

文章编号: 1004-7271(2006)01-0001-06

几种免疫增强剂对中华鳖红细胞数量 及免疫功能的影响

刘至治, 蔡完其, 季高华, 邓唯唯, 黄玲璘

(上海水产大学农业部水产种质资源与养殖生态重点开放实验室, 上海 200090)

摘要 在基础饲料中添加 2.0 $\mu\text{g/g}$ 亚硒酸钠、0.5 $\mu\text{g/g}$ 硒酵母、0.3% β -葡聚糖和 0.25% 果糖, 投喂 100 d 后, 测定中华鳖红细胞数量和四个免疫指标的变化。主要结果为 (1) 在红细胞数量方面, 亚硒酸钠组、果糖组、硒酵母组显著高于 β -葡聚糖组及对照组 ($P < 0.05$); (2) 在红细胞 C_3b 受体花环率和 T 淋巴细胞活性 E 花环率方面, 四个试验组显著高于对照组 ($P < 0.05$); (3) 在红细胞天然免疫粘附肿瘤细胞花环率上, 仅亚硒酸钠组显著高于对照组 ($P < 0.05$); (4) 在白细胞吞噬活性上, 亚硒酸钠组显著高于 β -葡聚糖及对照组 ($P < 0.05$), 硒酵母组、果糖组显著高于对照组 ($P < 0.05$), 但 β -葡聚糖组与对照组间差异不显著 ($P > 0.05$); (5) 红细胞 C_3b 花环率与 T 淋巴细胞活性 E 花环率间存在明显的正相关 ($P < 0.01$), 表明中华鳖红细胞具有免疫调节作用。以上结果表明, 在饲料中添加不同的免疫增强剂, 能提高中华鳖血液中红细胞含量, 增进免疫功能, 从而提高对疾病的抵抗力。

关键词 中华鳖; 免疫增强剂; 红细胞; 免疫功能

中图分类号 S 917 文献标识码: A

Effects of immuno-stimulants on the number of erythrocytes and immune functions of *Trionyx sinensis*

LIU Zhi-zhi, CAI Wan-qi, JI Gao-hua, DENG Wei-wei, HUANG Ling-lin

(Key laboratory of Aquatic Genetic Resources and Aquacultural Ecosystem Certificated
by the Ministry of Agriculture, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

Abstract The number of erythrocytes and indexes of immune function of *Trionyx sinensis*, which was fed with basal formulated diet supplemented with 2.0 $\mu\text{g/g}$ Na_2SeO_3 , 0.5 $\mu\text{g/g}$ selenoyeast, 0.3% betaglucan and 0.25% fructooligosaccharides for 100 days, were measured. The major results were (1) On the number of erythrocytes, Na_2SeO_3 , fructooligosaccharides and selenoyeast group were significantly higher than that of betaglucan and control group ($P < 0.05$). (2) On the percentage of erythrocyte C_3b rosette and of erythrocyte active rosette (EaR) of T lymphocyte, the four test groups were all significantly higher than that of control group ($P < 0.05$). (3) On the percentage of erythrocyte native immune adhering tumor cell rosette, only Na_2SeO_3 group was significantly higher than that of control group ($P < 0.05$). (4) On the activity of leukocyte phagocyte, Na_2SeO_3 group was significantly

收稿日期 2005-04-28

基金项目: 上海市水产办“中华鳖良种筛选和培育”项目(科 04-06), 上海市重点学科建设项目(Y1101)

作者简介: 刘至治(1972-), 男, 湖南新宁人, 讲师, 博士, 主要从事水产动物医学及鱼类分子生物学的研究。Tel: 021-65710211, E-mail: zzliu@shfu.edu.cn

通讯作者: 蔡完其(1939-), 女, 浙江鄞县人, 教授, 博士生导师, 主要从事水产动物病理与抗逆育种的研究。Tel: 021-65710333, E-mail: csw038@mail.online.sh.cn

higher than that of betaglucan and control groups ($P < 0.05$), also selenoyeast and fructooligosaccharides groups were significantly higher than that of control group ($P < 0.05$), but there was no significant difference between betaglucan and control group ($P > 0.05$). (5) There was a remarkable correlation between the percentage of erythrocyte C₃b rosette and EaR of T lymphocyte ($P < 0.01$), indicating immuno-modulation of erythrocyte of *T. sinensis*. All the results showed that immuno-stimulants supplemented in the basal formulated diet significantly elevated the number of erythrocytes and promoted the immune functions of *T. sinensis*, which might result in high resistance to diseases.

Key words : *Trionyx sinensis* ; immuno-stimulant ; erythrocyte ; immune function

为促进中华鳖养殖业的持续发展,20世纪90年代以来,我们课题组一面坚持种质发掘工作,对我国代表性的中华鳖地方群体从形态、生长、繁殖、遗传特征及非特异性免疫功能等方面开展系列研究,并开展选育,以期得到生长快、抗病力强的中华鳖良种;一面开展免疫与营养的关系研究,以期能筛选出适用于中华鳖的免疫增强剂,为其健康养殖提供依据。许多研究表明,应用免疫增强剂来提高水产动物非特异性免疫能力以预防疾病,是一种极为有效的、具有广阔发展前景的方法^[1-5]。本文从红细胞数量变化与红细胞免疫功能、T淋巴细胞活性、白细胞吞噬活性、红细胞免疫功能与T淋巴细胞活性的相关性等方面,报道亚硒酸钠、硒酵母、 β -葡聚糖、低聚果糖四种免疫增强剂对中华鳖的免疫相关细胞活性及血液中红细胞含量的影响。

1 材料与方法

1.1 材料

基础饲料采用宁波天邦饲料科技股份有限公司生产的幼鳖料,主要成分见表一。亚硒酸钠由上海市农科院饲料研究中心(永农饲料科技有限公司)提供,纯度为97%。富硒酵母(Sel-plex)购自北京奥特奇生物制品有限公司,硒含量为1000 $\mu\text{g/g}$ 。低聚果糖和 β -葡聚糖购自广州智特奇饲料科技有限公司,纯度均为20%。致敏酵母和肿瘤细胞(S180,艾氏腹水癌细胞)购自第二军医大学长海医院血站,-20℃保存。菌种为温和气单胞菌(*Aeromonas sobria*),由本实验室提供。

表1 基础饲料成分

Tab.1 Main composition of basic diet

组分	水份	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	粗灰分	食盐	钙	总磷
百分含量	≤ 10.0	≥ 46.0	≥ 3.0	≤ 2.0	≤ 17.0	≤ 2.0	≤ 4.6	≥ 1.5

1.2 方法

1.2.1 试验设计与取材

在基础饲料中分别添加0.5 $\mu\text{g/g}$ 、1.0 $\mu\text{g/g}$ 、2.0 $\mu\text{g/g}$ 的亚硒酸钠和硒酵母,0.2%、0.3%的 β -葡聚糖,0.15%、0.25%的果糖,共10个试验组,以基础饲料为对照组。采用完全随机区组试验设计,每组3个重复,共33个池。室外水泥池大小为12.5 m^2 ,水深40 cm,每池放养幼鳖100只(50 g/只左右),共用幼鳖3300只。每池设充气头一个、饵料台一个、晒背台一个。整个试验期间(2002年7月10日至2002年10月20日)由专人负责养殖和管理,具体参见文献[6]。正式试验前先用基础饲料驯食10 d。试验结束时,对各池幼鳖逐只称重。

根据生长结果,分别从各免疫组选取生长最好的一个梯度,即从2.0 $\mu\text{g/g}$ 的亚硒酸钠、0.5 $\mu\text{g/g}$ 的硒酵母、0.3%的 β -葡聚糖和0.25%的果糖试验组及对照组中分别任取幼鳖30只用于免疫学试验(简称亚硒酸钠组、硒酵母组、 β -葡聚糖组、果糖组和对照组)。各组取15只鳖,用于白细胞吞噬活性与红细胞

天然免疫肿瘤细胞花环试验,另外 15 只鳖用于 T 淋巴细胞活性 E 花环试验和红细胞 C₃b 受体花环试验。

1.2.2 红细胞数量测定

取鳖血 10 μ L,用与仪器配套的血液缓冲液稀释 1 000 倍,由 COUNTER Z2 细胞颗粒计数仪自动测定红细胞数量。每组随机测定 15 只幼鳖。

1.2.3 免疫学试验

红细胞 C₃b 受体花环试验、T 淋巴细胞活性 E 花环试验、红细胞天然免疫粘附肿瘤细胞花环试验及白细胞吞噬活性试验均参照文献 [7] 的方法。

1.3 数据处理

用 SPSS10.0 统计软件,对各项免疫指标及红细胞数量的测定值进行方差分析和均值多重比较分析。对 T 淋巴细胞活性 E 花环试验和红细胞 C₃b 受体花环试验的对应值作线性回归分析。

2 结果

2.1 红细胞数量变化

每组随机测量 15 只中华鳖的红细胞数量,结果表明,在基础饲料中添加适量的亚硒酸钠、硒酵母、 β -葡聚糖和果糖,均可提高中华鳖血液中的红细胞数量,大小顺序为:亚硒酸钠组 > 果糖组 > 硒酵母组 > β -葡聚糖组 > 对照组。亚硒酸钠、果糖及硒酵母组中华鳖的红细胞数量分别平均要比对照组高出 15.60%、13.75% 及 12.75%,比 β -葡聚糖组高出 12.40%、10.77% 及 9.62%。方差分析表明,各组间差异极显著 ($F = 4.94 > F_{0.01, 4, 70} = 3.68$)。均值多重比较发现,亚硒酸钠、硒酵母及果糖组三组间差异虽不显著 ($P > 0.05$),但均显著高于 β -葡聚糖和对照组 ($P < 0.05$),而 β -葡聚糖组与对照组间的差异则不显著 ($P > 0.05$)。此外还发现,对照组中华鳖个体间的红细胞数量变化较大,数量较多的个体 (8.12×10^7 个/mL) 为较少个体 (3.26×10^7 个/mL) 的 2.49 倍,而四个试验组中华鳖个体间的红细胞数量变化相对较小,数量较多的个体仅为较少个体的 1.22 ~ 1.40 倍(表 2)。

表 2 四种免疫增强剂对中华鳖红细胞数量及免疫功能的影响

Tab.2 Effects of four immunostimulants on the number of erythrocytes and immune functions of *Trionyx sinensis*

	亚硒酸钠组	硒酵母组	β -葡聚糖组	果糖组	对照组
红细胞数量	6.89 ^a ± 0.73	6.71 ^a ± 0.39	6.13 ^b ± 0.60	6.79 ^a ± 0.65	5.96 ^b ± 1.10
红细胞 C ₃ b 受体花环率 %	8.25 ^a ± 2.17	7.41 ^a ± 0.93	7.23 ^a ± 1.48	7.83 ^a ± 1.45	6.04 ^b ± 1.01
T 淋巴细胞活性 E 花环率 %	22.64 ^a ± 2.30	18.12 ^b ± 1.04	17.09 ^b ± 0.88	19.96 ^c ± 1.66	14.97 ^d ± 1.63
红细胞自然粘附肿瘤细胞花环率 %	5.37 ^b ± 1.24	5.14 ^{ab} ± 1.25	4.95 ^{ab} ± 1.18	5.23 ^{ab} ± 0.81	4.52 ^a ± 1.03
白细胞吞噬率 %	33.18 ^a ± 2.36	31.62 ^{ac} ± 2.99	30.44 ^{bc} ± 2.96	32.36 ^{ac} ± 2.57	29.37 ^b ± 2.17

注:表中的值为平均数 ± 标准差(n = 15),同一行中各数据上标的小写字母不同,表示试验组间有显著差异($P < 0.05$)。

2.2 红细胞 C₃b 受体花环百分率

试验组和对照组中华鳖的红细胞均能与致敏酵母形成 C₃b 受体花环,花环百分率的大小顺序为:亚硒酸钠组 > 果糖组 > 硒酵母组 > β -葡聚糖组 > 对照组。方差分析表明,四个试验组红细胞 C₃b 受体花环率均极显著高于对照组 ($F = 4.75 > F_{0.01, 4, 70} = 3.68$),但均值多重比较结果表明四个试验组之间的差异不显著 ($P > 0.05$)。四个试验组中华鳖红细胞的相对活性分别比对照组提高了 36.59%、29.64%、22.52% 及 19.54%(表 2)。

2.3 T 淋巴细胞活性 E 花环率

试验组和对照组中华鳖的 T 淋巴细胞均能与绵羊红细胞形成活性 E 花环。花环百分率的大小顺序为:亚硒酸钠组 > 果糖组 > 硒酵母组 > β -葡聚糖组 > 对照组。方差分析表明,四个试验组与对照组

间 T 淋巴细胞活性 E 花环率差异极显著 ($F = 50.175 > F_{0.01;4,70} = 3.68$)。均值多重比较进一步分析表明,除 β -葡聚糖组与硒酵母组之间的差异不显著外 ($P > 0.05$),其余试验组间的差异显著 ($P < 0.05$)。四个试验组中华鳖的 T 淋巴细胞相对活性分别比对照组提高了 51.24%、33.33%、21.04% 及 14.16% (表 2)。

2.4 红细胞天然免疫粘附肿瘤细胞花环率

试验组和对照组中华鳖的红细胞均能粘附肿瘤细胞形成花环,花环百分率的大小顺序与红细胞 C_3b 受体花环率一样。方差分析表明,四个试验组红细胞自然粘附肿瘤细胞花环率与对照组之间的差异不显著 ($F = 1.30 < F_{0.05;4,70} = 3.68$),但均值多重比较后发现,亚硒酸钠组却显著高于对照组 ($P < 0.05$) (表 2)。

2.5 白细胞吞噬活性

试验组和对照组中华鳖的白细胞(嗜中性)均吞噬温和气单胞菌,吞噬率大小顺序为 亚硒酸钠组 > 果糖组 > 硒酵母组 > β -葡聚糖组 > 对照组。方差分析表明,各组间差异极显著 ($F = 34.33 > F_{0.01;4,70} = 3.68$)。均值多重比较后发现,亚硒酸钠组显著高于 β -葡聚糖组和对照组(相对活性提高了 9.0% 和 12.97%),果糖组和硒酵母组显著高于对照组(相对活性提高了 10.18% 和 7.66%) ($P < 0.05$),而其它组间的差异却不显著 ($P > 0.05$) (表 2)。

2.6 红细胞免疫功能与 T 淋巴细胞活性的相关性

四个试验组与对照组中华鳖的红细胞 C_3b 花环率与 T 淋巴细胞活性 E 花环率的对应指标作线性回归分析,结果表明二者间呈明显正相关 ($P < 0.01$) (图 1)。

3 讨论

3.1 不同免疫增强剂使用效果上的差异性

前人的研究已充分证实了鱼类免疫力与营养的关系^[1-5]。但对于爬行动物中华鳖,这方面的研究却很有限。本研究表明(表 2),在基础饲料中添加亚硒酸钠、硒酵母、果糖和 β -葡聚糖四种不同的免疫增强剂,能不同程度地增加中华鳖血液中红细胞数量、促进红细胞免疫功能、提高 T 淋巴细胞活性和白细胞的吞噬活性,从而改善了中华鳖的免疫能力。这与李建良、周显青等的研究结果相似^[8-10],也与季高华等的研究结果一致^[6]。但四种免疫增强剂在对中华鳖红细胞数量及免疫功能的影响上有差异。

本研究发现 2.0 $\mu\text{g/g}$ 亚硒酸钠、0.5 $\mu\text{g/g}$ 硒酵母和 0.25% 果糖能显著提高中华鳖血液中的红细胞数量 ($P < 0.05$),而 0.3% β -葡聚糖的效果却不明显 ($P > 0.05$)。同样,由表 2 可知,在对红细胞免疫功能的提升效果上,亚硒酸钠稍强于果糖和硒酵母,后二者比较接近,而 β -葡聚糖的效果相对较差。Siegel 等^[11]认为,红细胞除具有携氧、运输气体等功能外,还具有重要的免疫功能,在运载和清除循环免疫复合物方面起着重要作用。付立霞的研究表明^[7],受温和气单胞菌感染的患病鳖的红细胞数量及红细胞免疫功能显著下降 ($P < 0.05$)。因此,在实际生产中添加适量亚硒酸钠、硒酵母或果糖以增加中华鳖血液中红细胞数量、促进红细胞功能,对于增强中华鳖抵抗病原微生物的侵袭具有十分重要的意义。

分析表明(表 2),在对 T 淋巴细胞活性及白细胞吞噬活性的影响上,亚硒酸钠最大,果糖与硒酵母其次, β -葡聚糖相对较小。T 淋巴细胞活性 E 花环试验能敏感地反映机体 T 淋巴细胞的功能状态, T 淋

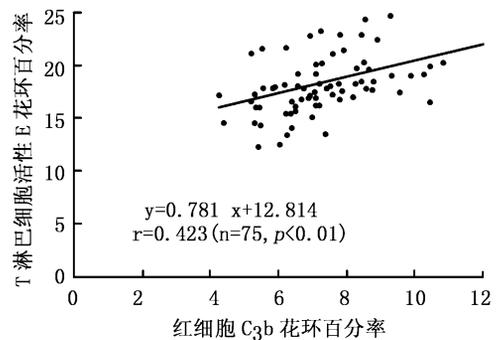


图 1 中华鳖红细胞 C_3b 花环率与 T 淋巴细胞活性 E 花环率间的相关性

Fig.1 Correlation of the percentages of erythrocyte C_3b receptor rosettes and erythrocyte active rosettes of T lymphocyte in *Trionyx sinensis*

巴细胞介导的细胞免疫具有杀伤肿瘤细胞、抗御细胞内寄生的病原微生物等作用^[12]。白细胞吞噬是鳖的非特异性免疫的重要组成部分,它具有吞噬和消灭病原微生物的作用^[7]。因此,T淋巴细胞活性的提高、白细胞吞噬活性的增强,表明免疫增强剂在不同程度上促进了试验组中华鳖的特异性或非特异性免疫功能,从而增强了鳖对生存环境中病原微生物的抵抗力。

3.2 不同免疫增强剂使用效果差异性的原因探讨

至于不同免疫增强剂对中华鳖机体免疫功能影响程度上的差异,可能与免疫增强剂的种类、添加剂量及作用机理等因素相关。其一,硒的生物效应与浓度的关系遵循“Wernberg 原理”,当硒浓度处于适当范围时,硒表现出最佳生物效应;当硒的浓度过低或过高时,硒的生物活性反而降低^[13]。本研究中,只有 2.0 $\mu\text{g/g}$ 亚硒酸钠、0.5 $\mu\text{g/g}$ 硒酵母组中华鳖的生长最佳,而较低浓度的亚硒酸钠、较高浓度的硒酵母都对鳖的生长不利,表明 2.0 $\mu\text{g/g}$ 亚硒酸钠和 0.5 $\mu\text{g/g}$ 硒酵母是比较合适的添加剂量。由于亚硒酸钠的添加浓度为硒酵母的四倍,加之代谢途径上的差异^[13],在短期内(100 d),亚硒酸钠组中华鳖可能比硒酵母组多摄取并利用了一定量的硒,从而更有效地影响了机体的免疫系统,在实际效用表现为亚硒酸钠稍强于硒酵母。但亚硒酸钠利用率较低,动物排泄的硒造成环境污染的危险较大,使用时应多加考虑。而硒酵母具有缓释效应,作用更持久,长期使用效果可能更佳。其二,以鱼粉为蛋白源的商用饲料中的硒,通常消化率和生物利用率较低^[5],在添加 0.25% 果糖后,由于它能改善肠道微生态、促进日粮中矿物元素的吸收、激活机体免疫系统等原因^[6,14],可能使得基础饲料中原来不能被充分利用的硒及其它微量元素得到了充分利用,因而明显地提高了中华鳖的免疫功能。其三,比较而言,0.3% β -葡聚糖对中华鳖免疫功能的影响效果较差,可能与本次试验添加的量较低、葡聚糖的分子量及分子结构等多种因素有关^[6]。哺乳动物的巨噬细胞、粒细胞和 NK 细胞上的特异性受体可与 β -葡聚糖相互作用并被直接激活,释放的细胞素又激活 T、B 细胞,从而刺激机体的特异性与非特异性免疫应答。而中华鳖是否存在能与 β -葡聚糖相互作用的特异性受体,目前仍不可知。Chang 等^[15]发现, β -1,3-葡聚糖对对虾(*Penaeus monodon*)的免疫刺激能力在第 24 d 达到高峰后,免疫衰竭现象非常明显。我们的试验为期 100 d,是否存在类似的现象,有待进一步研究。

3.3 红细胞的免疫调节作用

在人及鼠等高等哺乳动物上已经证实,红细胞不仅参与适应性免疫反应调控,也参与其他固有免疫细胞的天然免疫反应调控^[16,17]。红细胞可以促进淋巴细胞功能^[18],它通过细胞表面的淋巴细胞功能相关抗原 (LAF-3) 补体系统对淋巴细胞进行调控和激活^[19]。但对水产动物而言,鲜见这方面的报道。本研究发现,红细胞 C_3b 花环率与 T 淋巴细胞活性 E 花环率间存在明显正相关($P < 0.01$) (图 1),不仅说明试验所用的免疫增强剂对机体的影响是多方面的,也说明中华鳖的红细胞对 T 淋巴细胞活性具有调节作用,证实了中华鳖的红细胞同样具有免疫调节功能。可见,红细胞在机体内与其它免疫细胞相互作用,形成了复杂的免疫网络,说明 Terme 的“免疫网络学说”,即免疫系统中各个细胞克隆不是处于孤立状态,而是通过自我识别、相互制约和相互刺激,构成一个动态平衡的网络结构^[20],同样适用于水产动物如中华鳖。

综合各方面情况看,0.5 $\mu\text{g/g}$ 硒酵母和 0.25% 果糖似乎是比较适合于中华鳖的免疫增强剂。

参考文献：

- [1] Durve V S, Lovell R T. Vitamin C and disease resistance in channel catfish (*Ictalurus punctatus*) [J]. Can J Fish Aquat Sci, 1982, 39: 948 - 951.
- [2] Chen S C, Yoshida T, Adams A, et al. Non-specific immune response of Nile tilapia, *Oreochromis nilotica*, to the extracellular products of *Mycobacterium* spp and to various adjuvants [J]. J Fish Diseases, 1998, 21: 39 - 46.
- [3] Dalmo R A, Seijelid R. The immunomodulatory effect of LPS, laminaran and sulphated laminaran [α (1,3)-D-glucan] on Atlantic salmon, *Salmo salar* L, macrophages in vitro [J]. J Fish Diseases, 1995, 18: 175 - 185.
- [4] Siwick A K, Anderson D P. Dietary intake of immunostimulants by rainbow trout affects non-specific immunity and protection against furunculosis [J]. Veterinary Immunology and Immunopathology, 1994, 41: 125 - 139.

- [5] 华雪铭,周洪琪,邱小琼. 饲料中添加芽孢杆菌和硒酵母对异域银鲫的生长及抗病力的影响[J]. 水产学报, 2001, 25(5): 448-453.
- [6] 季高华,刘至治,冷向军. 饲料中添加 β -葡聚糖和低聚果糖对中华鳖幼鳖生长和血清 SOD、溶菌酶活力的影响[J]. 上海水产大学学报, 2004, 13(1): 36-40.
- [7] 傅立霞,蔡完其,刘至治. 中华鳖温和气单胞菌病对其免疫功能的影响[J]. 上海水产大学学报, 2003, 12(3): 238-242.
- [8] 李建良. 纯中草药饲料添加剂对中华鳖抗病力的影响[J]. 湖南农业科学, 2000, 22(4): 41-43.
- [9] 周显青,牛翠娟,孙儒泳. 黄芪对中华鳖免疫和抗酸性应急能力的影响[J]. 水生生物学报, 2003, 27(1): 110-112.
- [10] 周显青,牛翠娟,孙儒泳. 维生素 C 和 E 合用对中华鳖幼鳖非特异性免疫功能的影响[J]. 水生生物学报, 2004, 28(4): 356-360.
- [11] Siegel I, Lin T L, Gleichen N. The red cell immune system[J]. Lancet, 1981, 2: 556-559.
- [12] 李振林. 微生物学及其检验技术[M]. 广东: 广东科技出版社, 1993. 68-69, 536-539.
- [13] 王海宏,谢忠忱. 硒的生物学功能及其机理研究[J]. 动物营养学报, 2003, 15(3): 6-11.
- [14] Ohta A M, Ohtsuki S, Baba S, et al. Calcium and magnesium absorption from the colon and rectum are increased in rats fed fructooligosaccharides [J]. J Nutr, 1995, 125: 2417-2424.
- [15] Chang C F, Chen H Y, Su M S, et al. Immunomodulation by dietary β -1, 3-glucan in the brooders of the black tiger shrimp *Penaeus monodon*[J]. Fish & Shellfish Immunology, 2000, 10: 505-514.
- [16] Cohen J H, Lutz H V, Pennafort J L, et al. Peripheral catabolism of CR1 (the C3b receptor CD35) on erythrocytes from healthy individuals and patients with systemic lupus erythematosus (SLE) [J]. Clin Exp Immunol, 1992, 87: 422-427.
- [17] 郭峰. 红细胞免疫的研究和意义[J]. 自然杂志, 2002, 24(5): 268-273.
- [18] 郭峰,钱宝华,许育,等. 红细胞免疫分子 CR1 密度相关基因组多态性与其天然免疫活性[J]. 中华血液学杂志, 2002, 23(5): 274-275.
- [19] 郭峰,钱宝华,张乐之. 现代红细胞免疫学[M]. 上海: 第二军医大学出版社, 2002. 1-40.
- [20] 金伯泉. 细胞和分子免疫学[M]. 西安: 世界图书出版公司, 1995. 266-317.

《上海水产大学学报(光盘版)》、《水产学报(光盘版)》再版发行

《上海水产大学学报(光盘版)》、《水产学报(光盘版)》将于 2006 年 4 月再版发行, 新版本的
两刊光盘涵盖了从创刊到 2005 年底的所有文章的全文。欢迎从事水产科研、教学等相关领域的
读者订阅, 每刊光盘定价 50 元(含邮费), 需要者可直接汇款到编辑部, 联系地址: 上海市军工路
334 号上海水产大学 48 信箱, 联系人: 伍稷芳, 邮编: 200090, 电话: 021-65710232, 同时请注明订
阅光盘的名称。另外, 本刊对已经购买过两刊旧版光盘的读者只收取少量升级服务费和邮寄费
20 元, 请读者主动和编辑部联系, 并将原购买光盘的发票复印件和 20 元邮寄费寄到编辑部。