

鱼类母源免疫研究现状和展望

丁福红¹, 雷霖霖¹, 张家松², 刘滨¹, 孟振¹, 刘新富¹, 马爱军¹

(1. 中国水产科学研究院 黄海水产研究所 青岛市海水鱼类种子工程与生物技术重点实验室, 山东 青岛 266071; 2. 中国水产科学研究院 南海水产研究所, 广东 广州 510300)

摘要: 母源免疫是提高养殖动物幼体抗病能力的有效途径之一, 在病害防控方面, 具有防御在先、操作便利、安全环保等优点, 对养殖产业持续健康发展具有重要意义。本文就鱼类母源免疫的研究现状进行了概括及评析, 阐述了母源抗体动态传递、代谢变化规律、保护效力、抗体分子特征和空间分布, 以及补体、凝集素、溶菌酶等多种母源免疫因子的研究进展, 同时对今后鱼类母源免疫研究中需解决的关键问题进行了展望, 旨在为进一步深化鱼类母源免疫机理和应用研究提供参考依据。[中国水产科学, 2010, 17(2): 369–373]

关键词: 鱼类; 母源免疫; 卵子; 抗体

中图分类号: S97

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2010)02-0369-05

免疫功能缺乏或低下是导致育苗期仔稚鱼高死亡率的重要原因。水环境中的仔稚鱼面临多种病害的威胁, 化学药物治疗存在用药过度、药物残留和污染水环境等潜在问题, 在养殖水域中应用受到严格的限制^[1-4]。采用疫苗法增强鱼苗免疫能力固然是抵御病害的一种有效方式, 然而, 只有当鱼苗免疫系统达到完善之时疫苗才能奏效, 对于免疫系统尚未发育完善的仔稚鱼来说并没有显著的防治效果^[5-7]。动物子代从母体中获得免疫能力是抗御病原体感染的有效途径之一^[8-12]。大多数养殖鱼类属于卵生, 卵子为母源免疫因子的直接载体, 因此可以通过免疫亲鱼, 提高亲鱼体内免疫因子水平, 然后由卵子直接传递到初生子代, 从而达到提高子代幼体免疫能力的目的^[13]。这种母源免疫措施在畜禽种类中已经广泛应用, 对畜禽类养殖业起到了极为有效的推动作用^[14]。如, 用疫苗饲喂分娩前的母猪, 使母猪获得免疫, 仔猪吮吸其初乳后, 可防治传染性胃肠炎的感染^[15]。这些成果为鱼类母源免疫研究提供了思路, 并预示了鱼类母源免疫的良好应用前景。

对养殖鱼类进行母源免疫, 具有防御在先、操作简便、以点带面等防控优点, 而且有利于避免药物残留等问题所造成的食品安全问题和环境威胁, 从而达到绿色环保、无公害健康养殖的产业发展需要; 同时对完善鱼类免疫生理理论也具有重要意义^[16]。然而, 由于亲鱼昂贵、卵子和初孵仔鱼个体小、养殖环境复杂等不同于畜禽类的特殊性, 使研究工作难度加大。

国外有关鱼类母源免疫的研究在 20 世纪 90 年代比较集中, 国内也有报道^[10, 17-20]。近年, 随着科研技术手段的提高和相关领域研究的加深, 为鱼类母源免疫研究进一步的开展提供了良好的契机。当前中国海水鱼类养殖业发展迅速, 因此, 对养殖品种母源免疫基础性和实用性技术开展研究显得尤为重要^[1, 17]。本文对当前鱼类母源免疫主要研究内容进行了归纳总结和评析, 并对其发展方向进行了展望, 旨在为进一步深化鱼类母源免疫机理和应用研究提供参考依据。

1 母源抗体的传递及保护作用

鱼类母源免疫研究首先是检测特异性抗体从

收稿日期: 2009-05-05; 修订日期: 2009-09-09.

基金项目: 农业部公益性行业科研重大专项(NYHYZX-07-046); 国家鲆鲽类产业技术体系(NYCYTX-50).

作者简介: 丁福红(1978-), 博士, 研究方向为海水鱼类增殖养殖. E-mail: dingfuhong@hotmail.com

通讯作者: 雷霖霖, 研究员. E-mail: leijilin@seacul.com

亲本到子代的传递过程,即增强亲鱼体内某种特异抗体是否能够提高其在卵子、胚胎及仔鱼体内的含量水平,进而对子代抵御疾病发挥作用^[18-23]。

母源抗体的传递已经在多种鱼类研究中得到证实^[13]。国外报道较多^[19-20,22-23],如 Olsen 等^[19] 对大西洋鲑(*Salmo salar* L.)亲鱼、卵子、胚胎及仔鱼中的抗体进行了检测,发现几类样品中的抗体含量与母源抗体含量呈正相关关系。国内学者也开展了很好的工作,陈昌福等^[18] 对草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)亲鱼父本和母本实施免疫接种,并且对后代的受精卵和仔鱼匀浆样品中特异抗体进行检测,证实了母源抗体的传递;彭志东等^[21] 分离纯化了红笛鲷(*Lutjanus erythropterus*)仔鱼母源抗体,并对母源抗体在仔鱼体内的降解动力学进行了研究。

母源抗体对子代的保护作用在多种鱼类的研究中得到验证^[10,22,24-25],如对鲾(*Pleuronectes platessa*)、奥利亚罗非鱼(*Oreochromis aureus*)、孔雀鱼(*Poecilia reticulata*)等鱼类的研究均表明卵和胚胎内母源抗体可以与病原微生物结合,起到抑制其感染的作用,从而提高子代抗病力^[10,22,24];但也有报道认为,母源抗体无法对仔稚鱼起到显著保护作用^[26-28]。如 Tanaka 等^[27] 对真鲷(*Pagrus major*)母源抗体传递及保护作用研究发现,母源抗体在卵子孵化后的几天内含量水平急剧下降,无法对幼鱼起到保护作用。Lillehaug 等^[26,28] 对大西洋鲑的研究也得到类似结论。对此有学者推测很可能卵内抗体主要是防止母体病原垂直转移到卵内,或者有助于早期胚胎细胞吞噬作用与激活早期胚胎的补体系统,而不是直接对仔稚鱼发挥保护作用^[13]。母源抗体作用的发挥与各种鱼类的生理特性、胚胎发育特征密不可分,不同鱼类存在一定差异,母源抗体传递量和消长规律的研究是探讨其对子代保护作用的基础。

2 母源抗体分子形态与分布定位

鱼类卵母细胞、胚胎及仔鱼匀浆液中普遍存在特异性免疫球蛋白抗体 IgM^[29-35]。多数情况下,转移到卵子内的 IgM 为四聚体,结构和抗原性都与母体血清中相同,且具有相同大小的重链和轻

链^[13,36],如, Hayman 等^[36] 从斑点叉尾鲷(*Ictalurus punctatus*)胚胎分离纯化到 IgM,其亚基组成和分子量与其血清 IgM 相似。但有时, IgM 也以单体或二聚体形式存在于卵内^[37],如 Avtalion 等^[38] 从罗非鱼(*Sarotherodon galiaeus*)受精卵分离到 IgM,能与相应抗血清 IgM 抗体产生免疫沉淀反应,但其分子量均显著低于血清抗体。对卵子和胚胎中的免疫蛋白进行分离纯化,并与亲鱼血清中免疫蛋白进行免疫特性和分子结构比较是探索母源抗体从亲鱼到卵子传递形式的依据。

通过免疫组化手段对卵子及胚胎中的抗体进行定位也是母源免疫研究的重要内容^[19,36,39-40]。国内学者李大疆等对鲫(*Carassius auratus*)卵子和胚胎中母源抗体进行定位研究,结果发现,抗体在整个卵子中都有分布,并由卵膜至卵中心逐渐减少,其中卵膜内壁最多,在胚胎和卵黄中无集中现象;消减代谢过程中,首先是胚胎和卵黄中的抗体消失,然后是卵膜内壁的抗体消失,在胚胎尾鳍形成期完全消失^[39]。Olsen 等^[19] 研究表明,大西洋鲑卵子母源抗体主要分布于卵膜的内部边缘; Hayman 等^[36] 研究表明,斑点叉尾鲷(*Ictalurus punctatus*)卵中的母源抗体分散于整个卵黄中,并且在卵膜处集中。Takemur 等^[40] 对莫桑比克罗非鱼(*Oreochromis mossambicus*)研究表明,亲鱼体内循环系统增加的抗体会通过卵巢转移到卵黄中,大部分母源抗体存在于卵黄中,并且由卵黄传递到仔鱼的循环系统;研究者还指出,母源抗体在卵子中可能发挥两种作用,在卵膜中的抗体能够起到卵子免疫屏障的作用,而在卵黄中的抗体主要是传递到胚胎和仔鱼体内发挥保护作用^[40]。可见,探明卵子中母源抗体的空间分布和迁移规律与母源抗体功能研究紧密相关。

3 多种母源免疫因子的研究

鱼卵中不仅存在特异性免疫因子,还存在非特异性免疫因子,它们可能由鱼卵发育过程中表达产生,也可能来自母体^[13,25]。Swain 等^[16] 对印度鲤(*Labeo rohita*)母源免疫研究中推测,加强亲鱼免疫不仅可以加强特异性抗体的产生,而且很可能同时

加强非特异免疫因子的产生,并且均可传递到卵子中,共同发挥增强幼体抵抗力的作用。Lillehaug 等^[26]也持有这一观点。

在众多免疫因子研究中,目前报道与鱼类母源免疫相关的非特异性免疫因子包括补体、凝集素、溶菌酶等^[17,41-46]。Lovoll 等^[46]对虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)补体的研究中,首次对母源补体的传递进行了直接验证,为母源免疫研究开拓了更广阔的空间。此外,许多学者都从鱼卵中分离纯化到凝集素和溶菌酶。如 Voss 等^[42]从大麻哈鱼(*Oncorhynchus tshawytscha*)卵中纯化到凝集素;Yousif 等^[43-44]从银鲑(*Oncorhynchus kisutch*)卵中分离纯化到凝集素和溶菌酶。学者通过体外实验对卵子中凝集素、溶菌酶的功能进行了一些研究^[42-45],但这些非特异性免疫因子在母源免疫中的传递过程和作用尚有待验证。

4 鱼类母源免疫研究展望

鱼类母源免疫机理的研究是最终实现母源免疫应用的必经之路,以往的工作已有一些成果,但还没有形成理论体系,因此对亲代和子代间免疫因子积累、传递路径以及保护作用发挥等生理过程需要更系统地研究^[13,17]。在深入开展以上基础性工作的同时,今后还应围绕推进应用母源免疫所需要解决的关键问题,加强以下几方面内容的研究。

首先,探明鱼体生理特征、环境因子对母源免疫的影响^[47-50]。鱼类免疫反应受环境因素、自身生理状况等多种因素的影响,因此应充分开展亲鱼及子代幼体的特定生理条件和培养条件对免疫应答、免疫因子积累及保护效力等方面影响的研究,为亲鱼免疫程序设定提供参考依据。

第二,母源免疫时效的研究。母源免疫对主动免疫存在干扰作用^[51],当母源免疫保护力消失、幼体免疫系统发育完善后方可进行疫苗免疫操作,因此需查明母源免疫时效,以正确指导母源免疫和疫苗免疫的衔接,有针对性地进行仔稚鱼免疫保护^[52-54]。

第三,加强非特异性免疫因子在母源免疫中作用的研究:目前,鱼类特异性母源免疫抗体研究相对较多,而非特异性母源免疫因子在亲本与子代之

间的传递、代谢规律及保护作用缺乏详细深入的探讨。开展多种母源免疫因子的研究将极大扩展人们对母源免疫认识,进而使母源免疫的保护作用发挥得更加充分^[17]。

此外,值得重视的是鱼类母源免疫虽有其共同规律,但不同种类间也存在一定种间差异^[13]。目前淡水鱼类母源免疫方面的研究报道相对较多,海水鱼类相对薄弱。海水鱼类和淡水鱼类在生理上存在很大差异,因此海水鱼类母源免疫研究应当加快开展。当前中国海水鱼类养殖业蓬勃发展,形成了以鲈鱼、大菱鲆、牙鲆、大黄鱼等为主体的经济价值较高的养殖产业^[55]。今后如能着力开展这些重要海水养殖鱼类的母源免疫研究,必将对鱼类养殖产业可持续健康发展产生良好的推动作用。

参考文献:

- [1] 雷霖霖. 海水鱼类养殖理论与技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
- [2] 丁双阳. 我国养殖水产品用药现状及残留检测[J]. 动物保健, 2005, 8: 38-39.
- [3] 周晓苏, 王印庚. 我国海水养殖疾病防控策略[J]. 海洋与渔业, 2008, 5: 17-18.
- [4] 吴淑勤, 谢骏, 石存斌. 水产疫苗—鱼类防疫之星[J]. 水产科技, 2005, 2: 1-5.
- [5] Botham J W, Manning M J. The histogenesis of the lymphoid organs in the carp *Cyprinus carpio* L. and the ontogenetic development of allograft reactivity[J]. Fish Biol, 1981, 19: 403-414.
- [6] Ellis A E. Ontogeny of the immune response in *Salmo salar*: Histogenesis of lymphoid organs and appearance of membrane immunoglobulin and mixed leucocyte reactivity [A]. In: Developmental Immunobiology, Solomon J B, Horton J D. eds. North-Holland, Elsevier, 1977: 225-231.
- [7] O' Neill J G. Ontogeny of the lymphoid organs in an antarctic teleost *Harpagifer antarcticus* (Notothenioidei: Perciformes) [J]. Dev Comp Immunol, 1998, 13: 25-33.
- [8] Lee E G H, Evelyn T P T. Effect of *Renibacterium salmoninarum* level in the ovarian fluid of spawning chinook salmon on the prevalence of the pathogen in their eggs and progeny [J]. Dis Aquat Org, 1989, 7: 179-184.
- [9] Mendenhall H W. The immunology of the fetal-maternal relationship. In: Immunology of Human Reproduction [M]. Scott J S,

- Jones W R. eds. Londen: Academic Press INC. LTD, 1976: 61–80.
- [10] Bly J E, Grimm A S, Morris I G. Transfer of passive immunity from mother to young in a teleost fish; haemagglutinating activity in the serum and eggs of Plaice, *Pleuronectes platessa* L. [J]. Comparative Biochemistry and Physiology, 1986, 84A: 309–313.
- [11] Jensenius J C, Andersen I, Hau J, et al. Eggs: conveniently packaged antibodies. Methods for purification of yolk IgG. [J]. Immunological Methods, 1981, 46: 63–68.
- [12] Nayak S K. Egg yolk antibodies for fin and shell fish health management [J]. Fishing Chimes, 2006, 25 (11): 16–18.
- [13] 张士瑞, 李欣, 汲广东. 鱼类免疫系统的早期发生 [J]. 中国海洋大学学报, 2007, 37 (4): 557–562.
- [14] 徐汉祥. 畜禽母源抗体的传递与作用 [J]. 江苏农业科学, 1991, 1: 62–63.
- [15] 冯力, 佟有恩, 李伟杰, 等. 我国主要猪病毒性腹泻疾病的现状和对策 [J]. 畜牧市场, 2009, 3: 33–35.
- [16] Swain P, Dash S, Bal J, et al. Passive transfer of maternal antibodies and their existence in eggs, larvae and fry of Indian major carp, *Labeo rohita* (Ham.) [J]. Fish & Shellfish Immunology, 2006, 20: 519–527.
- [17] 钟明超, 林浩然. 硬骨鱼类胚胎和胚后发育阶段的免疫机制 [J]. 中国水产科学, 1996, 3 (1): 96–102.
- [18] 陈昌福, 李静, 楠田理一. 草鱼母源免疫的初步研究 [J]. 华中农业大学学报, 1996, 15 (1): 73–78.
- [19] Olsen Y A, Press C McL. Degradation kinetics of immunoglobulin in the egg, alevin and fry of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and the localisation of immunoglobulin in the egg [J]. Fish Shellfish Immunol, 1997, 7: 81–91.
- [20] Mor A, Avtalion R R. Transfer of antibody activity from immunized mother to embryo in tilapias [J]. Fish Biol, 1990, 37: 249–255.
- [21] 彭志东, 简纪常, 吴灶和, 等. 红笛鲷仔鱼体内特异性母源抗体降解动力学研究 [J]. 水生生物学报, 2009, 33 (1): 34–39.
- [22] Kubilay A, Ozen MR. Transfer of maternal immunity in the Guppy, *Poecilia reticulata* [J]. Turk J Veterin Anni Sci, 2004, 28: 102–130.
- [23] Takemura A, Takano K. Transfer of maternally-derived immunoglobulin (IgM) to larvae in tilapia. *Oreochromis mossambicus* [J]. Fish Shellfish Immunol, 1997, 7 (6): 355–363.
- [24] Sin Y M, Ling K H, Lam T J. Passive transfer of protective immunity against Ichthyophthiriasis from vaccinated mother to fry in tilapias, *Oreochromis aureus* [J]. Aquaculture, 1994, 120: 229–237.
- [25] Huttenhuis H B, Grou C P, Taverne-Thiele A J, et al. Carp (*Cyprinus carpio* L.) innate immune factors are present before hatching [J]. Fish Shellfish Immunol, 2006, 20 (4): 586–596.
- [26] Lillehaug A, Sevatdal S, Endal T. Passive transfer of specific maternal immunity does not protect Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fry against Yersiniosis [J]. Fish Shellfish Immunol, 1996, (6): 521–535.
- [27] Tanaka T, Furukawa K, Suzuki Y, et al. Transfer of maternal antibody from mother to egg may have no protective meaning for larvae of red sea bream *Pagrus major*, a marine teleost [J]. Fish Sci, 1999, 65: 240–243.
- [28] Lillehaug A. Experiences with different vaccines and vaccination procedures to control furunculosis in sea-reared Atlantic salmon [J]. Acta Vet Scand Suppl, 1996, 90: 57–62.
- [29] 王长法, 安利国, 杨桂文, 等. 鱼类免疫球蛋白研究进展 [J]. 中国水产科学, 1999, 6 (2): 105–107.
- [30] 冯娟, 胡超群. 四种海水养殖鱼类血清免疫球蛋白的分离纯化及分子量测定 [J]. 热带海洋学报, 2002, 21 (4): 8–14.
- [31] Castillo A, Sánchez C, Dominguez J, et al. Ontogeny of IgM and IgM-bearing cells in rainbow trout [J]. Dev Comp Immunol, 1993, 17: 419–424.
- [32] Fuda H, Hara A, Yamazaki F, et al. A peculiar immunoglobulin M (IgM) identified in eggs of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) [J]. Dev Comp Immunol, 1992, 16: 415–423.
- [33] Nagae M, Fuda H, Hara A, et al. Changes in serum immunoglobulin M (IgM) concentration during early development of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) as determined by sensitive ELISA technique [J]. Comp Biochem Physiol, 1993, 106A: 69–74.
- [34] 张永安, 聂品, 朱作言. 鱼类免疫球蛋白的研究进展 [J]. 鱼类病害研究, 2001, 23 (4): 1–17.
- [35] Fuda H, Soyano K, Yamazaki F, et al. Serum IgM during early development of masu salmon (*Oncorhynchus masou*) [J]. Comp Biochem Physiol, 1991, 9A (4): 637–643.
- [36] Hayman J R, Lobb C J. Immunoglobulin in the eggs of the channel catfish (*Ictalurus punctatus*) [J]. Dev Comp Immunol, 1993, 17: 241–248.
- [37] Magnadóttir B, Laoge S, Gudmundsdóttir S, et al. Ontogeny of humoral immune parameters in fish [J]. Fish Shellfish Immunol, 2005, 19 (5): 429–439.
- [38] Avtalion R R, Mor A. Monomeric IgM is transferred from mother to egg in tilapias. Israeli [J]. Aquaculture, 1992, 44 (3): 93–98.
- [39] 李大疆, 钟明超, 林浩然. 鲫鱼 (*Carassius auratus*) 卵和胚胎中母源性免疫球蛋白的定位 [J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2001, 40 (2): 82–85.
- [40] Takemura A. Changes in an immunoglobulin M-like protein during larval stages in tilapia, *Oreochromis mossambicus* [J]. Aquaculture,

- 1993, 115: 233–241.
- [41] Bildfell R J, Markham R J F, Johnson G R. Purification and partial characterization of a rainbow trout egg lectin [J]. *Aquatic Animal Health*, 1992, 4: 97–105.
- [42] Voss Jr E W, Fryer J L, Banowetz G M. Isolation, purification and partial characterization of a lectin from chinook salmon ova [J]. *Arch Biochem Biophys*, 1978, 186: 25–34.
- [43] Yousif A N, Albright L J, Evelyn T P T. Interaction of coho salmon *Oncorhynchus kisutch* egg lectin with the fish pathogen *Aeromonas salmonicida* [J]. *Dis Aquat Org*, 1995, 21: 193–199.
- [44] Yousif A N, Albright L J, Evelyn T P T. Occurrence of lysozyme in the eggs of coho salmon *Oncorhynchus kisutch* [J]. *Dis Aquat Org*, 1991, 10: 45–49.
- [45] Yousif A N, Albright L J, Evelyn T P T. In vitro evidence for the antibacterial role of lysozyme in salmonid eggs [J]. *Dis Aquat Org*, 1994, 19: 15–19.
- [46] Løvoll Marie, Kilvik Terje, Boshra Haniet al. Maternal transfer of complement components C3–1, C3–3, C3–4, C4, C5, C7, Bf, and Df to offspring in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. *Immunogenetics*, 2006, 58: 168–179.
- [47] 李彦, 江育林. 环境胁迫因子对鱼类免疫功能的影响及免疫学检测方法 [J]. *鱼类病害研究*, 1995, 3: 1–10.
- [48] 江育林, 李燕, 于平. 草鱼免疫应备的初步研究 [J]. *水生生物学报*, 1991, 15 (4): 321–328.
- [49] 肖克强等. 水产动物免疫与应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [50] 徐延震, 王振龙, 宋憬愚. 鱼类的免疫机制 [J]. *中国兽药杂志*, 1995, 29: 57–60.
- [51] Kite RP, 宁定桥. 动物母源抗体对口蹄疫主动免疫的干扰 [J]. *国外兽医学畜禽传染病*, 1996, 16 (2): 33–34.
- [52] Holland M C, Lambris J D. The complement system of teleosts [J]. *Fish Shellfish Immunol*, 2002, 12: 399–420.
- [53] Fournier-Betz V, Quentel C, Lamour F, et al. Immunocytochemical detection of Ig-positive cells in blood, lymphoid organs and the gut associated lymphoid tissue of the turbot (*Scophthalmus maximus*) [J]. *Fish & Shellfish Immunology*, 2000, 10: 187–202.
- [54] Grace M F, Manning M J. Histogenesis of the lymphoid organs in rainbow trout *Salmo gairdneri* Rich. [J]. *Dev Comp Immunol*, 1980, 4: 255–264.
- [55] 雷霖霖. 我国海水鱼类养殖大产业架构与前景展望 [J]. *海洋水产研究*, 2006, 27 (2): 1–9.

Progress and prospect of maternal immunity of fish

DING Fuhong¹, LEI Jilin¹, ZHANG Jiasong², LIU Bin¹, MENG Zhen¹, LIU Xinfu¹, MA Aijun¹

(1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao Key Laboratory for Marine Fish Breeding and Biotechnology, Qingdao 266071, China; 2. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China)

Abstract: Lack of immune competence in larvae stage of fish leads to severe mortality, which significantly decreases productivity of fish culturing. Passive transfer of maternal immunity, an effective way to prevent diseases and fundamentally improve descendant quality, could not only avoid potential crisis of food safety and environment pollution, but also have advantages of prior defense, handy operation etc. In this paper, progress on the study of fish maternal immunity has been summarized in detail, which focuses on the dynamic transfer and metabolism of maternal derived antibody, its protective efficiency for offspring, its molecular character and spatial distribution; study on innate maternal immune factors, such as complement, lection, and lysozyme, is also introduced, although their protective function is less proved so far. Further reserach need to be intensified on the above aspects; meanwhile, effects of fish physiology and environment condition on maternal immunity, duration of maternal immunity protection, and function of innate immune factors should be studied comperehensively to settle down key problems for maternal immunity application. [Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17 (2): 369–373]

Key words: fish; maternal immunity; egg; antibody

Corresponding author: LEI Jilin. E-mail: lejilin@seacul.com