),相差 38.5%~56.7%,成活率略低( $P < 0.05$ );另两组间两指标的差异不显著( $P > 0.05$ )(图 2)。

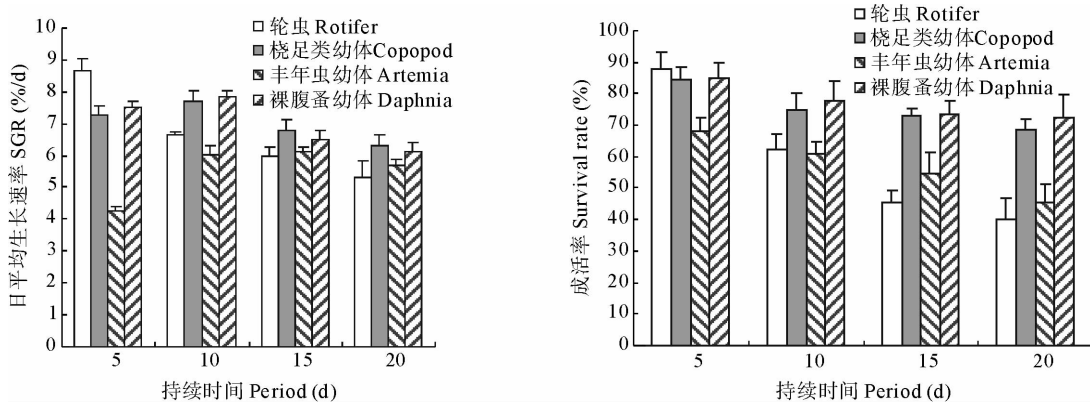


图 1 4 种饵料对 2 日龄幼海马( $1.03 \pm 0.09$  cm)生长及成活率的影响

Fig. 1 Effects of four kinds of food on growth and survival rates of 2-day old juveniles

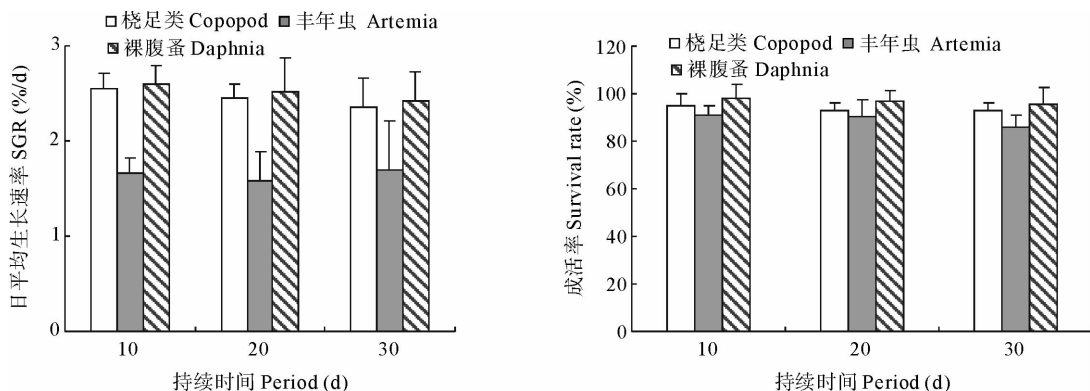


图 2 3 种饵料对 30 日龄小海马( $3.08 \pm 0.12$  cm)生长及成活率的影响

Fig. 2 Effects of three kinds of food on growth and survival rates of 30-day old juveniles

## 2.2 不同人工养殖生态系统间海马的养殖状况

人工构建的 3 种海马养殖模式间海马的生长速率和成活率状况,如图 3 所示。不同处理间,海马的生长速率和成活率的差异是显著的。与施肥处理(FA 和 GFA)相比,投喂人工饵料(BA 处理)中的海马生长较慢、成活率较差。从生长速率看,BA 处理始终是最慢的,而 FA 处理与 GFA 处理在前 60 d 相似( $P>0.05$ ),之后 FA 处理中海马的生长变慢,至 120 d 后二者间差异显著( $P<0.05$ );各处理间海马的成活率指标变化类似于生长速率(图 3)。

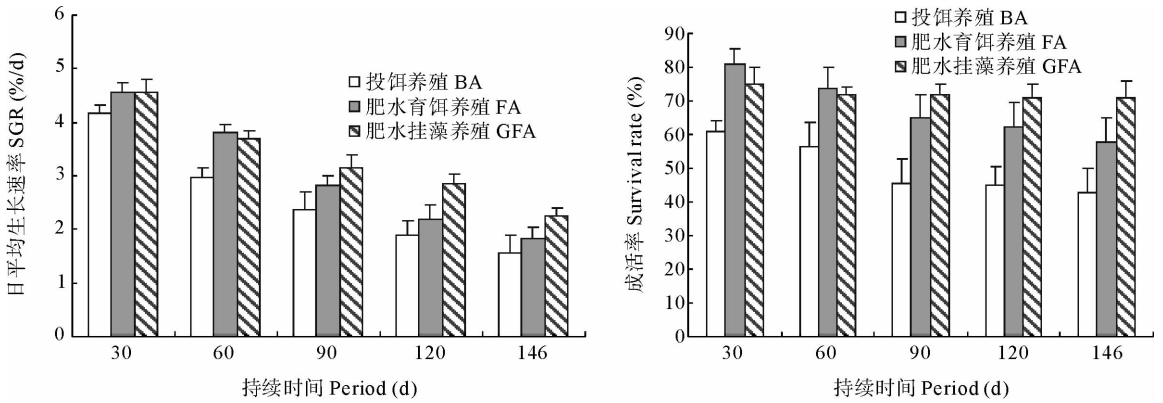


图 3 不同模式间海马的养殖状况

Fig. 3 Comparison of seahorse growth and survival rates among three artificial-breeding modes

## 2.3 养殖期间各系统中的天然饵料组成分析

### 2.3.1 肥水后系统内的天然饵料组成

分析结果显示,两种肥料(尿素、鸡粪)的作用效果相似(图 4),施肥后 2~3 d 内池水水色加深,叶绿素 a 浓度上升;然后,轮虫密度开始上升,并于第 5~7 天达到最高峰,而后略有下降并趋于相对稳定;桡足类等小型甲壳动物的丰度于第 5 天开始逐渐升高,第 9 天后保持相对稳定。两种肥料间略有差异:施鸡粪池中的轮虫的丰度比施尿素肥处理中低,但出现峰值的时间较早,这也导致了甲壳类丰度峰值的提早出现(图 4)。

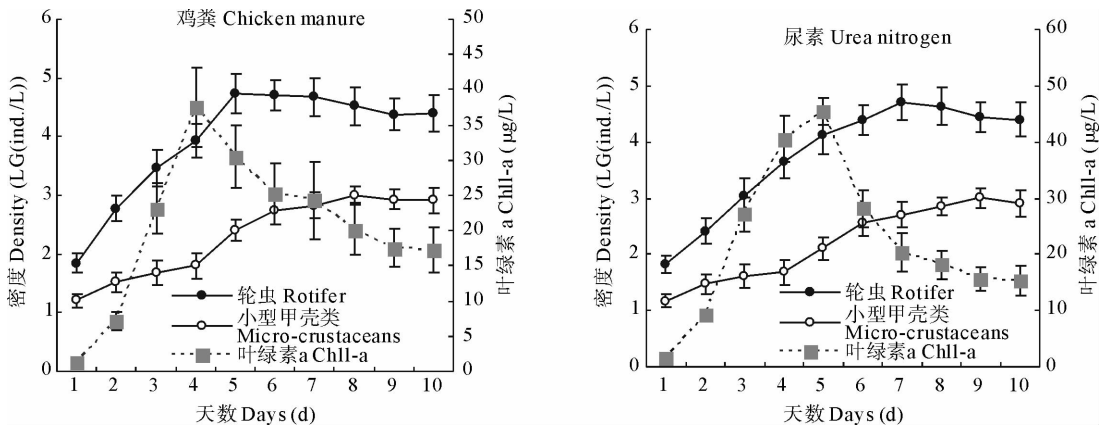


图 4 施用两种肥料后池水中基础生物饵料组成情况

Fig. 4 Variations of components of basic biological foods after fertilization

### 2.3.2 江蓠丛中天然饵料的组成

在构建的生态养殖系统中,菊花江蓠海藻丛中生长的小型甲壳类的种类组成与数量分析,前后两次采样总

的小型甲壳动物的丰度相差不大( $P>0.05$ ),每 100 g 江蓠丛中含的小型甲壳类总数范围在 450~500 个;种类组成第 2 次比第 1 次略有下降,但从主要组成种类的丰度和所占的百分数看,端足类 Amphipods 和桡足类 Copepods 的丰度下降最明显( $P<0.05$ );而其他的一些种类的丰度都略有上升(表 1)。

表 1 菊花江蓠丛(100 g 鲜藻)中的小型甲壳动物种类与数量变化

Table 1 Species component and abundance of micro-crustaceans within macroalgal clusters

养殖前期 Early stage of cultivation(第 60 天)			养殖后期 Late stage of cultivation(第 120 天)		
种类组成 Species	数量(ind./100 g)	%	种类组成 Species	数量(ind./100 g)	%
桡足类 Copepods	36.3±4.04	7.53	桡足类 Copepods	24.0±5.57	5.26
端足类 Amphipods	225.0±15.1	46.65	端足类 Amphipods	126.0±9.54	27.59
等足类 Isopoda	26.0±6.0	5.39	等足类 Isopoda	50.7±8.50	11.09
十足类 Decapoda	52.3±9.02	10.85	十足类 Decapoda	72.3±6.03	15.84
囊虾类 Peracarida	94.0±12.77	19.49	囊虾类 Peracarida	114.3±7.02	25.03
未鉴定 Unidentifide	48.7±6.51	10.09	真虾类 Eucarida	6.7±1.53	1.46
			未鉴定 Unidentifide	62.7±8.50	13.72
总计 Total	482.3±23.12		总计 Total	456.7±46.65	

### 3 讨论

海马的工厂化养殖还存在着许多的问题(Koldewey *et al.* 2010)。本试验的投饵养殖模式(BA 处理),尽管提供了养殖海马较好的生长环境和充足的人工培育饵料,但海马的生长速率及其成活率都较差,相似的报道很多(Foster *et al.* 2004; Woods 2000a,b; Giwojna *et al.* 1999; Scarratt 1996),导致海马的养殖效益差。造成这种现象的主要原因是海马的基本生物学的认识不深入(Faleiro *et al.* 2008; Felicio *et al.* 2006)。一些研究证实,海马幼体的成活率低的主要原因,有饵料来源方面的问题(Woods 2003a)、也有饵料营养方面的问题(Woods 2003a,b)。饵料是海马养殖过程中的一个重要瓶颈,现有的养殖和培育技术,仅能较大规模地培育少数几种生物饵料,如,轮虫、裸腹蚤、丰年虫等,对大多数的种类没有较好的技术和方法;大规模人工海马养殖的饵料来源不足,也是造成海马幼体大量死亡的主要原因(Woods 2003a,b)。这些因素都抑制了海马人工养殖业的发展。此外,人工培育的生物饵料,在营养上也存在问题。有人认为饵料中的 DHA 和 EPA 的含量不足,影响到海马幼体的成活率和生长率(Olivotto *et al.* 2008)。作者采用中国传统水产养殖中的前期肥水育饵技术,达到大规模培育海马的活体生物饵料的目的;同时,各种生物饵料共存于系统中,与野生状态相似,保证了海马所需的营养和质量。对刚出生的幼海马开口饵料的选择试验可以看出,如果在幼体出生后开始的 3~5 d 内投喂轮虫,而后混合投喂(轮虫+桡足类/裸腹蚤),再逐渐过渡到投喂桡足类和裸腹蚤,这种方式对幼海马前期生长是最好的。肥水育饵方法能达到这个目的(图 4),该方法在中国传统水产养殖模式上是非常有用的技术和经验,在海马的人工养殖过程中可以借鉴和应用。

选择菊花江蓠作为人工生态养殖环境的构建和调控生物(Xu *et al.* 2009)。该藻对水质的调控主要体现在对水体供氧及对水体无机营养盐的高效吸收和转化方面(徐永健等 2005、2007)。江蓠属大型海藻,可以较好地提供水体溶解氧及吸收无机污染物质,是一种很好的水质调控生物(徐永健等 2007)。本试验中,把江蓠作为水质调控生物的同时,也作为海马的缠绕物,海马优先选择野生的海生植物作为缠绕物(Faleiro *et al.* 2008),缠绕在上面进行休息(作者待发表数据)。还通过控制江蓠的密度,进行养殖水质的调控和调节水环境中的光线。江蓠丛还是培育海马天然生物饵料的理想场所(表 1),每 100 g 海藻丛中,拥有 450 多只的小型甲壳类生物,这些生物都是海马所喜欢的(Woods 2002; Teixeira *et al.* 2001),这对海马的生长及成活率的影响是非常明显的(图 3)。在本试验中,FA 与 GFA 间,海马在中、后期(60 d 后)(图 3)的生长差异表明了这点。此外,随着海马的生长,其活动逐渐从中、上层向底层转变,即其主要的活动区域发生在环境的底层,海马的食性也发生变化(作者待发表数据)。以海藻作为缠绕物及天然饵料培育场所的系统就显现出其优势,海藻丛中

饵料充足,摄食方便。而肥水培育的生物饵料,尽管有部分为底栖的,但大部分是以浮游生活为主,白昼趋光活动在水的表层,中下层活动的海马要上游才能摄食到,消耗能量影响海马生长(图3)。因此,该人工生态养殖方法和技术是可行的,该养殖系统和模式是适用的和有示范价值的。

## 参 考 文 献

- 徐永健, 韦 玮, 钱鲁闽. 2007. 菊花江蒿对陆基围隔高密度对虾养殖的污染净化与水质调控. 中国水产科学, 14(3): 430~435
- 徐永健, 钱鲁闽, 焦念志, 王永胜. 2005. 不同放养密度菊花江蒿系统对脉冲加富营养的响应. 台湾海峡, 24(2): 150~156
- Adams, M. B., Powell, M. D., and Purser, G. J. 2001. Effect of acute and chronic ammonia and nitrite exposure on oxygen consumption and growth of juvenile big bellied seahorse. J. Fish. Biol. 58(3): 848~860
- Faleiro, F., Narciso, L., and Vicente, L. 2008. Seahorse behavior and aquaculture: How to improve *Hippocampus guttulatus* husbandry and re-production? Aquaculture, 282(1-4): 33~40
- Felicio, A. K. C., Rosa, I. L., Souto, A. et al. 2006. Feeding behavior of the longsnout seahorse *Hippocampus reidi* Ginsburg, 1933. J. Ethol. 24(3): 219~225
- Foster, S. J., and Vincent, A. C. J. 2004. Life history and ecology of seahorses: implications for conservation and management. J. Fish. Biol. 65(1): 1~61
- Giwojna, P., and Giwojna, B. 1999. Seahorse breeding secrets; Part II. Ten common mistakes and how to avoid them. Freshwater and Marine Aquarium, 8~27
- Hilomen-Garcia, G. V., Delos Reyes, R., and Garcia, C. M. H. 2003. Tolerance of seahorse *Hippocampus kuda* (Bleeker) juveniles to various salinities. J. Appl. Ichthyol. 19(2): 94~98
- IUCN. 2004. 2004 IUCN red list of threatened species. [Http://www.redlist.org](http://www.redlist.org)
- Job, S. D., Do, H. H., Meeuwig, J. J. et al. 2002. Culturing the oceanic seahorse, *Hippocampus kuda*. Aquaculture, 214(1-4): 333~341
- Koldewey, J. H., and Martin-Smith, M. K. 2010. A global review of seahorse aquaculture. Aquaculture, 302(3-4): 131~152
- Lv, J. Y., Wu, J. Y., and Yang, D. W. 2001. Growth rate of *Hippocampus kuda* Bleeker under intensive culture. Journal of Fisheries of China, 8(1): 59~63
- Murugan, A., Dhanya, S., Sreepada, R. A. et al. 2009. Breeding and mass-scale rearing of three spotted seahorse, *Hippocampus trimaculatus* Leach under captive conditions. Aquaculture, 290(1-2): 87~96
- Olivotto, I., Avella, M. A., Sampaolesi, G. et al. 2008. Breeding and rearing the longsnout seahorse *Hippocampus reidi*: rearing and feeding studies. Aquaculture, 283(1-4): 92~96
- Project Seahorse. 2004. Regulating the international trade in seahorses. <http://www.seahorse.fisheries.ubc.ca/chinese/PSposition-CITES.html>
- Scarratt, A. M. 1995. Techniques for raising lined seahorses (*Hippocampus erectus*). Aquarium Frontiers, 3: 24~29
- Sheng, J. Q., Lin, Q., Chen, Q. X. et al. 2006. Effects of food, temperature and light intensity on the feeding behavior of three-spot juvenile seahorses, *Hippocampus trimaculatus* Leach. Aquaculture, 256(1-4): 596~607
- Teixeira, R. L., and Musick, J. A. 2001. Reproduction and food habits of the lined seahorse, *Hippocampus erectus* (Teleostei: Syngnathidae) of Chesapeake Bay, Virginia Rev. Bras. Biol. 61(1): 79~90
- Vincent, A. C. J. 1996. The international trade in seahorses. TRAFFIC International, Cambridge, UK
- Wong, J. M., and Benzie, J. A. H. 2003. The effects of temperature, *Artemia* enrichment, stocking density and light on the growth of juvenile seahorses, *Hippocampus whitei* (Bleeker, 1855) from Australia. Aquaculture, 228(1-4): 107~121
- Woods, C. M. C. 2003a. Growth and survival of juvenile seahorse *Hippocampus abdominalis* reared on live, frozen and artificial foods. Aquaculture, 220(1-4): 167~176
- Woods, C. M. C. 2003b. Effects of varying *Artemia* enrichment on growth and survival of juvenile seahorses, *Hippocampus abdominalis*. Aquaculture, 220(1-4): 537~548
- Woods, C. M. C. 2000a. Improving initial survival in cultured seahorses *Hippocampus abdominalis* Leeson, 1827 (Teleostei: Syngnathidae). Aquaculture, 190(3-4): 377~388
- Woods, C. M. C. 2000b. Preliminary observations on breeding and rearing the seahorses *Hippocampus abdominalis* Leeson, 1827 (Teleostei: Syngnathidae) in captivity. N. Z. J. Mar. Freshw. Res. 34(3): 475~485
- Woods, C. M. C. 2002. Natural diet of the seahorse *Hippocampus abdominalis*. N. Z. J. Mar. Freshw. Res. 36(3): 655~660
- Xu, Y. J., Lin, J. D., and Chen, S. 2010. Polyculture of the lined seahorse, *Hippocampus erectus* Perry, 1810 with two species of macroalgae in aquaria. Acta Oceanol. Sin. 29(1): 1~7
- Xu, Y. J., Wei, W., and Fang, J. G. 2009. Effects of salinity, light and temperature on growth rates of two species of *Gracilaria* (Rhodophyta). Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 27(2): 350~355