

综 述

鱼类下丘脑—垂体神经 分泌系统功能综述*

A ROUNDUP ON THE FUNCTIONS OF THE HYPOTHALAMO- HYPOPHYSIAL NEUROSECRETORY SYSTEM OF FISH

李 远 友

(湖南农学院畜牧水产系,长沙)

Li Yuanyou

(Department of Animal Sciences and Fishery, Hunan Agricultural College, Changsha)

关键词 神经分泌系统,下丘脑,垂体,鱼类

KEYWORDS neurosecretory system, hypothalamus, hypophysis, fish

鱼类的生殖是受环境影响的。感觉器官把外界环境的刺激(如温度、光照等)传送到脑,使下丘脑分泌促性腺激素释放激素(GnRH),激发脑垂体分泌促性腺激素作用于性腺并促使性腺分泌性甾类激素,以促使性腺发育成熟及排出精子和卵子^[1]。

整个生殖过程的完成,是下丘脑对脑垂体的神经调节和脑垂体对性腺的激素调节两者共同作用的结果。其中,比较复杂的是神经调节,这也是鱼类繁殖内分泌学研究的重点。这种调节作用是由“下丘脑—垂体神经分泌系统”(HNS)来完成的。对HNS的研究,国外做了较多的工作,而国内在这方面的研究则较少。近年来,作者对鲢鱼和革胡子鲶的HNS进行了研究。在此,本文就对鱼类HNS的研究动态和进展作一综述,以供参考。

一、鱼类的下丘脑—垂体神经分泌系统 鱼类的脑垂体分为神经垂体和腺垂体两部分。神经垂体主要由位于下丘脑的神经分泌细胞的轴突纤维所组成。这些神经纤维的细微分支则广泛分布于腺垂体内,因而把腺垂体和脑的基部联系起来。神经细胞的胞体在下丘脑中是成群(即以“核”的形式)存在的。一般把下丘脑中的这些神经分泌细胞及其轴突神经纤维统称为鱼类的“下丘脑—垂体神经分泌系统”(Hypothalamo-hypophysial neurosecretory system,简称HNS)。其中与鱼类的生殖活动关系比较密切的神经分泌细胞是“视前核”(Nucleus preopticus, NPO)和“侧结节核”(Nucleus lateralis tuberis, NLT)。

二、视前核 鱼类的NPO是一对于大脑和间脑交接处、视交叉的前上方、第三脑室前端两侧的神分泌细胞群,其形态随着鱼的种类不同而多种多样。根据细胞的大小,每侧NPO一般可分为后半部的大细胞部(Pars magnocellularis, PMC)和前半部的小细胞部(Pars parvocellularis, PPC)。但在光学显微镜下难以区分PMC细胞和PPC细胞是两种不同类型的细胞,还是同一种类型的细胞。

电镜观察发现,鱼类NPO细胞的显著特点是具有比较发达的粗面内质网(rough endoplasmic re-

*本文承蒙湖南师范大学刘筠教授审阅,谨此致谢。

收稿年月:1989年10月;1990年5月修改。

ticulus, 缩写 rough ER) 及较多的分泌颗粒, 且 rough ER 常呈环行排列的特征, 分布于细胞的一极^[50]。不同鱼类的 NPO 细胞的分泌颗粒不尽相同, 同一分泌细胞中常有不同种类的分泌颗粒。rough ER 的分布特性及分泌颗粒的大小和特点, 是区分 NPO 细胞类型的主要依据。在革胡子鲶 (*Clarias lazera*)^[11] 及拟鲤 (*Leuciscus rutilus*)、欧洲鳗鲡 (*Anguilla anguilla*) 等鱼类的 NPO 中, 发现有两种类型的 NPO 细胞^[11, 20, 50, 54]; 而在罗非鱼 (*Tilapia mossambica*)、鲑鱼 (*Gadus morrhua*)、虹鳟 (*Salmo irideus*)、锦鲤 (*Zoarces viviparus*) 等鱼类的 NPO 中, 只发现一种类型的分泌细胞^[6, 27, 28, 34]。

Sathyanesan and Jose (1973) 在 *Nangra punctata* (Day) 的 NPO 组织学结构中观察到, 有的 NPO 细胞与邻近细胞体或其轴突有接触。Vigh-Teichmann 等 (1976) 对六种真骨鱼的 NPO 进行电镜观察, 发现 NPO 细胞间存在有“轴—体” (axo-somatic)、“轴—树” (axo-dendritic) 肽能突触。Palay (1960) 在鲫鱼 (*Carassius auratus*) 及作者在革胡子鲶的电镜观察中, 虽看到了有的 NPO 细胞靠得很近, 但并没有观察到有突触联系。以上情况表明, NPO 细胞的分泌活动除受其它因素影响外, 可能细胞之间还有相互影响和协调的作用, 这在不同的鱼类中又存在差异性。

三、侧结节核 对鱼类 NLT 的结构的研究不如对 NPO 的结构研究得那么多和清楚。这除了与 NLT 的组成的复杂性有关系外, 还与至今还没有发明一种能特异性地显示 NLT 及其细胞的轴突神经分泌纤维 (neurosecretory fibres, NF) 的方法有关。用于显示 NPO 及其 NF 的方法 [如醛复红 (aldehyde fuchsin, AF) 法] 对显示 NLT 的效果在不同的鱼类中不同^[49]。有些鱼的 NLT 是 AF 阳性的, 如新月鱼 (*Platyrrhina maculatus*)、鲫鱼、厚唇鲃 (*Catla catla*) 等; 而须鲃鱼 (*Puntius sophore*) 的 NLT 细胞被 AF 不同程度地染上色; 革胡子鲶和鲢鱼 (*Hypophthalmichthys molitrix*) 以及鳊鱼 (*Tinca vulgaris*)、塘胡子鲶 (*Clarias batrachus*) 等鱼的 NLT 是 AF 阴性的。印度野鲮^[21] (*Labeo rohita*) 的 NLT 的腹侧正中部分是 AF 阳性的, 但其头侧部分是 AF 阴性的。

不同种类的鱼, 其 NLT 的细胞组成和区域性分布是不同的。鲢鱼^[2]、鲫鱼^[40]和拟鲤^[45]的 NLT 可以分为四个部分: 花鲢 (*Poecilia latipinna*) 的 NLT 可分为六个部分; 革胡子鲶的 NLT 比较简单, 没有明显的分部现象。电镜观察的结果, 虹鳟、革胡子鲶的 NLT 只有一种类型的细胞; 罗非鱼、鲮鱼 (*Cirrhinus mrigala*)、鰕虎鱼 (*Gillichthys mirabilis*) 的 NLT 有两种细胞^[8, 82, 86]; 而花鲢、拟鲤的 NLT 有四类细胞^[7, 11]; 鲫鱼的 NLT 有三类细胞^[40]。NLT 的复杂程度不同, 可能与其在相应的鱼类中的生殖过程中的作用大小有关。

四、鱼类脑垂体中的神经分泌纤维的种类及其来源 鱼类脑垂体中的神经分泌纤维即是下丘脑中的神经分泌细胞的轴突纤维的终末部分。一般来说, 根据 NF 中的分泌颗粒的大小和其它超微结构的特点, 鱼类脑垂体中存在两种基本类型的 NF: 一种是含有直径为 60-100nm 的致密心颗粒 (Dense-core granules, DCG) 的胺能 B 型 NF; 另一种是含有直径为 100-200nm 的基本神经分泌颗粒 (Elementary neurosecretory granules, ENG) 的肽能 A 型 NF (Knowles and Vollrath, 1966a, 1966b)。除此之外, 一些研究者在不同的鱼类中还发现有其它类型的 NF 或上述 NF 的亚型。Batten and Ball (1977) 在花鲢的神经垂体 (neurohypophysis, NH) 中, 除发现一种 B 型和五种 A 型 NF 外, 还发现一种非颗粒性的 C 型 NF。作者在鲢鱼和革胡子鲶的脑垂体中, 除发现有两种基本类型的 NF 外, 还发现有颗粒直径大于 200nm 的 A 型 NF。此外, 在鲢鱼的 NH 中也发现有 C 型 NF。因此, C 型 NF 可能是鱼类脑垂体中的一类基本 NF, 但对这种 NF 的来源与性质目前还未见报导。

鱼类脑垂体中的 B 型 NF 是胺能性质的, 已在鰕虎鱼、拟鲤、鳗鲡等许多鱼类中得到了证明^[9, 12, 15, 20, 57, 59]。通过比较 B 型 NF 中和 NLT 细胞中的分泌颗粒在大小和结构上的特点, 一般认为 B 型 NF 来源

(1) 李远友, 1989. 革胡子鲶和鲢鱼的下丘脑-垂体神经分泌系统的组织学和超微结构的研究。湖南师大硕士学位论文。

(2) 同“脚注”(1)。

于 NLT (Bern 等, 1974; Knowles and Vollrath, 1966b; Zambrano, 1970b)。Bern 等(1974)在罗非鱼中显示出了 NLT 的轴突 NF 进入脑垂体中。Zambrano (1970a) 用荧光技术证明了鰕虎鱼的 NLT 神经元中存在儿茶酚胺。上述两个实验, 就从结构上和性质上证明了 NLT 细胞是脑垂体中 B 型胺能 NF 的来源。但是, 一些研究者在其它一些鱼类的 NLT 细胞中并没有检查出单胺的存在 (Ekengren, 1973, 1975a; Honma and Honma, 1970)。这可能反映了 NLT 细胞中只存在低水平的胺, 这与 NLT 细胞中只存在很少量的 DCG 是一致的 (Batten 等, 1979)。

此外, 一些学者用荧光组织化学方法在花鳞、拟鲤、杜父鱼 (*Myoxocephalus scorpius*) 等许多鱼类的前脑, 特别是在其围脑室器官 (Paraventricular Organ, PVO) 也检测到了胺能荧光^[7, 12, 55, 17, 36, 53], 他们有的还显示出了荧光通路由 PVO 发出并通向脑垂体。Fryer 等(1985) 对鲫鱼进行了详细的研究, 证明 PVO 是脑垂体传入神经的一个来源, 并认为 PVO 是真骨鱼脑垂体中儿茶酚胺能神经分布的一个来源。

鱼类脑垂体中的 A 型 NF 来源于 NPO, 这是学者们比较一致的看法。从对花鳞^[6]、欧洲鳗鲡^[30]及革胡子鲶的研究结果来看, 这些鱼类的 NPO 细胞中的分泌颗粒与其 NH 中的某些 A 型 NF 末梢中的 ENG, 在大小和形态结构上有基本一致的关系。大量的组织学工作显示了许多鱼类有明显而多样的、由 NPO 的轴突纤维组成并通向脑垂体的“视前——垂体束”(Preoptico-hypophysial tract, PHT)。这些 PHT 是形成 NH 的主要部分。鱼类的 NPO 存在一种或两种类型的分泌细胞, 细胞中存在一种或多种类型的分泌颗粒。所有这些特性是与鱼类脑垂体中 A 型 NF 的多样性有联系的。

五、视前核及侧结节核与鱼类生殖的关系 免疫细胞化学的研究结果已经证明, 鱼类的下丘脑含有 GnRH 的生物活性 (King and Millar, 1980)。下丘脑对腺垂体分泌活动的控制是非常复杂的。一些研究结果显示, 硬骨鱼类的 NPO 和 NLT 是两个主要的垂体促性腺区, 是 GnRH 来源的主要部位 (潘家秀等, 1979; Munz 等, 1981; Peter, 1982; Peter and Crim, 1978)。它们也分别是脑垂体中的 A 型胺能 NF 和 B 型胺能 NF 的主要来源 (Terlou and Ekengren, 1979; Zambrano, 1970b, 1971)。Peter and Paulencu (1980) 的损伤实验表明, 金鱼视前区的腹部是促性腺激素释放的抑制因素 (GRIF) 的可能来源部位。此外, Batten 等(1979)认为, NLT 可能通过产生特殊的释放和抑制激素, 或者以某种方式调节从此处经过的 NPO 和 PVO 的 NF 的活动而发挥作用。

但是, NPO 和 NLT 在鱼类的生殖周期中的具体作用, 至今还没有完全弄清楚。从研究者们对鲑鱼 (*Salvelinus fontinalis*)、青鲈 (*Qryzias latipes*)、底鲈 (*Fundulus heteroclitus*) 等许多鱼^[10, 22, 31, 32, 43, 44, 46, 51]的“下丘脑——垂体——性腺”系统的相关周期性变化的研究结果显示: NLT 与垂体的促性腺活动, 即与性腺的成熟、配子的形成关系比较密切; 而 NPO 有促进垂体的促性腺活动的作用, 但主要是与控制产卵关系密切。从作者对革胡子鲶及鲑鱼的研究结果来看, 似乎革胡子鲶的生殖主要与 NPO 有关, 而鲑鱼的 NLT 很可能在生殖活动中也起着重要的作用。

六、鱼类神经分泌物的运输与释放 鱼类下丘脑神经激素影响腺垂体的功能已经是大家一致公认的事实。真骨鱼类下丘脑因子到达腺垂体, 除直接由神经分泌细胞的轴突传送外 (Zambrano, 1970b), 另一个可能的运输途径是垂体门脉血管系统 (Peter, 1973; Sathyanesan, 1971)。此外, Batten 等(1979)认为, 这个运输作用也可以通过特殊的室管膜细胞来完成, 即细胞从脑脊液中吸收物质, 沿其长的突起运输到终止于血管上的末端, 进一步释放。

较早期的研究者认为, 真骨鱼类中不存在垂体门脉系统 (Perks, 1969)。但后来的一些研究结果表明, 在一些真骨鱼类中也存在有四足动物类型的垂体门脉系统 (Jose and Sathyanesan, 1977; Singh and Haider, 1977)。并且在漏斗基部有由下丘脑动脉产生的许多血管分支形成的初级毛细血管网, 又有丰富的神经分泌轴突网, 还有 NLT 及室管膜成分等, 因此他们认为在这些真骨鱼的漏斗基部, 有一个四足动物类型的正中隆起。在此处可能有神经分泌激素直接从 NF 进入血管, 通过血管进一步运输到腺垂体。他们也发现, 在前 NH 处, 有由门脉血管形成的次级毛细血管网, 也有由垂体动脉产生的初级纵向

毛细血管系统。因此,他们认为前 NH 及其与腺垂体的界面也是一个正中隆起结构,并称之为真骨鱼类型的正中隆起。在此处,也可能有神经激素从轴突末梢直接进入血管中。

腺垂体内分泌细胞直接受 NF 支配,这是鱼类特有的现象。不同种类的鱼,其 NF 末梢和腺垂体内分泌细胞有或多或少的直接接触(Bage *et al.*, 1974a, 1974b, 1975; Kaul and Vollrath, 1974; Zambrano, 1979b)。它们有的相互形成突触或直接靠近,有的仅隔一层基膜(the basement membrane, BM)或血管间通道(the intervascular channel)。但在大多数的鱼类中, B 型 NF 与促性腺激素(GtH)分泌细胞有突触联系。因此,神经激素的释放形式是多种多样的:它们可以通过突触传递进入腺垂体内分泌细胞,或从 NF 末梢直接释放到细胞周围;也可直接从轴突末梢进入血管中;还可通过突触或胞吐作用进入“基膜——血管间通道系统”(BM-intervascular channel system)中,进一步到达腺垂体内分泌细胞(Batten and Ball, 1977; Ekengren *et al.*, 1978; Fridberg and Ekengren, 1977)。作者对鲢鱼和革胡子鲶的电镜观察发现,这两种鱼的脑垂体中基膜系统较发达,广泛伸入 NH 和腺垂体中。并在鲢鱼中观察到有的 NF 的末梢以胞吐方式排出含有清亮小泡的分泌泡。从 NF 末梢以胞吐方式向基膜系统或细胞周围进行神经分泌可能是某些鱼类的一种基本的神经激素释放方式。这和 Douglas (1974) 及 Mason and Bern (1977) 在哺乳类中报导的神经分泌物在轴突末梢的分泌方式是相似的。此外, Samuels 等(1968)对拟鲤、Rai(1973)对结鱼(*Tor tor*)及作者对鲢鱼的形态学研究结果显示, NLT 有可能直接向第三脑室释放其神经分泌物。

参 考 文 献

- [1] 林浩然, 1981. 关于硬骨鱼类生殖内分泌学的研究. 水生生物学集刊, 7(3): 425—432.
- [2] 潘家秀等, 1979. 鲤(*Cyprinus carpio*) 促性腺激素释放激素分泌核群的酶免疫细胞学定位. 实验生物学报, 12(4): 305—310.
- [3] Bage G. *et al.*, 1974a. The Pituitary gland of the roach *Leuciscus rutilus*. I. The rostral pars distalis and its innervation. *Acta Zool.*, 55: 25—45.
- [4] —, 1974b. The pituitary gland of the roach *Leuciscus rutilus*. II. The proximal pars distalis and its innervation. *Acta Zool.*, 55: 191—204.
- [5] —, 1975. The pituitary gland of the roach *Leuciscus rutilus*. III. The pars intermedia and its innervation. *Acta Zool.*, 56: 43—60.
- [6] Batten, T. F. C. & J. N., Ball, 1977. Ultrastructure of the neurohypophysis of the teleost *Poecilia latipinna* in relation to neural control of the adenohypophysial cells. *Cell Tissue Res.*, 185: 409—433.
- [7] Batten, T. F. C. *et al.*, 1979. Ultrastructure and formaldehyde-fluorescence studies on the hypothalamus of *Poecilia latipinna*. *Gen. Comp. Endocr.*, 39: 87—109.
- [8] Bern, H. A. *et al.*, 1974. The relationship between nerve fibres and adenohypophysial cell types in the cichlid teleost *Tilapia mossambica*. *Rech. Biol. Contemp.*, 179—194.
- [9] —, 1971. Comparison of the pituitary of two euryhaline teleost fishes, *Gillichthys mirabilis* and *Tilapia mossambica*, with special reference to the origin and nature of type “B” fibres. *Mem. Soc. Endocr.*, 19: 817—822.
- [10] Billenstien, D. C., 1962. The seasonal secretory cycle of the nucleus lateralis tuberis of the hypothalamus and its relation to reproduction in the the eastern brook trout, *Salvelinus fontinalis*. *Gen. Comp. Endocr.*, 2: 111—112.
- [11] Ekengren, B., 1973. The nucleus preopticus and the nucleus lateralis tuberis in the roach, *Leuciscus rutilus*. *Z. Zellforsch. Mikrosk. Anat.*, 140: 369—388.
- [12] —, 1975a. The aminergic innervation of the pituitary gland in the roach *Leuciscus rutilus*. *Cell Tissue Res.*, 158: 169—175.
- [13] —, 1975b. Aminergic nuclei in the hypothalamus of the roach *Leuciscus rutilus*. *Cell Tissue Res.*, 159: 493—502.

- [14] Ekengren, B. *et al.*, 1978. Hypothalamic centers and innervation of the hypophysis in the Atlantic Salmo (*Salmo salar*) and the rainbow (*Salmo gairdneri*). *Ann. Biol. Anim. Biochem. Biophys.*, **18**: 837-842.
- [15] Fremberg, M. & P. Menrling, 1975. Catecholamine fluorescence in the pituitary of the eel, *Anguilla anguilla*, with special reference to its variation during background adaption. *Cell Tissue Res.*, **157**: 53-72.
- [16] Fridberg, G. & B. Ekengren, 1977. The vascularization and the neuroendocrine pathways of the pituitary gland in the Atlantic salmo, *Salmo salar*. *Can. J. Zool.*, **55**:1284-1286.
- [17] Fremberg, M. *et al.*, 1977. Formaldehyde-induced fluorescence in the telencephalon and dien-cephalon of the eel (*Anguilla anguilla*). *Cell Tissue Res.*, **176**: 1-22.
- [18] Fryer, J. N. *et al.*, 1985. Pituitary afferents originating in the Paraventricular Organ (PVO) of the goldfish hypothalamus. *J. Comp. Neurology.*, **242**: 475-484.
- [19] Honma, S. & Y. Honma, 1970. Histochemical demonstration of monoamines in the hypothalamus of the lampreys and ice-goby. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **36**: 125-134.
- [20] Iturriza, F. C., 1967. Monoamines in the neuro-intermediate lobe of the pituitary of the Argentinian eel. *Naturwissenschaften*, **54**: 565-572
- [21] Jose, T. M. & A. G. Sathyanesan, 1977. Hypothalamo-hypophysial neurosecretory and vascular system of the teleost *Labeo rohita*. *Anat. Anz.*, **142**: 424-434.
- [22] Kasuga, S. & H. Takahashi, 1971. The preoptico-hypophysial neuro-secretory system of the medaka, *Oryzias latipes*, and its changes in relation to the annual reproductive cycle under natural conditions. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **21**: 256-268.
- [23] Kaul, S. & L. Vollrath, 1974. The goldfish pituitary. II. Innervation. *Cell Tissue Res.*, **154**: 231-249.
- [24] King, I. A. & R. P. Millar, 1980. Comparative aspects of Luteinizing hormone-releasing hormone structure and function in vertebrate phylogeny. *Endocrinology*, **106**: 707-717.
- [25] Knowles, F. & L. Vollrath, 1966a. Neurosecretory innervation of the pituitary of the eel *Anguilla* and *Conger*. I. The structure and ultrastructure of the neuro-intermediate lobe under normal and experimental conditions. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B: Biol. Sci.*, **250**: 811-827.
- [26] Knowles, F. & L. Vollrath, 1966b. Neurosecretory innervation of the pituitary of the eel *Anguilla* and *Conger*. II. The structure and innervation of the pars distalis at different stages of the life-cycle. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. Biol. Sci.*, **250**: 829-842.
- [27] Lederis, K., 1962. Ultrastructure of the hypothalamo-neurohypophysial system in teleost fishes and isolation of hormone-containing granules from the neurohypophysis of the cod (*Gadus morhua*). *Z. Zellforsch.*, **58**:192-213
- [28] —, 1964. Fine structure and hormone content of the hypothalamo-neurohypophysial system of the rainbow trout (*Salmo irideus*) exposed to sea water. *Gen. Comp. Endocr.*, **4**: 638-661.
- [29] Leatherland, J. F. & J. M. Dodd, 1967. Types of secretory neurons in the pre-opticonucleus of the European eel, *Anguilla anguilla* L. *Nature (Lond.)*, **216**: 586-587.
- [30] —, 1969. Histology and fine structure of the preoptic nucleus and hypothalamic tracts of the European eel *Anguilla anguilla*. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B: Biol. Sci.*, **256**: 135-145.
- [31] Macey, M. J. *et al.*, 1974. Forebrain localization of the spawning reflex response to exogenous neurohypophysial hormones in Killifish, *Fundulus heteroclitus*. *J. Exp. Zool.*, **190**: 269-280.
- [32] Moitra, S. K. & B. C. Medya, 1980. Morpho-nistology of the hypothalamo-neurohypophysial system in relation to Gonadal Maturation in *Cirrhinus mrigala*, a Freshwater Indian Carp. *Anat. Anz., Jena* **148**:409-421.
- [33] Munz, H. *et al.*, 1981. LR-RH systems in the brain of platyfish. *Brain Res.*, **221**: 1-13
- [34] Oztan, N., 1966. The structure of the hypothalamic neurosecretory cells of *Zoarcetes viviparus* L. under the conditions of constant dark and light during the reproductive period. *Z. Zellforsch. Mikrosk. Anat.*, **76**: 66-82.

- [35] Play, S. L., 1960. The fin structure of secretory neurons in the preoptic nucleus of the goldfish (*Carassius auratus*). *Anat. Rec.*, **138**: 417-443.
- [36] Parent, A. et al., 1978. The organization of monoamine-containing neurons in the brain of the sunfish (*Lepomis gibbosus*) as revealed by fluorescence microscopy. *J. Comp. Neurol.*, **182**: 495-516.
- [37] Perks, A. M., 1969. The neurohypophysis. In W. S. Hoar and D. J. Randall (eds.), *Fish physiology*, Vol. 2, pp. 111-205. Academic Press, New York.
- [38] Peter, R. E., 1973. Neuroendocrinology of teleosts. *Amer. Zool.*, **13**: 743-755.
- [39] —, 1982. Neuroendocrine control of reproduction in teleosts. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **39**: 48-55.
- [40] Peter, R. E. & Y. Naganama, 1976. A light and electron microscopic study of the structure of the nucleus preopticus and nucleus lateralis tuberis of the goldfish, *C. auratus*. *C. J. Zool.*, **54**: 1423-1437.
- [41] Peter, R. E. & L. W. Crim, 1978. Hypothalamic Lesions of goldfish: Effects on gonadal recrudescence and gonadotropin secretion. *Ann. Biol. Anim. Biochem. Biophys.*, **18**: 819-823.
- [42] Peter, R. E. & C. R. Paulencu, 1980. Involvement of the preoptic region in gonadotropin release-inhibition in goldfish, *C. auratus*. *Neuroendocrinology*, **31**: 133-141.
- [43] Prakash, M. M. et al., 1984. Correlative cyclical change in the Hypothalamo-hypophysial-gonadal system in *Notopterus chitala*. *Z. mikrosk. -anat. Forsch., Leipzig* **98**(2):225-240.
- [44] Rai, B. P., 1973. On the neurosecretory centres in the hypothalamus and their relationship in reproduction in *Tor tor*. *Acta Anat.*, **85**: 429-433.
- [45] Samuelsson, B. et al., 1988. Light microscopic studies on the nucleus tuberalis and the pituitary of the Roach, *Leuciscus rutilus* with reference to the nucleus-pituitary relationship. *Acta Zool.*, Bd. XLIX: 1-13.
- [46] Saksena, D. N., 1976. The hypothalamo-neurohypophysial system and its physiological relation to the reproductive cycle of Indian fresh water Goby, *Glossogobius giuris*. *Acta Physiol.*, **76** (6): 539-548.
- [47] Sathyanesan, A. G., 1971. Structure of the hypothalamus of the fresh-water teleost *Clarias batrachus*. *Z. mikrosk. -anat. Forsch.* **84**: 429-443.
- [48] Sathyanesan, A. G. & T. Maijose, 1973. Structure of the preoptico-neurohypophysial complex of the teleost *Nangra punctata* (Day.). *Anat. Anz.*, **134**: 230-238.
- [49] Sathyanesan, A. G. et al., 1973. Hypothalamic neurosecretory system of the teleost *Puntius sophore*. *Anat. Anz. Bd.* **133**: 59-67.
- [50] Singh, I. J. & S. Haider, 1977. Hypothalamo-hypophysial neurosecretory system of teleost *Trichogaster fasciatus* with a note on its vascularization. *Z. mikrosk. -anat. Forsch., Leipzig* **91**(3): 509-520.
- [51] Sokol, H. W., 1961. Cytological changes in the teleost pituitary gland associated with the reproductive cycle. *J. Morphol.*, **109**: 219-235.
- [52] Terlou, M. & B. Ekengren, 1979. Nucleus preopticus and nucleus lateralis tuberis of *Salmo salar* and *S. gairdneri*: structure and relationship to the hypophysis. *Cell Tissue Res.*, **197**: 1-21.
- [53] Terlou, M. et al., 1973. Localization of monoamines in the forebrain of two salmonid species, with special reference to the hypothalamo-hypophysial system. *Cell Tissue Res.*, **190**: 417-434.
- [54] Vigh-Teichmann, I. et al., 1976. Cerebrospinal fluid-contacting neurons, ciliated perikarya and peptidergic synapses in the magnocellular preoptic nucleus of teleostean fishes. *Cell Tissue Res.* **185**: 397-413.
- [55] Watson, A. D. H., 1980. The distribution of aminergic neurons and their projections in the brain of the teleost, *Myoxocephalus scorpius*. *Cell Tissue Res.*, **208**: 299-312.
- [56] Zambrano, D., 1970a. The nucleus lateralis tuberis system of the gobiid fish *Gillichthys mirabilis*. I. Ultrastructural and histochemical characterization of the nucleus. *Z. Zellforsch. Mikrosk. Anat.*, **110**: 9-26.
- [57] —, 1970b. The nucleus lateralis tuberis system of the gobiid fish *Gillichthys mirabilis*. II. Inner

vation of the pituitary *Z. Zellforsch. mikrosk. Anat.* 110: 496-516.

- [58] —, 1971 The nucleus lateralis tuberis system of the gobiid fish *Giltichthys mirabilis*. III. Functional modification of the neurons and gonadotropic cells. *Gen. Comp. Endocr.*, 17: 164-182.
- [59] —, 1972. Innervation of the pituitary. *Gen. Comp. Endocr.*, Suppl. 9: 22-31.

欢迎订阅《科学养鱼》杂志, 欢迎加入《水产信息网》

《科学养鱼》由中国水产学会主办, 是我国唯一的一本综合性水产科普刊物。她面向全国, 面向生产, 以刊登海淡水水产实用养殖技术和信息为主, 辟有致富向导、技术和方法、名特优水产和鱼病防治等栏目, 详细而系统地向您介绍先进的水产养殖技术。本刊为双月刊, 每逢单月 5 日出版发行, 国内统一刊号: CN32—1131; 邮发代号: 28—154; 每期定价: 0.90 元; 全年 5.40 元。在全国各地邮局均可订阅, 也可随时向编辑部直接办理邮购。

《水产信息网》由中国水产学会科普工作委员会和《科学养鱼》编辑部主办, 旨在向全国水产基层单位和养鱼专业户提供最新水产信息, 沟通销售渠道, 促进水产科技发展, 使您身在池塘边, 心知天下事。参加《水产信息网》每年须交纳入网费 30 元, 网员可享受下述权利: (1) 发给《水产信息网》网员证; (2) 每月获得一期实用性很强的“水产信息网快讯”; (3) 能免费获得本网的技术咨询和信息服务; (4) 能在快讯上为您免费刊登供求告示。为满足广大群众对信息的需求我们也可单独提供快讯和咨询服务, 全年收费 6 元。

现在开始征订 1991 年度《科学养鱼》杂志, 招收 1991 年度《水产信息网》网员, 欢迎订阅, 欢迎参加。

地址: 江苏省无锡市宝界桥科学养鱼编辑部

主编: 蔡仁远 广告负责人: 戈贤平

发行联系人: 陈菲 邮政编码: 214081