



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材

水产动物免疫学

肖克宇 主编

 中国农业出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材

水产动物免疫学

SHUICHANDONGWU MIANYIXUE

肖克宇 主编

中国农业出版社



图书在版编目 (CIP) 数据

水产动物免疫学/肖克宇主编. —北京: 中国农业出版社, 2011. 6

普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 普通高等教育农业部“十二五”规划教材. 全国高等农林院校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-109-16284-6

I. ①水… II. ①肖… III. ①水生动物—免疫学—高等学校—教材 IV. ①S94

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 239459 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

策划编辑 曾丹霞

文字编辑 李国忠

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2011 年 6 月第 1 版 2011 年 6 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 26.5

字数: 651 千字

定价: 43.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本教材是作者们根据自己的教学和科研经验，在大量精选国内外最新文献的基础上首次在我国编著的水产动物免疫学教材。全书包括绪论，免疫学基础，贝类、甲壳类、棘皮类、鱼类、两栖类、爬行类和水栖哺乳类动物的免疫以及水产动物的免疫检测技术、免疫调节剂和生物药品等内容，共 13 章。与相关免疫学书籍比较，本书既有基础免疫学的基本知识，又重点对不同分类地位的水产动物的免疫及实际应用技术进行了详细介绍，文字简明扼要，理论与实践并重，适应性和可读性强，是水产养殖类本科的最新教材，也可供从事水产、动物科学、动物医学、动物检疫、生物技术、生物工程和生物科学学科的教学、科研及生产人员参考。

主 编 肖克宇 (湖南农业大学)

副主编 陈昌福 (华中农业大学)

李月红 (吉林农业大学)

李瑾年 (安徽农业大学)

编 者 (以姓名笔画为序)

闫 芳 (山西农业大学)

李月红 (吉林农业大学)

李瑾年 (安徽农业大学)

肖克宇 (湖南农业大学)

陈昌福 (华中农业大学)

钟 蕾 (湖南农业大学)

柴家前 (山东农业大学)

前 言

近十几年来,我国名优鱼类以及贝类、虾、蟹、海胆、海参、蛙、龟、鳖、鳄等特种水产动物养殖迅猛发展,很多沿海水域和内陆水域成了养殖水体,我国已成为世界上水产养殖产量最大的国家。然而,随着水产动物养殖数量和规模的扩大,频繁发生的病害严重阻碍了渔业的进一步发展,各类抗菌类药物在水体的大量应用使得水域污染、耐药微生物增加、水产品质量下降。因此,人们比以往任何时候都更加重视水产动物的免疫防治,认为免疫防治是控制水产动物疾病、减少水产品和水环境污染的有效途径,水产动物的免疫理论和技术方法备受关注,社会也迫切需要高等院校培养出能从事水产动物免疫学研究和应用的专门技术人才。

20世纪末,在我国高校水产类专业教学中,免疫学课程已从水产微生物学中独立出来,但迄今为止,尚无水产动物免疫的专门教材,长期以来一直用动物免疫学、兽医免疫学和医学免疫学等书籍作为教学用书,尽管这在一定程度上促进了各类水产动物免疫研究的深入。然而,水产动物毕竟因分类地位不同,形态、构造和免疫等生物学特性与哺乳类尤其是与人类存在巨大差异,上述免疫学书籍已有很大的局限性和不适用性。中国农业出版社于2006年决定出版《鱼类免疫学》,后经教育部批准并以《水产动物免疫学》为名作为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,这是非常有意义的事情,不仅能使涉及分类地位不同的水产动物的免疫理论与技术形成体系,成为免疫学的分支学科,适应水产业持续发展的需要,还可将水产动物的免疫研究引向深入,丰富免疫学理论,在生产中发挥更大作用,促进渔业乃至整个国民经济不断向前发展。

在我国,水产动物免疫学是作为水产养殖专业的专业基础课以选修或必修形式开出的课程,该课程是免疫学的一个分支学科,是在研究免疫学的一般理论和技术的基础上,研究水产动物的免疫系统、免疫应答与免疫功能,并运用免疫学知识和技术诊断、防治水产动物疾病和开展其他相关免疫应用的科学。为保障知识的系统性,本书在编写时把免疫学基础单列一章,在此基础上再分章介绍贝类、甲壳动物、棘皮动物、鱼类、两栖动物、爬行动物和水栖哺乳动物等水产动物的免疫,并尽量从非特异性免疫到特异性免疫,从免疫器官到免疫分子,从形态结构到功能等来组织篇章结构,凡基础免疫中涉及的概念、理论、应用等内容均在各类水产动物免疫的相应章节中有所体现,并重点突出各

类动物的免疫特性，使之既合乎科学规律，也符合教学规律，即由易到难、从简到繁的循序渐进认知规律，使学生能系统学习和掌握本课程的基本知识。由于本课程专业性强，在水产养殖业中有广泛应用价值，本书又介绍了免疫检测方法、水产动物的免疫细胞和体液因子检测、血清学检测技术、免疫调节剂和水产动物的生物制品等，使学生尽可能了解和掌握免疫学的基本技能，能应用免疫学方法为专业服务。然而，水产动物的免疫研究空白点较多，研究内容零散或结果不一致，加之本教材又是国内首次出版，该领域科技发展又十分迅速，有些章节可能编写欠妥，教材内容的完整性与先进性受到限制，难以及时反映本领域国内外现状和进展，因此，教师在具体教学中应注意如下各点：①应及时而准确地补充一些新概念、新动态和新成果，不断丰富和更新教学内容，始终要体现教学内容的系统性、条理性和先进性；②应根据章节及理论体系上的重要性和实用性组织好内容取舍，有些还得重新归纳和组织，对各章节中的重点和难点应力求讲深讲透；③由于教材内容多，学时少，教材中部分内容可安排自学；④本课程的理论和实践独成体系，教学中应精选实验，适当加强实验教学，重视对学生能力的培养。通过实验又可加深学生对理论的认识和理解。

参加本书编写的人员分别来自全国7所高校的教师，各自均有一定的教学、科研经验，其中：肖克宇主要编写第一章、第二章、第五章、第七章、第十章和第十二章；陈昌福主要编写第六章；闫芳编写第三章和第九章；李谨年编写第四章；柴家前编写第十三章；钟蕾编写第八章；李月红编写第十一章。编写前，编者们集体开会拟订了编写大纲，规定了编写内容和具体要求，初稿完成后经主编统稿和初审，最后再次经主编和各位编者修改后定稿。

本书编写过程中得到了中国农业出版社的大力支持，各作者们所在学校的有关老师、院、系和教务处相关人员也给予了大力支持，同时，书中我们引用了国内外大量文献资料和书刊，限于篇幅，未能一一列出，恳请原作者及出版单位原谅，并在此对上述单位和人员一并致谢。

由于编写时间紧迫，编者学识有限，加之学科进展之快，文献较多，错误和不妥之处在所难免，敬请读者批评指正，以便再版时修改完善。

肖克宇

2011年6月于长沙

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 免疫与免疫学的基本概念	1
一、免疫的概念	1
二、免疫功能	1
三、免疫学的概念	2
第二节 免疫学研究的主要内容	2
第三节 免疫学发展简史	3
一、开创期	3
二、传统免疫学时期	3
三、近代免疫学时期	4
四、现代免疫学时期	5
第四节 动物免疫系统的发生与发展	6
一、无脊椎动物半免疫防御功能的发生与发展	6
二、脊椎动物特异性免疫功能的发生与发展	8
第五节 我国水产动物免疫研究的主要进展	10
一、贝类免疫	10
二、甲壳动物免疫	10
三、棘皮动物免疫	10
四、鱼类免疫	11
五、两栖动物免疫	11
六、爬行动物免疫	11
七、水栖哺乳动物免疫	12
第六节 免疫学应用的主要范围	12
一、快速诊断疾病	12
二、防治疾病	13
三、确定动物的亲缘关系和鉴定血型	13
四、控制性别	13
五、检测动物体内的超微量活性物质	13
六、检测药物残留	13
七、体内某些物质的定位	14
本章小结	14
复习思考题	14
第二章 免疫学基础	15
第一节 免疫类型	15

一、天然免疫	15
二、获得性免疫	16
第二节 非特异性免疫及其形成机制	17
一、屏障结构	17
二、吞噬细胞	18
三、自然杀伤细胞	19
四、补体	20
五、溶菌酶	25
六、吞噬作用激素	25
七、膜结合受体	25
八、干扰素	25
九、其他有杀菌作用的物质	26
十、炎症反应	27
十一、种的免疫	27
第三节 抗原	27
一、抗原的概念	27
二、构成抗原的条件	27
三、特异性与抗原决定簇	28
四、抗原的交叉性	29
五、抗原的种类	29
六、主要微生物抗原	31
第四节 免疫系统	33
一、免疫器官	33
二、免疫细胞	35
三、淋巴器官和免疫细胞的进化	39
第五节 抗体	40
一、抗体的概念	40
二、抗体的基本结构和功能	40
三、各类抗体的主要特性与功能	43
四、抗体的生物学活性	44
五、抗体的分类	45
六、抗体的基因及其表达	46
七、抗体的进化	48
八、抗体基因表达方式的进化	48
第六节 细胞因子	49
一、细胞因子的来源	50
二、细胞因子的分类	50
三、细胞因子的特性	51
四、细胞因子的基因	52
五、细胞因子的生物学活性	53
六、细胞因子与疾病	55
第七节 特异性免疫应答	56
一、特异性免疫的概念	56

二、免疫应答的基本过程	56
三、细胞免疫	57
四、体液免疫	58
第八节 免疫应答的调节	61
一、免疫细胞间的调节	61
二、抗原抗体的调节	62
三、免疫的遗传调节	62
第九节 主要组织相容性复合体	63
一、主要组织相容性复合体和人白细胞抗原的基本概念	63
二、主要组织相容性复合体分子的结构、分布和功能	64
第十节 抗感染免疫	66
一、抗感染免疫的主要机制	66
二、抗细菌感染的免疫	67
三、抗真菌感染的免疫	67
四、抗病毒感染的免疫	68
五、抗寄生虫感染的免疫	69
第十一节 异常免疫应答	71
一、变态反应	71
二、自身免疫性疾病	73
三、免疫缺陷	74
四、免疫耐受	74
五、移植排斥反应	74
六、免疫监视和肿瘤免疫	75
本章小结	76
复习思考题	78
第三章 贝类的免疫	79
第一节 贝类及其免疫的特性	79
一、贝类概述	79
二、贝类免疫的特性	80
第二节 贝类免疫的机制	80
一、贝类的细胞防御	81
二、贝类的体液防御因子	87
第三节 影响贝类免疫的主要因素	92
一、环境因子对海洋双壳贝类免疫系统的影响	92
二、病原刺激对贝类免疫活性的影响	93
三、免疫增强剂对贝类免疫的影响	94
第四节 检测贝类免疫的主要方法	95
一、贝类血细胞的分类和形态观察	95
二、扇贝血细胞化学染色法	96
三、贝类血细胞吞噬作用研究	97
四、血淋巴中与免疫相关酶的测定	97
五、扇贝血细胞活性氧的自由基检测	99

第五节 增强贝类免疫的措施	100
一、一般性措施	100
二、使用非特异性免疫刺激物	100
三、抗病育种	100
本章小结	100
复习思考题	101
第四章 甲壳动物的免疫	102
第一节 甲壳动物的免疫系统	102
一、虾类免疫系统	102
二、蟹类免疫系统	104
第二节 甲壳动物的免疫机制	105
一、屏障结构	105
二、细胞免疫	106
三、体液免疫	107
第三节 影响甲壳动物免疫功能的主要因素	120
一、自然节律对甲壳动物免疫功能的影响	120
二、酸碱度、盐度和溶解氧对甲壳动物免疫功能的影响	120
三、重金属与有机物对甲壳动物免疫功能的影响	121
四、营养对甲壳动物免疫功能的影响	122
第四节 甲壳动物免疫功能的检测方法	123
一、总血淋巴细胞密度的测定	123
二、血细胞吞噬活性的测定	124
三、血清酚氧化酶活性的测定	124
四、血清凝集素活性的测定	124
五、血清溶血素活性的测定	125
六、血清超氧化物歧化酶活性的测定	125
七、血清溶菌酶活性的测定	125
八、血清磷酸酶活性的测定	126
九、抗菌肽活性的测定	127
十、血淋巴蛋白含量的测定	127
第五节 增强甲壳动物免疫功能的措施	128
一、免疫增强剂种类	128
二、甲壳动物常用的免疫增强剂	129
三、影响免疫增强剂效果的因素	135
本章小结	136
复习思考题	137
第五章 棘皮动物的免疫	138
第一节 棘皮动物及其免疫的特性	138
一、棘皮动物概述	138
二、棘皮动物免疫的特性	139

第二节 棘皮动物的免疫机制	139
一、细胞免疫	139
二、体液免疫	142
第三节 棘皮动物免疫的主要检测方法	145
第四节 增强棘皮动物免疫的措施	146
一、一般性措施	146
二、使用非特异性免疫刺激物	146
三、抗病育种	146
本章小结	146
复习思考题	146
第六章 鱼类的免疫	147
第一节 鱼类的非特异性免疫	147
一、体表防御屏障	147
二、吞噬作用	148
三、补体系统	150
四、体液中的非特异性免疫物质	155
五、种的易感性	161
第二节 鱼类的免疫系统	161
一、鱼类的免疫器官和组织	162
二、鱼类的免疫细胞	167
第三节 鱼类的免疫球蛋白	169
一、鱼类产生免疫球蛋白的细胞和组织	169
二、鱼类免疫球蛋白产生的基本过程和一般规律	169
三、鱼类体液中的免疫球蛋白及其类型	170
四、鱼类免疫球蛋白分子及其基因的结构	172
第四节 鱼类的细胞因子	176
一、鱼类细胞因子的主要种类	176
二、鱼类体内细胞因子的主要检测方法	180
三、细胞因子和鱼类免疫细胞的关系	180
四、鱼类细胞因子和非特异性免疫系统的关系	181
五、鱼类细胞因子和内分泌系统的关系	181
六、鱼类细胞因子的应用	182
第五节 鱼类主要组织相容性复合体	183
第六节 鱼类特异性免疫应答	184
一、特异性免疫的概念	184
二、鱼类免疫应答的基本过程	184
三、鱼类细胞免疫	184
四、鱼类体液免疫	186
第七节 影响鱼类免疫的主要因素	187
一、抗原方面的因素	187
二、机体方面的因素	187

三、环境方面的因素	188
四、免疫方法的影响	189
第八节 增强鱼类免疫防御功能的主要措施	190
一、消除降低鱼类免疫机能的各种影响因素	190
二、实施免疫接种	190
三、应用人工被动免疫制剂	193
四、使用免疫刺激剂	193
五、抗病育种	193
本章小结	194
复习思考题	194
第七章 两栖动物的免疫	196
第一节 两栖动物的非特异性免疫	196
一、两栖动物的皮肤及其分泌物	197
二、两栖动物的吞噬细胞和红细胞	198
三、两栖动物的组织和体液中的抗微生物物质	200
第二节 两栖动物的特异性免疫	201
一、两栖动物的免疫器官与组织	201
二、两栖动物的细胞免疫	204
三、两栖动物的体液免疫	205
第三节 影响两栖动物免疫的因素	205
一、环境因子对两栖动物免疫功能的影响	205
二、自身因子对两栖动物免疫功能的影响	206
第四节 增强两栖动物免疫的主要措施	206
本章小结	207
复习思考题	208
第八章 爬行动物的免疫	209
第一节 爬行动物的非特异性免疫	210
一、爬行动物的非特异性防病机制	210
二、爬行动物的非特异性免疫因子	210
第二节 爬行动物的特异性免疫	213
一、爬行动物参与免疫应答的主要器官和组织	213
二、爬行动物的细胞免疫	217
三、爬行动物的体液免疫	218
第三节 爬行动物的抗体	219
第四节 影响爬行动物免疫的因素	220
一、个体因素	220
二、环境因素	221
三、免疫原	221
第五节 增强爬行动物免疫的措施	221
一、免疫增强剂的应用	222

二、被动免疫·····	222
三、疫苗研制与应用·····	222
本章小结·····	223
复习思考题·····	224
第九章 水栖哺乳动物的免疫 ·····	225
第一节 水栖哺乳动物及其免疫的一般特性 ·····	225
一、哺乳动物·····	225
二、水栖哺乳动物·····	225
第二节 水栖哺乳动物免疫系统 ·····	226
一、水栖哺乳动物免疫器官组织学·····	226
二、水栖哺乳动物免疫球蛋白的特征·····	228
三、水栖哺乳动物免疫球蛋白的水平·····	229
四、水栖哺乳动物细胞免疫·····	229
五、水栖哺乳动物主要组织相容性复合体·····	231
第三节 环境因素对水栖哺乳动物免疫系统的影响 ·····	233
一、有机氯化物对水栖哺乳动物表现出免疫毒害作用·····	233
二、金属元素对水栖哺乳动物免疫的影响·····	234
三、多环芳香烃类化合物对水栖哺乳动物免疫的影响·····	234
四、紧张性环境刺激因素对水栖哺乳动物免疫的影响·····	234
五、性别、饲料和激素等因素对水栖哺乳动物免疫的影响·····	234
本章小结·····	235
复习思考题·····	235
第十章 水产动物免疫细胞及部分体液因子的检测 ·····	236
第一节 免疫细胞及其功能的检测 ·····	236
一、T细胞检测·····	236
二、B细胞检测·····	240
三、自然杀伤细胞功能检测·····	243
四、吞噬细胞吞噬试验·····	244
五、细胞增殖测定(MTT比色法)·····	247
六、红细胞免疫功能测定·····	249
第二节 水产动物免疫部分体液因子的检测 ·····	250
一、血清补体测定·····	250
二、C3含量测定·····	253
三、血清溶血素测定·····	253
四、溶菌酶测定·····	254
五、白细胞介素检测·····	255
六、干扰素检测·····	260
本章小结·····	261
复习思考题·····	261

第十一章 水产动物的血清学技术及其应用	262
第一节 抗体的制备技术	262
一、免疫制备技术	262
二、抗体制备技术	263
三、抗体鉴定	268
四、抗体的纯化和保存	269
第二节 血清学反应的特性及类型	270
一、血清学反应的特性	270
二、主要血清学反应类型	274
第三节 水产动物疫病的免疫诊断	289
一、鲤春病毒血症	289
二、白斑综合征	290
三、草鱼出血病	290
四、传染性脾肾坏死病	292
五、锦鲤疱疹病毒病	293
六、淡水鱼细菌性败血症	293
七、病毒性神经坏死病	293
八、流行性造血器官坏死病	294
九、斑点叉尾鮰病毒病	294
十、鱼传染性造血器官坏死病	295
十一、病毒性出血性败血症	295
十二、流行性溃疡综合征	295
十三、桃拉综合征	296
十四、黄头病	297
十五、罗氏沼虾白尾病	297
十六、对虾杆状病毒病	298
十七、传染性皮下和造血器官坏死病	299
十八、传染性肌肉坏死病	299
十九、鲟类肠道败血症	300
二十、迟缓爱德华氏菌病	300
二十一、链球菌病	300
二十二、河蟹颤抖病	301
二十三、斑节对虾杆状病毒病	301
二十四、鲍脓疱病	302
二十五、鲍立克次体病	302
二十六、鲍病毒性死亡病	303
二十七、鳖腮腺炎病	303
二十八、蛙脑膜炎败血金黄杆菌病	303
二十九、鱼疔疮病	304
三十、鲑传染性胰脏坏死病	304
第四节 某些化学物质的免疫分析	307
一、外源化合物的特异抗体制备过程	308

二、免疫检测新技术	310
三、免疫分析方法学建立与评价	326
四、生物活性物质免疫检测	329
本章小结	336
复习思考题	337
第十二章 调节水产动物免疫功能的药物	338
第一节 免疫抑制剂	338
一、免疫抑制剂的药理作用特点	338
二、免疫抑制剂的常用种类	338
第二节 免疫增强剂	339
一、免疫增强剂的作用特性	339
二、免疫增强剂的主要类型	340
三、水产上常用的免疫增强剂	340
四、中草药的免疫作用和主要种类	343
本章小结	357
复习思考题	358
第十三章 水产动物的生物制品	359
第一节 生物制品概述	359
一、生物制品的概念	359
二、生物制品命名原则	359
三、生物制品的作用机制	360
四、生物制品的特点	360
五、生物制品的分类	360
六、鱼用生物制品的应用前景	362
第二节 水产动物疫苗的主要类型	362
一、传统疫苗	362
二、新型疫苗	364
第三节 水产动物疫苗的一般制造方法	367
一、疫苗研制的一般过程	367
二、用于疫苗研究的菌(毒)种及培养基	368
三、疫苗原液生产工艺的主要技术参数	369
四、免疫佐剂	369
五、疫苗质量控制及检定的要求	370
六、疫苗临床试验	371
七、新生物制品临床研究申报与审批	373
第四节 水产动物疫苗的生产和管理	373
一、基本概念	373
二、机构和人员	374
三、厂房与设施	374
四、设备	374

五、生产管理·····	375
第五节 几种水产动物疫苗的生产与应用·····	377
一、草鱼出血病疫苗的制备及检验·····	377
二、草鱼出血病细胞培养灭活疫苗制备及检验·····	379
三、传染性胰脏坏死症疫苗制备及检验·····	379
四、鱼运动性气单胞菌败血症灭活疫苗制造·····	380
五、鱼疔疮病灭活疫苗制造·····	380
六、鱼弧菌病灭活疫苗制造·····	381
七、红嘴肠炎灭活疫苗制造·····	381
八、爱德华氏菌败血症灭活疫苗制造·····	382
九、细菌性肾病灭活疫苗制造·····	383
十、国内几种水产动物菌苗的初步研制·····	383
第六节 水产动物疫苗的接种途径和免疫程序·····	386
一、疫苗预防接种的类型·····	386
二、疫苗的接种途径·····	386
三、使用疫苗的注意事项·····	388
四、制定免疫程序的科学依据·····	389
第七节 水产动物新型疫苗的研制和应用·····	390
一、核酸疫苗·····	390
二、转基因植物疫苗·····	393
本章小结·····	395
复习思考题·····	395
主要参考文献·····	396