



渔业技术 与健康养殖

(2013—2014)

Fishery Technology and
Healthy Culture

郭文 主编



中国海洋大学出版社
CHINA OCEAN UNIVERSITY PRESS



渔业技术

与健康养殖

郭 文 主编

中国海洋大学出版社

• 青 岛 •

内容简介

本书收录了山东省海洋生物研究院科研人员 2013 年至 2014 年发表在核心期刊的 70 篇论文,涵盖基础生物学及生理生态、繁育生物学与种质培育、健康养殖技术、营养生理与水产品安全、水生动物病害防治以及讨论与建言等六个部分。

本书可供高等院校、科研院所以及从事养殖工作的科技人员、生产者和管理工作者参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

渔业技术与健康养殖 / 郭文主编. — 青岛: 中国海洋大学出版社, 2016. 11

ISBN 978-7-5670-1300-1

I. ①渔… II. ①郭… III. ①渔业—文集②水产养殖—文集 IV. ①S9-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 284375 号

出版发行	中国海洋大学出版社	
社 址	青岛市香港东路 23 号	邮政编码 266071
出 版 人	杨立敏	
网 址	http://www.ouc-press.com	
电子信箱	1079285664@qq.com	
订购电话	0532-82032573 (传真)	
责任编辑	孟显丽 孙宇菲	电 话 0532-85901092
装帧设计	汇英文化传媒	
印 制	日照报业印刷有限公司	
版 次	2016 年 12 月第 1 版	
印 次	2016 年 12 月第 1 次印刷	
成品尺寸	185 mm × 260 mm	
印 张	37.25	
字 数	853 千	
定 价	98.00 元	

编委会

主编 郭 文

编委 刘洪军 吴海一 雷西娟 郭萍萍 宋爱环 李天保
邱兆星 李成林 王 娟 王 颖 官曙光 胡发文
潘 雷 赵旭东

前言 Preface

中共中央、国务院在“加快推进生态文明建设”的意见中指出要“加强海洋资源科学开发和生态环境保护”,山东省提出“海上粮仓”战略规划,为山东省海洋渔业带来更大的发展机遇,也为山东省海洋生物研究院的发展提供了更为广阔的空间。我院自 2014 年 10 月迁入新址,办公条件、实验场所、科研设施、仪器设备等条件上了新的台阶,为研究院积极参与“生态文明”和“海上粮仓”建设提供了有力支撑。在“十二五”收官之年,总结过去、展望未来,提高自主创新能力、提升技术创新水平是全院努力的主要方向,自汪洋副总理视察山东省海洋渔业以来,科企精准对接、科技成果转化已成为研究院发挥科技支撑作用的必然要求。

为了促进渔业技术交流与推广,山东省海洋生物研究院收集本院科技人员 2013 年至 2014 年发表在核心期刊的论文共 70 篇,编纂《渔业技术与健康养殖》(2013—2014)一书,涵盖基础生物学与生理生态、繁育生物学与种质培育、健康养殖技术、营养生理与水产品安全、水生生物疫病防治、讨论与建言等内容。本书是我院科技人员殚精竭虑、刻苦钻研的累累硕果,凝结了大家的心血与汗水,弥足珍贵,是我院科技论文阶段性成果的总结,可供渔业科技工作者、大专院校学生参考、查阅和收藏,也期望能够为基层技术人员和生产企业在实际生产中借鉴应用,从而促进我院技术成果的转化。

成立 60 多年来,山东省海洋生物研究院为我国海水养殖业发展的五次

浪潮做出了重要贡献,进入“十三五”创新发展新时期,国家提出了建设“海洋强国”“科技强国”战略,更要求我们研究院人锐意创新,勤勉耕耘,为即将到来的第六次浪潮推波助澜。“路漫漫其修远兮,吾将上下而求索”,我们全院科技人员将秉承“科技强院,人才兴院”的宗旨,紧紧围绕“海上粮仓”建设,严谨务实、精益求精,注重科技创新,注重科研成果的生产力转化,将更多的优秀论文谱写于蔚蓝的海洋中,为山东省海洋渔业的持续发展而努力拼搏。

山东省海洋生物研究院院长



2016年12月20日

第一章 基础生物学及生理生态

浒苔对刺参幼参生长影响的初步研究·····	3
非标记探针 HRM 法在中国对虾(<i>Fenneropenaeus chinensis</i>) EST-SNP 筛选中的应用 ·····	13
斑点鲆(<i>Oncorhynchus mykiss</i>)幼鱼消化酶活力的昼夜化·····	22
大泷六线鱼(<i>Hexagrammos otakii</i>)仔鱼饥饿实验及不可逆点的研究·····	30
大泷六线鱼仔、稚、幼鱼期消化酶活力的变化·····	38
利用响应面法优化鼠尾藻幼苗生长条件的研究·····	49
一株刺参养殖池塘降解菌的鉴定及其发酵条件的优化·····	57
海黍子对外源无机碳利用机制的初步研究·····	64
水温、盐度、pH 和光照度对龙须菜生长的影响·····	73
温度、光强和营养史对羊栖菜无机磷吸收的影响·····	80
光照和温度对脆江蓠的生长和生化组成的影响·····	88
光照强度对海黍子(<i>Sargassum muticum</i>)生长及部分生化指标的影响·····	98
水层深度及水流速度对鼠尾藻幼苗生长和叶绿素 a 含量的影响·····	105
不同氮、磷浓度及对比对鼠尾藻幼苗生长的影响·····	112
文蛤对重金属 Cu 的富集与排出特征·····	118
异源铜盐对仿刺参幼参急性毒性及组织形态学影响·····	126
汞及甲基汞在栉孔扇贝全组织内的积累与净化·····	136
Fe ³⁺ 对鼠尾藻光合呼吸作用和生化组成的影响·····	147
镉在两种经济贝类体内富集与排出的动力学研究·····	153
山东沿海菲律宾蛤仔不同地理群体遗传多样性的 AFLP 分析·····	162
低盐胁迫对刺参非特异性免疫酶活性及抗菌活力的影响·····	168

Habitat Suitability Analysis of Eelgrass <i>Zostera Marina</i> L. in the Subtidal Zone of Xiaoheishan Island	175
---	-----

第二章 繁育生物学与种质培育

黄海大头鳕胚胎发育过程	193
使用群体选育法选择大菱鲆耐高温亲鱼群体	201
大菱鲆子二代家系及亲本耐高温能力的比较	205
美洲黑石斑精子超低温保存研究	214
温度、盐度对斑点鲆发眼卵孵化的影响	221
地下深井水及水温对半滑舌鳎生长发育的影响	228
Breeding and Larval Rearing of Bluefin Leatherjacket, <i>Thamnaconus Modestus</i>	234

第三章 健康养殖技术

苗种来源与增殖环境对底播刺参生长与存活的影响	247
温度对室内鼠尾藻生长影响及海上快速养殖试验	253
青岛马尾藻池塘栽培生态观察	258
鼠尾藻池塘秋冬季栽培生态观察	264
饲料中添加枯草芽孢杆菌对促进大菱鲆生长及养殖水环境的影响	274
春季刺参池塘养殖管理技术要点	280
水温、盐度、pH 和光照度对龙须菜生长的影响	283
Research Method in the Influence of Reclamation on Fishery Resources	289
Integrated Bioremediation Techniques in a Shrimp Farming Environment under Controlled Conditions	295
PSR 模型在环渤海集约用海对渔业资源影响评价中应用的初步研究	307

第四章 营养生理与水产品安全

不同地理群体魁蚶的营养成分比较研究	315
青岛魁蚶软体部营养成分分析及评价	323
多棘海盘车营养成分分析及评价	331
浒苔作为仿刺参幼参植物饲料源的可行性研究	340
响应面法优化浒苔鱼松的加工工艺	347
文蛤对重金属 Cu 的富集与排出特征	355
太平洋牡蛎对铜的生物富集动力学特性研究	363

第五章 水生动物病害防治

一种水产迟钝爱德华氏菌快速药敏检测方法的研究·····	373
脂多糖与 β 葡聚糖对迟钝爱德华氏菌亚单位疫苗的免疫促进效果研究·····	382
刺参用新型免疫增强剂的应用·····	391
不同免疫增强剂对仿刺参肠道消化酶活性及组织结构的影响·····	398
黄芪多糖微胶囊制备及对刺参抗病力的影响·····	406
微胶囊剂型黄芪多糖对刺参生长性能、免疫力及抗病力的影响·····	412
致病性灿烂弧菌的分离鉴定及药敏特性研究·····	421
中国对虾和日本对虾对白斑综合征病毒(WSSV)敏感性的比较·····	428
Adjuvant and Immunostimulatory Effects of LPS and β -glucan on Immune Response in Japanese Flounder, <i>Paralichthys Olivaceus</i> ·····	432
Synergy of Microcapsules Polysaccharides and <i>Bacillus Subtilis</i> on the Growth, Immunity and Resistance of Sea Cucumber <i>Apostichopus Japonicus</i> against <i>Vibrio Splendidus</i> Infection·····	447
Effects of Small Peptide on Non-specific Immune Responses in Sea Cucumber, <i>Apostichopus Japonicus</i> ·····	461
Rapid, Simple, and Sensitive Detection of <i>Vibrio Alginolyticus</i> by Loop-Mediated Isothermal Amplification Assay·····	475
Immunopotentiating Effect of Small Peptides on Primary Culture Coelomocytes of Sea Cucumber, <i>Apostichopus Japonicus</i> ·····	483

第六章 讨论与建言

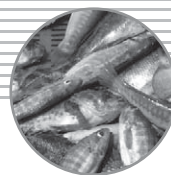
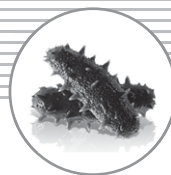
山东省环渤海区域主要鱼类资源变化的研究·····	495
加快推进我省刺参生态健康养殖发展的建议·····	503
黄三角地区刺参产业状况与发展建议·····	507
关于山东省推进浅海底栖渔业资源开发战略的设想·····	511
我国海上筏式养殖模式的演变与发展趋势·····	522
斑点鲷网箱养殖技术·····	530
海域承载力研究进展·····	533
试论我国无居民海岛开发与保护——从海洋国家利益的战略高度·····	542
山东省休闲渔业建设及发展探讨·····	552
养殖海藻种质资源保存研究进展·····	557
浒苔生理活性与开发利用研究进展·····	565

附 录

鲆鲽鱼类常见病害初诊速查检索表·····	575
大黄鱼常见病害初诊速查检索表·····	580
鲍鱼常见病害初诊速查检索表·····	582

第一章

基础生物学及生理生态



浒苔对刺参幼参生长影响的初步研究

浒苔(*Enteromorpha*)属于绿藻门(*Chlorophyta*)绿藻纲(*Chlorophyceae*)石莼目(*Ulvales*)石莼科(*Ulvaceae*),主要有条浒苔(*Enteromorpha clathrata*)、肠浒苔(*Enteromorpha intestinalis*)、扁浒苔(*Enteromorpha compressa*)、浒苔(*Enteromorpha prolifera*)和小管浒苔(*Enteromorpha tubulosa*)5种^[1],是中国近海常见的一类大型绿藻,为黄海、东海海域优势种^[2]。浒苔自古以来即被作为食用和药用植物^[3],具有丰富的营养成分,开发潜力大,可作为一种海洋饵料资源^[4],用于海水鱼、虾和贝类的饵料配料或添加剂^[5-6]。近年来,由于全球气候变暖及水体富营养化,导致浒苔等海洋绿藻大量增殖,形成“绿潮”^[7],给沿岸环境构成极大危害。如采用适当的方法将其变废为宝,将会取得良好的生态效益和经济效益。

随着刺参(*Apostichopus japonicus* Selenka)养殖业的迅速发展,刺参饵料的开发越来越受到人们的关注。目前,在刺参养殖过程中,稚参阶段饵料多是以鼠尾藻(*Sargassum thunbergii*)、马尾藻(*Sargassum muticum*)为主,其他大型褐藻碎液为辅^[8]。由于这些常用天然藻类自然资源量显著下降^[5],而且采收时间有季节限制,导致刺参饵料原料紧缺,制约了刺参苗种与养殖产业的发展,因此亟须寻找一种有效且资源量丰富的藻类作为刺参饵料的新来源。

本研究对浒苔属浒苔的营养成分进行了分析,将浒苔与常用作稚参饵料的马尾藻、鼠尾藻及海带(*Laminaria japonica*)进行比较,并对用这4种海藻单独投喂刺参幼参的效果进行了比较,探讨浒苔作为刺参饵料原料的可行性,为浒苔在水产动物饲料方面的应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验用浒苔采集于青岛八大峡(2010年7月),鼠尾藻采集于青岛八大关(2010年5月),马尾藻、海带购自荣成(2010年5月),海泥采自即墨鳌山卫。

实验用刺参幼参来自即墨鳌山卫育苗厂。

1.2 饵料制备

浒苔、马尾藻、鼠尾藻、海带、海泥分别烘干,粉碎,过200目筛备用。各组藻类饵料配置均按藻粉质量添加2%食母生和2%酵母,之后添加3倍质量的海泥。

1.3 实验设计

刺参取样后暂养 3 d, 期间不投喂饵料。待暂养结束后, 挑选体质健壮、规格相近的刺参进行投喂实验。刺参个体初始体质量为 (5.24 ± 0.11) g, 分为 4 个处理组, 各组分别投喂浒苔(I 组)、马尾藻(II 组)、鼠尾藻(III 组)、海带(IV 组), 每处理组设 3 个重复, 每个重复放置 20 头幼参, 在 $60\text{ cm} \times 40\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ 的塑料水箱中饲养, 饲养水体 50 L。每天早晚各投喂海参 1 次(9:00 AM 和 5:00 PM), 投喂饵料量按幼参体质量的 3%。喂养周期 70 d。整个实验在避光条件下进行, 期间保持充氧, 水温控制在 $(16 \pm 1.5)^\circ\text{C}$ 。

1.4 养殖条件

养殖用海水先经逐级沉淀, 后经砂滤池处理制得。水质监测结果: pH 8.2 ± 0.2 , 盐度 30 ~ 31, 氨氮 $2.97 \sim 4.54\text{ }\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, 亚硝酸盐 $5 \sim 10\text{ }\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。每天定时吸出粪便和残饵, 更换养殖水体的 1/3, 每 10 d 全部更换养殖用水并彻底清洗水箱, 以保证水质清洁。

1.5 样品采集和数据测定

暂养结束后, 随机抽取刺参 10 头, 作为第 0 d 样品, 测定湿重和干重; 之后, 从实验第 0 d 开始, 每 10 d 从各水箱中随机抽取刺参 10 头, 测定湿重; 喂养实验结束后, 刺参饥饿 48 h, 从各水箱中随机抽取 10 头, 作为第 70 d 的样品, 测定湿重和干重。

湿重测定: 称重时用捞网沥净刺参水分, 之后将刺参放置在干滤纸上 30 s 后称重。为减小操作误差, 测定过程均由固定人员操作。干重测定: 将测得湿重的刺参 65°C 下烘干 5 h 后称重。

刺参的质量增长率(G)^[9]、特定生长率(SGR)^[10]、消化率(IR)、饵料转化率(FE)^[11-13] 计算公式如下:

$$\text{质量增长率 } G(\%) = [(WW_2 - WW_1) / WW_1] \times 100$$

$$\text{特定生长率 } SGR(\%/d) = 100 (\ln WW_2 - \ln WW_1) / T$$

$$\text{摄食率 } IR(\text{g/g} \cdot \text{d}) = C / [T(DW_2 + DW_1) / 2]$$

$$\text{饵料转化率 } FE(\%) = 100(DW_2 - DW_1) / C$$

式中, WW_2 和 WW_1 分别为实验初始和结束时刺参湿重, DW_1 和 DW_2 分别为实验初始和结束时刺参干重, C 为实验过程中所消耗的饵料干重, T 为实验时间。

1.6 浒苔样品的分析方法

采集样品经鉴定为浒苔属浒苔, 进行了营养成分和重金属含量的测定。

一般营养成分的测定: 水分采用直接干燥法(GB 5009.3—2010), 灰分采用高温灼烧法(GB 5009.4—2010), 蛋白质采用凯氏定氮法(GB 5009.5—2010), 脂肪采用索式抽提法(GB/T 5009.6—2003)。

氨基酸的分析: 样品经 $6\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸水解, 水解时充氮气 24 h, 采用安米诺西斯氨基酸分析仪自动分析仪测定 17 种氨基酸。另取样品用 $5\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液水解后, 采用同机测定其色氨酸含量。

脂肪酸的分析:样品经氯仿-甲醇混合液提取后,用 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ KOH 溶液处理,经硫酸甲酯化,用气相色谱仪测定。

重金属的测定:铅、镉使用石墨炉原子吸收光谱法进行测定;无机砷采用高效液相色谱-氢化物发生原子荧光(HPLC-HG-AFS)联用技术法测定^[14];甲基汞采用气相色谱法测定。

1.7 数据统计分析

实验数据以均值±标准误差($\bar{x}\pm SE$)表示。实验数据用 SPSS13.0 软件进行差异显著性分析(ANOVA),并进行 Duncan 多重比较,差异显著度为 0.05。

2 结果与分析

2.1 4 种海藻营养成分的比较

表 1 表明,浒苔蛋白质含量为 15.7%,仅次于鼠尾藻,高于亨氏马尾藻和海带;浒苔脂肪含量低于亨氏马尾藻,而高于鼠尾藻和海带;灰分含量仅高于鼠尾藻,而低于马尾藻和海带。

表 1 4 种藻类基本营养成分的比较(%)

营养成分(以干基计)	蛋白质	脂肪	灰分
浒苔	15.70	1	14.70
亨氏马尾藻 ^[15]	14.20	1.17	23.4
鼠尾藻 ^[16]	19.35	0.41	14.44
海带	8.70	0.20	20.00

对浒苔、亨氏马尾藻和鼠尾藻这 3 种蛋白质含量高的藻类进行氨基酸含量比较,发现每 100 g 藻类干品中,氨基酸总量由高到低依次为鼠尾藻、浒苔、亨氏马尾藻,其中浒苔和鼠尾藻中氨基酸总量较为接近。浒苔中含量较高的氨基酸有天门冬氨酸、谷氨酸、丙氨酸、亮氨酸和苏氨酸(表 2)。

表 2 3 种藻类氨基酸含量的比较 $\text{g}\cdot 100^{-1}\cdot \text{g}^{-1}(\text{DW})$

氨基酸名称	浒苔	亨氏马尾藻 ^[15]	鼠尾藻 ^[16]
天门冬氨酸 Asp**	1.89	0.99	1.48
苏氨酸 Thr*	1.00	0.40	0.68
丝氨酸 Ser**	0.70	0.35	0.49
谷氨酸 Glu**	1.76	3.24	3.11
脯氨酸 Pro	0.51	1.12	—
甘氨酸 Gly**	0.9	0.96	0.75
丙氨酸 Ala**	1.53	1.17	1.33
缬氨酸 Val*	0.65	0.60	0.94
胱氨酸 Cys	0.71	—	0.10



续表

氨基酸名称	浒苔	亨氏马尾藻 ^[15]	鼠尾藻 ^[16]
蛋氨酸 Met*	0.15	0.09	0.31
异亮氨酸 Ile*	0.64	0.44	0.78
亮氨酸 Leu*	1.01	0.70	1.38
酪氨酸 Tyr	0.22	0.25	0.42
苯丙氨酸 Phe*	0.75	0.44	0.67
组氨酸 His	0.35	0.14	0.21
色氨酸 Trp*	0.17	0.17	0.07
赖氨酸 Lys*	0.44	0.51	1.12
精氨酸 Arg	0.73	0.57	0.81
氨基酸总量 Total amine acids content (TAA)	14.11	12.14	14.71

注:* 为必需氨基酸;** 为风味氨基酸。

浒苔脂肪酸组成如表 3 所示,饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸分别占脂肪酸含量的 57.14%、42.86%。多不饱和脂肪酸含量较高,占脂肪酸含量的 24.49%,其中 Ω_3 脂肪酸占 12.24%, Ω_6 脂肪酸占 11.22%。

表 3 浒苔的脂肪酸组成和含量 $\text{g} \cdot 100^{-1} \cdot \text{g}^{-1}(\text{DW})$

脂肪酸	含量
ΣSFA	0.56
ΣMUFA	0.18
ΣPUFA	0.24
$\Sigma\Omega\text{3PUFA}$	0.12
$\Sigma\Omega\text{6PUFA}$	0.11
$\Sigma\Omega\text{9PUFA}$	0.16

2.2 浒苔重金属含量

重金属是评价藻类安全的重要指标。4 种主要重金属的测定结果表明,浒苔中无机砷含量较低,远低于 GB 19643—2005《藻类制品卫生标准》和 GB 13078—2001《饲料卫生标准》中的最低限量要求,镉、铅含量也均在安全限量内,未检出甲基汞(表 4)。

表 4 浒苔重金属元素含量($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

重金属(以干基计)	无机砷	镉	铅	甲基汞
浒苔	0.28	0.603	0.677	未检出
GB 19643—2005	≤ 1.5	—	≤ 1.0	≤ 0.5
GB13078—2001	≤ 2.0	≤ 0.75	≤ 5.0	≤ 0.5