

硬骨鱼类胚胎和胚后发育阶段的免疫机制*

IMMUNOMECHANISM OF TELEOSTS DURING EMBRYONIC AND EARLY POSTEMBRYONIC DEVELOPMENTS

钟明超 林浩然

(中山大学生物系, 广州 510275)

Zhong Mingchao Lin Haoran

(Department of Biology, Zhongshan University, Guangzhou 510275)

关键词 免疫力, 胚胎发育, 胚后发育, 硬骨鱼类

KEYWORDS Immunity, Embryonic development, Postembryonic development, Teleosts

前 言

在硬骨鱼类胚胎发育和早期胚后发育(从前期仔鱼经仔鱼、稚鱼到幼鱼)阶段, 其自身免疫系统尚未发育或未发育完善。多数硬骨鱼类又为卵生, 其胚胎发育和胚后发育均在水中完成, 随时均可受到水中病原微生物的侵袭。因此, 在硬骨鱼类胚胎发育和早期胚后发育阶段如何抵御水中病原微生物的侵袭是关系到鱼类能否存活并顺利发育的关键问题。

与鱼类相比, 高等脊椎动物免疫系统要进化得多。但在个体发育上, 其免疫系统的发育和功能的完善仍在胚胎发育后期甚至在胚胎发育完成后一段时间才能完成。在此之前, 胚胎依赖于母体来源的免疫力而受到免疫保护。例如, 人的免疫球蛋白 G(immunoglobulin G, IgG)在胚胎期可通过卵黄囊和脐带传递给胚胎, 在分娩后还可通过母乳经婴儿肠道吸收而传给后代^[22]。在鸟类卵黄中也有大量母源性 IgG, 其含量甚至超过母体血清中 IgG 的含量^[19]。

收稿日期: 1995-08-14。

* 本文的完成得到国家自然科学基金(39400015)、广东省博士后科研基金和中国博士后科研基金的资助。

目前,越来越多的证据表明,在鱼类卵母细胞或胚胎中存在凝集素(lectin)、溶菌酶和IgM。由于卵母细胞、受精卵和胚胎均不可能合成凝集素、溶菌酶或IgM,它们被认为是来源于母体的自然免疫物质,在硬骨鱼类胚胎发育和早期胚后发育中可能起着重要的免疫保护作用。

自身免疫系统的发育

由于物种、产卵环境和孵化环境(尤其是水温)的差异,不同鱼类的胚胎发育时间和胚胎孵化出膜时其淋巴样器官的发育状况均有较大差异。但总的来说,淋巴样器官的发育是相当迟的,其发育完成一般要到幼鱼期以后,而免疫功能的完善则更迟。对鲑(*Salmo solar*)^[8]、虹鳟(*Salmo gairdneri*)^[12]、鲤(*Cyprinus carpio*)^[6]、一种南极鳕鱼(*Harpagifer antarcticus*)^[25]和鲇(*Silurus asotus*)^[2]淋巴样器官发育的研究充分说明了这一点。其中鲇鱼在水温22℃左右经36小时即孵化,出膜时无胸腺和脾原基,头肾和肾区域只有生肾组织;淋巴样器官原基在仔鱼期出现,在稚鱼期发育很快,到出膜28天淋巴样器官才基本发育成熟^[2]。鲑和虹鳟在胚胎期即出现胸腺原基,但其胚胎期很长,分别为111天(4-7℃)和15天(14℃)^[8,12]。鲤鱼孵化水温与鲇相似,其出现淋巴样器官原基所需时间与鲇相近。

Ellis^[8]以荧光标记技术观察到鲑在出膜45天才在淋巴样器官出现IgM⁺细胞。Razquin等^[26]用免疫酶标技术发现,虹鳟出膜4-5天(水温14±1℃)后在肾中出现IgM⁺细胞,脾和胸腺在出膜30天后才出现IgM⁺细胞。需指出的是,这些IgM⁺细胞只是前B细胞或B细胞,它们的出现并不意味着鱼体已能分泌抗体;它们需经进一步增殖、分化后才能成熟为可分泌抗体的浆细胞。

与成鱼相比,幼鱼期血清IgM含量很低。Fuda等^[10]以辐射免疫扩散法测定了大麻哈鱼(*Oncorhynchus masou*)出膜88天至235天血清IgM的水平,出膜88天血清IgM为46.5μg/ml,至235天血清IgM含量仍低于100μg/ml。Nagae等^[24]以高灵敏度的酶联免疫吸附测定法分析了大麻哈鱼(*Oncorhynchus keta*)出膜20天至70天血清IgM的含量变化,发现血清IgM含量从出膜20天至40天一直很低,在0.3μg/ml以下,之后开始上升,至出膜60天超过20μg/ml。在*O. keta*出膜20至40天之间测到的微量IgM应是母体来源的。

鲤鱼同种异体的皮肤移植实验表明,出膜16天的幼鱼开始出现移植排斥反应,之后逐渐增强^[6]。这说明出膜16天的幼鲤,其由T细胞介导的对“非我”物质的识别的排斥机制才初步形成。

目前缺乏关于鱼类巨噬细胞早期发生的资料。巨噬细胞应归于单核巨噬细胞系统,属非特异免疫系统,在进化上先于体液免疫系统,因此在个体发生上亦应较早。现有资料也表明出膜4天的虹鳟已分化形成了具有清除异物功能的巨噬细胞。Tatner和Manning^[28]给出膜4天的虹鳟注射墨汁后,随即在皮下、肠和鳃等处的结缔组织观察到吞噬有碳粒的巨噬细胞。

母源非特异性免疫物质

(一)凝集素

凝集素是一种非免疫原性糖蛋白,能凝集细胞或沉淀其它糖蛋白,在无脊椎动物和脊椎动物都普遍存在,并被认为是一种非特异性的免疫物质^[9,18]。在硬骨鱼类血清、皮肤粘液和卵中均有凝集素存在。硬骨鱼类卵中的凝集素一般均能凝集人 B 型红细胞和兔红细胞,这种凝集效应可被单价糖所抑制。有的硬骨鱼类卵中的凝集素已得到分离纯化,表 1 列举了部分硬骨鱼类卵中凝集素的分子量和凝集性能。

表 1 几种鱼类卵中的凝集素的分子量(千道尔顿)和凝集性能的比较

Table 1 Comparisson on molecular weights(Kilodalton) and agglutinating properties of roe lectins from teleosts

物 种 Species	分子量 Molecular weight	红 血 细 胞 Red blood cell		肿 瘤 细 胞 Tumor cell		文 献 Referrece
		人 B 型 Human B	兔 rabbit	AH109A	S180	
<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	122	+	+	NT	NT	[29]
<i>Oncorhynchus keta</i>	22	-	+	NT	NT	[20]
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NT	+	+	NT	NT	[4]
<i>Leuciscus hakonensis</i>	25	+	+	+	+	[14]
<i>Silurus asotus</i>	33-38	+	+	-	+	[15]
<i>Osmerus eperlanus mordax</i>	25, 32, 26	+	+	-	+	[16]
<i>Plecoglossus altivelis</i>	36	-	+	NT	NT	[7]
<i>Cyprinus carpio</i>	NT	+	+	+	-	[17]
<i>Carassius auratus</i>	NT	+	+	-	+	[17]

注: + :有凝集反应; - :无凝集反应; NT:未测定。

Note: + :agglutination observed; - :agglutination not observed; NT: not tested.

关于鱼类卵中凝集素的功能,据推测与调节碳水化合物代谢、阻止多精入卵、形成受精膜、促进受精卵的有丝分裂、调理病原体以及杀菌等有关^[4,29]。我们感兴趣的是它是否具有杀菌作用,是否能保护胚胎免受病原菌的侵袭。

Voss 等^[29]发现从大麻哈鱼(*O. tshawytscha*)卵中纯化到的凝集素可抑制鱼类病原性细菌的生长:150 μ g/ml 的浓度可完全抑制鳃弧菌(*Vibrio anguillarum*)的生长,0.5mg/ml 的浓度可抑制嗜水产气单胞菌(*Aeromonas hydrophilla*)的生长达 77%、抑制鲁氏耶尔森菌(*Yersinia ruckeri*)的生长达 76%、抑制迟缓爱德华菌(*Edwardsiella tarda*)的生长达 36%。Kamiya 等^[20]报道大麻哈鱼(*O. keta*)卵的匀浆液不能凝集鳃弧菌;而纯化的凝集素(154 μ g/ml)可凝集鳃弧菌但不能凝集假单胞菌(*Pseudomonas spp.*),但不抑制鳃弧菌的生长。Yousif 等^[33,34]发现 *O. kisutch* 卵匀浆液可凝集灭鲑产气单胞菌(*Aeromonas salmonicida*),但不凝集嗜水产气单胞菌、鳃弧菌、海鱼病弧菌(*V. ordaili*)和鲑肾细菌(*Renibacterium*

salmoninarum)。Yousif 等^[34]认为 *O. kisutch* 卵中的凝集素不具备杀菌作用。

需指出的是,以卵匀浆液或纯化凝集素在体外测定其抑菌或杀菌作用与其在胚胎活体的情况可能有较大的差别。这尚需实验验证。

(二) 溶菌酶

Yousif 等^[31]首次从 *Oncorhynchus kisutch* 鱼卵中分离纯化到溶菌酶,其分子量为 1.45 万,在卵中含量高达 1 900 μg/ml,在 *O. tshawytscha* 和 *O. mykiss* 卵中的含量分别为 1 900 和 1 850 μg/ml。离体实验表明,以 1 900 μg/ml 的溶菌酶溶液孵育 90 分钟不能杀死鲑肾细菌,而 700 μg/ml 的溶菌酶溶液能迅速杀死嗜水产气单胞菌、灭鲑产气单胞菌和鱼乳杆菌 (*Carnobacterium piscicola*, 即 *Lactobacillus piscicola*)^[32]。Yousif 等认为鲑肾细菌对溶菌酶的高抵抗力使它能从亲鱼进入卵母细胞进而在以后的发育过程中感染后代。

关于卵中如此高浓度的溶菌酶的来源尚不清楚。Yousif 等^[31]推测是由含溶菌酶丰富的组织如肾合成后经由血液输送到发育中的卵母细胞的。

母源特异性免疫物质——IgM

硬骨鱼类只有一种 Ig, 即 IgM。硬骨鱼类 IgM 是四聚体,与哺乳动物和某些软骨鱼类的五聚体 IgM 不同^[1]。硬骨鱼类 IgM 每个单体均由两条重链和两条轻链组成,其分子量随物种不同而有差异,一般在 70—90 万道尔顿之间。在血液中也检测到分子量较低的单体或二聚体 IgM。

硬骨鱼类卵中存在 IgM 是通过抗原抗体反应而发现的。传染性胰坏死病毒(infectious pancreatic necrosis virus, IPN)可感染溪红点鲑(*Salvelinus fontinalis*),并可从亲鱼进入卵胶膜之内,在胚胎发育过程中危害胚胎。Wolf 等^[30]在一批溪红点鲑卵母细胞匀浆液中检测到 IPN,但在其中 3 尾卵母细胞匀浆液中 IPN 极少并检测到抗 IPN 抗体。Bly 等^[5]以兔红细胞免疫鳊鱼(*Pleuronectes platessa*)后,从卵巢卵母细胞匀浆液中分离到两种有凝集兔红细胞能力的组分,前者分子量大于 66.9 万,不为单糖所抑制而为巯基乙醇所抑制,是 IgM;后者分子量小于 23.2 万,其凝集兔红细胞能力为单糖所抑制而不为巯基乙醇抑制,是一种凝集素。Mor 和 Avtalion^[23]发现以猪血清白蛋白、狗血清白蛋白和牛 γ 球蛋白免疫罗非鱼(*Oreochromis aureus*)亲鱼后,在 0—9 日龄的胚胎或仔鱼匀浆液中均可检测到特异抗体的存在。

以嗜水产气单胞菌免疫卵胎生的虹鳉(*Poecilia reticulata*)亲鱼后,在刚产出的小鱼、产出 1 天或 7 天的小鱼均检测到抗嗜水产气单胞菌特异抗体的存在,并且发现在仔鱼产出前 36—44 天免疫亲鱼,其后代抗体效价较高^[27]。

除了在卵母细胞或胚胎、仔鱼匀浆液中检测到特异抗体的存在外,近来已直接从卵母细胞或胚胎分离纯化到 IgM。Fuda 等^[11]从大麻哈鱼(*Oncorhynchus keta*)成熟卵母细胞分离纯化到 IgM,它能与哺乳动物抗大麻哈鱼血清 IgM 抗体产生免疫沉淀反应。大麻哈鱼卵中 IgM 分子量为 49.5 万,比血清 IgM 分子量(75 万)低。Avtalion 和 Mor^[3]从罗非鱼(*Sarotherodon galiaeus*)受精卵分离到 IgM,同样能与抗罗非鱼血清 IgM 抗体产生免疫沉淀反应;但其分子量仅为 21 万,而血清 IgM 分子量为 78—84 万。Avtalion 和 Mor 认为在罗非鱼中 IgM 是以单体的形式从母体转移到卵母细胞中的。Hayman 和 Lobb^[13]以鼠抗沟鲈血清 IgM 单克隆抗体制成的免疫吸附柱,从受精 2—3 天的沟鲈(*Ictalurus punctatus*)胚胎分

离纯化到 IgM, SDS-聚丙烯酰胺凝胶电泳表明其亚基组成和分子量与其血清 IgM 相似。

免疫酶标技术证明, 2-3 日龄的沟鲇胚胎中的 IgM 散布在卵黄中, 在卵胶膜上也大量分布^[13]。

关于卵中 IgM 的功能, 尽管目前缺少直接证据, 许多研究者均一致认为它对后代有免疫保护作用。在此应指出的是, 近来在大麻哈鱼已得到卵中 IgM 可保护后代的初步证据。加拿大的 L. L. Brown 博士等在大麻哈鱼产卵前 11-26 天将兔抗鳗弧菌抗体或大麻哈鱼抗鳗弧菌抗体注射进亲鱼体内, 再用活鳗弧菌攻击胚胎, 发现胚胎可得到“母源特异抗体”的免疫保护。但不尽如人意的是, 在卵黄吸收后则未观察到免疫保护。

展 望

目前, 对在自然状况下水体中病原微生物对鱼类胚胎和胚后发育阶段的危害的研究尚属空白。在鲑科鱼类, 已发现鲑肾细菌和 IPN 均可由母体进入卵, 使胚胎染菌(毒)并在以后的发育过程中使其发病^[21, 30], 这表明在鱼类胚胎发育过程中的确会受到病原微生物的危害。显然, 鱼类胚胎和早期胚后发育过程中的免疫机制不仅是有意义的理论问题, 而且在养殖生产上具有潜在的应用价值。今后的研究应从以下几个方面进行:

(1) 关于母源凝集素 首先应确认它的抑、杀菌能力, 从而确认它对鱼类胚胎和仔鱼的保护作用; 继续从不同鱼类卵中分离纯化各种凝集素, 并对其分子结构、理化性能等加以分析比较, 寻找其在系统发生上的规律。若证实其具有抑、杀菌功能, 还应进一步研究母源凝集素转移进卵母细胞的规律、机制及其影响因素, 以及可否促进母源凝集素向卵母细胞转移, 增加卵中凝集素的含量从而增强后代的抑、杀菌能力等等。

(2) 关于母源溶菌酶 应研究母源溶菌酶向卵母细胞转移的规律、机制及其影响因素, 以及可否促进母源溶菌酶向卵母细胞转移、增加卵中溶菌酶的含量从而增强后代的杀菌能力等等。

(3) 关于母源 IgM a. 应以直接实验证据证实母源 IgM 对后代的免疫保护作用; b. 研究母源 IgM 向卵母细胞转移的规律及其在胚胎和胚后发育过程中的去向; c. 研究影响母源 IgM 向卵母细胞转移的因素以及促进母源 IgM 向卵母细胞转移的方法和技术; d. 研究以母体免疫方法将抗病原体(细菌、病毒)抗体导入卵母细胞, 从而使胚胎和仔、稚鱼获得抗特异病原体的免疫力的技术。并将其应用于养殖鱼类的育苗生产上。

(4) 其它母源性的非特异性免疫物质 应从鱼类卵和胚胎中寻找有无其它的母源性非特异性免疫物质及其对保护胚胎和仔鱼的作用。

(5) 母源免疫力与自身免疫力的关系 首先应研究鱼体自身免疫系统的发育规律, 在此基础上研究母源免疫力与自身免疫力的关系。例如, 增加卵中凝集素、溶菌酶或 IgM 含量对仔、稚鱼免疫系统的发育和功能的完善有何影响。我们希望增强卵中母源免疫力不仅可以增强胚胎期、仔鱼期等的免疫力, 而且还能促进其自身免疫系统的发育和功能的完善, 使胚后发育过程中母源免疫力与自身免疫力能平稳交接、更替。如果是这样, 则在养殖鱼类的育苗生产上可望获得高免疫力的鱼苗, 具有重要的应用前景。

参 考 文 献

- [1] 阿塔西, M. Z., 范奥斯, C. J., 阿勃索洛姆, D. R., (郑昌学, 吴安然等译), 1988. 分子免疫学(上册), 155 - 166. 科学出版社.
- [2] 钟明超, 黄浙, 1995. 鲑鱼淋巴样器官的发生. 水产学报, 16(3): 258 - 262.
- [3] Avtalion, R. R. & Mor, A., 1992. Monomeric IgM is transferred from mother to egg in tilapias. Israeli J. Aquaculture, 44 (3): 93 - 98.
- [4] Bildfell, R. J. *et al.*, 1992. Purification and partial characterization of a rainbow trout egg lectin. J. Aquatic Animal Health, 4: 97 - 105.
- [5] Bly, J. E. *et al.*, 1986. Transfer of passive immunity from mother to young in a teleost fish; haemagglutinating activity in the serum and eggs of plaice. *Pleuronectes platessa* L. Comp. Biochem. Physiol., 84A: 309 - 313.
- [6] Botham, J. W. & Manning, M. J., 1981. The histogenesis of the lymphoid organs in the carp *Cyprinus carpio* L. and the ontogenetic development of allograft reactivity. J. Fish Biol., 19: 403 - 414.
- [7] Daikohara, T. *et al.*, 1993. Comparative studies of the agglutination of tumor cells and erythrocytes by *Plecoglossus altivelis* (Ayu fish) roe lectin. Physico - Chem. Biol., 37: 31 - 40.
- [8] Ellis, A. E., 1977. Ontogeny of the immune response in *Salmo salar*: Histogenesis of lymphoid organs and appearance of membrane immunoglobulin and mixed leucocyte reactivity. In: Developmental Immunobiology, 225 - 231, J. B. Solomon & J. D. Horton eds. Elsevier, North - Holland.
- [9] Fletcher, T. C., 1982. Non - specific defence mechanisms of fish. Dev. Comp. Immunol., (Suppl. 2): 123 - 132.
- [10] Fuda, H. *et al.*, 1991. Serum immunoglobulin M (IgM) during early development of masu salmon (*Oncorhynchus masou*). Comp. Biochem. Physiol., 99A: 637 - 643.
- [11] Fuda, H. *et al.*, 1992. A peculiar immunoglobulin M (IgM) identified in eggs of chum salmon (*Oncorhynchus keta*). Dev. Comp. Immunol., 16: 415 - 423.
- [12] Grace, M. F. & Manning, M. J., 1980. Histogenesis of the lymphoid organs in rainbow trout *Salmo gairdneri* Rich. 1836. Dev. Comp. Immunol., 4: 255 - 264.
- [13] Hayman, J. R. & Lobb, C. J., 1993. Immunoglobulin in the eggs of the channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Dev. Comp. Immunol., 17: 241 - 248.
- [14] Hosono, M. *et al.*, 1992. Partial purification and sugar specificity of japanese dace (*Leuciscus hakonensis*) roe lectin. Tohoku Yakka daigaku Kenkyu Nempo, 39: 265 - 275.
- [15] Hosono, M. *et al.*, 1993a. Purification and characterization of *Silurus asotus* (catfish) roe lectin. Biol. Pharm. Bull., 16: 1 - 5.
- [16] Hosono, M. *et al.*, 1993b. Three rhamnose - binding lectins from *Osmerus eperlanus mordax* (olive rainbow smelt) roe. Biol. Pharm. Bull., 16: 239 - 243.
- [17] Hosono, M. *et al.*, 1993c. Studies on fish roe lectin; Distribution, purification and characterization. Physico - Chem. Biol., 37: 109 - 115.
- [18] Ingram, G. A., 1980. Substances involved in the natural resistance of fish to infection - A review. J. Fish Biol., 16: 23 - 60.
- [19] Jensenius, J. C. *et al.*, 1981. Eggs: Conveniently packaged antibodies. Methods for purification of yolk IgG. J. Immunological Methods, 46: 63 - 68.
- [20] Kamiya, H. *et al.*, 1990. Properties of a lectin in chum salmon ova. Nippon Suisan Gakkaishi, 56: 1139 - 1144.
- [21] Lee, E. G. H. & Evelyn, T. P. T., 1989. Effect of *Renibacterium salmoninarum* level in the ovarian fluid of spawning chinook salmon on the prevalence of the pathogen in their eggs and progeny. Dis. Aquat. Org., 7: 179 - 184.
- [22] Mendenhall, H. W., 1976. The immunology of the fetal - maternal relationship. In: Immunology of Human Reproduction, 61 - 80, J. S. Scott & W. R. Jones eds. Academic Press INC. (London) LTD.
- [23] Mor, A. & Avtalion, R. R., 1990. Transfer of antibody activity from unimmunized mother to embryo in tilapias. J. Fish Biol., 37: 249 - 255.

- [24] Nagae, M. *et al.*, 1993. Changes in serum immunoglobulin M (IgM) concentration during early development of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) as determined by sensitive ELISA technique. *Comp. Biochem. Physiol.*, 106A:69-74.
- [25] O'Neill, J. G., 1989. Ontogeny of the lymphoid organs in an antarctic teleost, *Harpagifer antarcticus* (Notothenoidei: Perciformes). *Dev. Comp Immunol.*, 13:25-33.
- [26] Razqui, B. E. *et al.*, 1990. Ontogeny of IgM-producing cells in the lymphoid organs of rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson: an immuno- and enzyme-histochemical study. *J. Fish Biol.*, 36:159-173.
- [27] Takahashi, Y. & Kawahara, E., 1987. Maternal immunity in newborn fry of the ovoviparous guppy. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53:721-725.
- [28] Tatner, M. F. & Manning, M. J., 1985. The ontogenetic development of the reticulo-endothelial system in the rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish Dis.*, 8:35-41.
- [29] Voss, E. W. *et al.*, 1978. Isolation, purification and partial characterization of a lectin from chinook salmon ova. *Arch. Biochem. Biophys.*, 186:25-34.
- [30] Wolf, K. *et al.*, 1963. Egg-associated transmission of IPN virus of trout. *Virology*, 21:317-321.
- [31] Yousif, A. N. *et al.*, 1991. Occurrence of lysozyme in the eggs of coho salmon *Oncorhynchus kisutch*. *Dis. Aquat. Org.*, 10:45-49.
- [32] Yousif, A. N., *et al.*, 1994a. *In vitro* evidence for the antibacterial role of lysozyme in salmonid eggs. *Dis. Aquat. Org.*, 19:15-19.
- [33] Yousif, A. N. *et al.*, 1994b. Purification and characterization of a galactose-specific lectin from the eggs of coho salmon *Oncorhynchus kisutch* and its interaction with bacterial fish pathogens. *Dis. Aquat. Org.*, 20:127-136.
- [34] Yousif, A. N. *et al.*, 1995. Interaction of coho salmon *Oncorhynchus kisutch* egg lectin with the fish pathogen *Aeromonas salmonicida*. *Dis. Aquat. Org.*, 21:193-199.

更名、征稿及征订启事

《渔业机械仪器》杂志将更名为《渔业现代化》

经国家科委批准,《渔业机械仪器》杂志决定自1996年第5期(即第23卷124期)起更名为《渔业现代化》。

《渔业现代化》杂志仍以介绍渔业现代科技为主导,结合生产实践,力求使读者更准确地了解现代渔业发展的最新状况。

《渔业现代化》杂志的内容基本保持原貌,大体分为:1、“渔业科技论坛”,具体内容包括(1)养殖机械与机械化养鱼;(2)水产品加工与冷冻机械;(3)船机与动力;(4)仪器与仪表;(5)绳网机械;(6)现代养殖技术;(7)渔业机械化漫谈;(8)计算机在渔业机械上的应用;(9)名特优水产品的养殖;(10)鱼虾病害防治;2、“质量监督检验与水产标准化”;3、“渔机管理及其经济学研究”;4、“企业之声”——渔机企业及人物专访;5、“信息与交流”,包括(1)国际渔业信息与动态;(2)渔机信息;(3)读者信箱;(4)供求信息等。

值此改名之际,本刊特向广大从事水产科学研究、教学、生产,以及广大水产工作者、读者征集各类稿件,凡符合上述内容,有新意,有实践意义的文章,本刊一经审定即采用,稿酬从优。

另外,本刊继续办理广告业务,欢迎广大渔业机械、仪器及与渔业相关的企业在本刊刊登产品广告。

更改后的杂志,开本、页码、字数、印刷均不变。

本刊向国内外公开发行人。欲订者请到附近邮局办理订阅手续。本刊国内统一刊号:CN31-1737/S;发行刊号:4-230;每期定价:2.20元,全年13.20元。本刊地址:上海市赤峰路63号,邮政编码:200092,电话:021-65027260×244。

《渔业现代化》编辑部