



海藻栽培学

SEAWEED CULTIVATION

何培民 张泽宇 张学成 马家海 主编



科学出版社

非外借

海藻栽培学

何培民 张泽宇 张学成 马家海 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书主要介绍了海带、裙带菜、羊栖菜、鼠尾藻、条斑紫菜、坛紫菜、龙须菜、麒麟菜、石花菜、红毛菜、礁膜、浒苔 12 种我国常见大型海藻栽培技术,包括了各海藻栽培产业发展概述、生物学研究、苗种繁育、栽培技术、病害与防治、收获与加工、品种培育等内容。

本书可作为高等院校水产养殖专业本科生教材,也可作为相关专业研究生、科技工作者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

海藻栽培学 / 何培民等主编. —北京: 科学出版社, 2018. 11

ISBN 978-7-03-059150-0

I. ①海… II. ①何… III. ①藻类养殖 IV. ①S968.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 242264 号

责任编辑: 陈 露 / 责任校对: 谭宏宇
责任印制: 黄晓鸣 / 封面设计: 殷 靓

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

南京展望文化发展有限公司排版

江苏凤凰数码印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 11 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2018 年 11 月第一次印刷 印张: 28 1/2

字数: 700 000

定价: 98.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《海藻栽培学》编辑委员会

主编 何培民 张泽宇 张学成 马家海

编委 (按姓氏笔画排序)

朱文荣 朱建一 刘建国 刘 涛 孙庆海

孙 彬 李信书 李美真 陈伟洲 周志刚

赵素芬 骆其君 谢恩义 谢潮添 戴卫平

序 一

十分高兴我国新版《海藻栽培学》教材终于 2018 年正式出版。我国曾经先后出版过《藻类养殖学》(1961)、《海带养殖学》(1962)和《海藻栽培学》(1985)等多部教材。这些教材在培养我国高级教学、科技和行政人才,推动建立和快速发展我国海藻栽培产业都曾经发挥了巨大的作用,并影响至今。我国海藻栽培生物学基础与应用研究始于 20 世纪 50 年代初,到 1985 年为止的 35 年间取得了巨大的进步和发展。理论与实践相结合,中国海藻栽培研究和栽培业从无到有,取得了长足进步。以上 3 部高质量教材的出版就是对前期海藻栽培产业和相应科研成果的回顾和总结。自 1985 年至今又一个 33 年过去了,在此期间中国海藻栽培生物学基础和栽培业继续取得了骄人的进步,在许多方面甚至走到了世界前列。对这一历史时期的成果和业绩进行及时回顾和总结是历史的使命,因而几年前就将再版《海藻栽培学》列入有关部门规划教材的决策是完全正确的。由上海海洋大学何培民教授领衔组织中国海洋大学、大连海洋大学、集美大学、宁波大学、广东海洋大学、汕头大学、常熟理工学院、淮海工学院、中国科学院海洋研究所、山东省海水养殖研究所、浙江象山旭文海藻有限公司等 13 个单位的有关教学、科研专家学者和工程技术专家一起联合编著,经过多年的努力终于完稿,圆满地完成了这一巨大工程。

本书从理论联系实际出发,主要以我国科技成果为素材,参考国际上的最新科技成果,比较全面地总结了自 1985 年以来 33 年间我国在海藻栽培科学技术和栽培生产取得的最新成果和进展。与前面提到的 3 部代表性高等教材相比,它具有以下特色:其一,本书继承了我国藻类科技为国民经济建设服务,理论联系实际的一贯优良传统,科研课题密切结合生产的问题和需求,解决问题需要经过生产实践反复检验,证明是否有效、可靠、可操作,且先小试、中试,再推广;其二,在发展上敢作敢为,充分利用我国优良的自然海况条件多样化,从陆地农牧业的先进科技吸取营养,不失时机地将成熟科技成果转化为群众性的规模化大生产,实现育苗产业良种化,栽培加工产业机械化,把一家一户小规模低效率海藻生产模式转化成高效率大规模集约化生产模式;其三,在创新上不遗余力,在各级政府部门支持和养殖企业的推动下,实行产学研相结合,终于在我国特有且极其严峻的自然海况条件下,克服了种种技术困难,成功地完成了

海带、紫菜和龙须菜大规模异地栽培,通过品种改良和生态调控,使这些物种在远离原栖息海域实现了高水平的人工栽培。这一成就可以把它看成中国海藻栽培业最重要创新亮点之一。

本书编写内容偏重于中国海藻栽培应用基础研究及技术应用推广,满足了当代中国海藻栽培科技和生产进一步发展的迫切需求,为我国海藻科技和生产健康发展及今后提升起到了极大推动作用,具有明显的中国特色。科学技术发展和提高是无止境的,与世界上最先进国家相比,包括育苗、栽培、产品加工和市场等4大栽培生产环节的发展还是极不平衡的,尤其后两个环节仍然处于中低档水平,我国向国内和国际市场提供的基本上还只是附加值偏低的原料级初级产品,离开健康环保和高附加值仍有较大距离,迫切需要尽早解决这个难题。任重道远,热切期望新一代的中国藻类栽培学专家学者群体能够通力合作,在不远的将来尽快地解决这些难题,并写出更高水平并兼有中文英文版具有普遍国际意义的新一代海藻栽培学巨著来,使中国藻类栽培学理论建树和产业发展都能够屹立于世界民族之林。

中国科学院海洋研究所

曹修铤

2018年4月于青岛

序 二

1985年,曾呈奎院士和我及吴超元等多位藻类学家主编了我国第一部《海藻栽培学》教材,深受广大藻类学工作者和学生及从事海藻栽培技术人员喜爱,一直沿用至今,为我国海藻栽培产业发展和专业人才培养做出了巨大贡献。时隔33年,我们第二代和第三代藻类学家共同努力,历经10年,编写出版了第二部《海藻栽培学》教材,值得庆贺。我相信这部新教材的出版,将为我国海藻栽培产业发展及优秀专业人才培养做出更大贡献。

我国海藻栽培产业最初是从20世纪50年代创建的。曾呈奎院士等老一辈海藻学家们为我国海藻栽培产业发展做出了重大贡献。1955年我国创建的海带夏苗培育法以及1958~1959年我国创建的紫菜半人工采苗技术和全人工采苗技术,为我国海藻栽培产业蓬勃发展奠定了强大基石。我国早已是海藻栽培大国,位居世界第一,2016年我国海藻栽培面积 140 hm^2 ,产量达到217万t(干品)。早在1981~1985年,我国海带栽培产量为20~25万t(干品),其栽培面积和产量均跃居世界第一,目前我国海带年产量已高达136~140万t(干品)。2000年,我国大陆紫菜产量为48万t鲜藻,已超过日本位居世界第一,目前我国紫菜栽培产量为11~12万t(干品)。2005年,我国以龙须菜为代表的江蓠栽培年产量已跃为世界第一,2016年江蓠栽培产量已近30万t(干品)。2011年,我国羊栖菜栽培产量已超越韩国,位居世界第一,2016年我国羊栖菜栽培面积达到 $1\,231\text{ hm}^2$,产量1.9万t(干品)。目前我国裙带菜栽培年产量为30~40万t(鲜品),也已位居世界第一。海藻栽培种类也由原来的海带、紫菜、裙带菜等5~6个种类发展为12个具有一定规模栽培种类。

目前我国海藻栽培产业正在迅速发展。我国海带栽培技术已实现了苗种繁育规范化、筏式栽培模式化、采收集约化,并带动了褐藻胶产业链发展。我国条斑紫菜栽培技术已实现采苗半自动化、采收机械化、加工全自动化、交易规范化。我国已形成了龙须菜南方海区冬季—春季栽培、北方海区夏—秋季栽培新模式,且以南北方互为苗种基地的大格局。并且我国已重视新品种培育,已选育出多个抗逆境、高产量优良品种和品系,为今后海藻栽培产业快速发展奠定了基础。

我国大型海藻栽培产业发展为我国海洋“蓝色粮仓”做出了重大贡献。首先,海区大规模

栽培的大量海藻生物物质,可以作为海产保健品直接食用,提高人们生活质量。其次,海藻中藻胶和特殊药用和营养成分,可以作为医药、化工、食品工业、农业、能源等重要原料,制备和提取高附加值产品及绿色产品。第三,大型海藻栽培产业是碳汇产业,每年从海水中吸收大量氮、磷、碳等物质,很大程度上减低了我国近海富营养化,且抑制了赤潮发生,为我国近海生态环境保护 and 生态修复及恢复做出了重大贡献。

本书共编写了 12 种我国大型海藻栽培技术,其中褐藻 4 种,红藻 6 种,绿藻 2 种。本书收集了我国及国外大型海藻栽培最新技术,且图文并茂,是一部适合高等院校、科研院所本科生及研究生的很好的教科书,也可作为广大第一线栽培技术人员、企业家和政府行政管理部门人员的参考书。为此,我十分感谢本书作者们所做出的辛苦劳动,更欣慰我国海藻栽培产业兴旺发达,后继有人。

上海海洋大学教授



2018 年 4 月

前 言

海藻栽培(seaweeds cultivation)是在人工控制下海藻繁殖、生长的生产过程。我国以海带为代表的海藻栽培业始于20世纪50年代,相关专著和教材始于20世纪60年代,如1961年山东海洋学院和上海水产学院编著的《海藻养殖学》,1962年曾呈奎、吴超元等编著的《海藻养殖学》,1985年曾呈奎、王素娟等编著的《海藻栽培学》,以及多所水产院校编辑出版的海藻栽培的教材和讲义。这些专著、教材和讲义总结了我国海藻栽培生产的实践,满足了水产院校教学的需要,推动了我国海藻栽培产业的普及和发展。

改革开放以来,我国海藻栽培业取得了长足的发展,在栽培规模、产量、产值、从业人员、栽培种类等各方面都是世界之最。其中,海带和条斑紫菜栽培是两个典范。海带是我国第一个率先进行人工栽培的物种,实现了苗种繁育规范化,筏式栽培模式化,采收集约化,并且带动了褐藻胶产业链发展,还进行了深入的医药开发。我国条斑紫菜栽培技术发展最快且最完善,目前已实现采苗半自动化、采收机械化、加工全自动化、交易规范化,也是我国大农业最完整的产业链之一。据2017年《中国渔业统计年鉴》记载,2016年我国的海带、裙带菜、紫菜、龙须菜、麒麟菜、羊栖菜等海藻栽培面积140 815 hm²,年产量达到2 169 262 t(干品)。从南海、东海、黄海到渤海,海藻栽培已经成为许多沿海县市的支柱产业,吸纳了大量劳动力,经济收入稳定增加,人民生活富足安康。海藻是海洋生态系统中的初级生产力,海藻栽培业是碳汇产业,从海水中汲取大量的氮磷,减缓了近岸水质富营养化。海藻栽培业带来了丰硕的社会效益、生态效益和经济效益,因而是永久的朝阳产业。

科学技术是第一生产力。海藻栽培学是建立在分类学、形态学、生态学等学科基础上的应用学科,基础研究的进步推动了栽培业的发展。例如,大多数经济海藻栽培都是从孢子开始的,孢子的数量和质量、孢子的生长和发育与栽培产业的成败密切相关。孢子的基本生物学性质,如孢子的种类、有性生殖产生的孢子还是无性生殖产生的孢子、单倍体孢子还是二倍体孢子、孢子与减数分裂的关系等,这些问题都与海藻的经济性状紧密相关,这些问题的答案更是深入基础研究的结果。海藻栽培的发展离不开品种培育,而现代生物技术在海藻新品种培育中发挥了关键作用。

全书共有 12 章,第一章海带栽培由上海海洋大学周志刚教授和中国海洋大学刘涛教授撰写,第二章裙带菜栽培由大连海洋大学张泽宇教授撰写,第三章羊栖菜栽培由宁波大学骆其君教授和温州海虎海藻养殖有限公司董事长孙庆海撰写,第四章鼠尾藻栽培由宁波大学骆其君教授和山东省海水养殖研究所李美真研究员撰写,第五章条斑紫菜栽培由上海海洋大学何培民教授、常熟理工学院朱建一教授和淮海工学院李信书教授撰写,第六章坛紫菜栽培由集美大学谢潮添教授和上海海洋大学何培民教授撰写,第七章龙须菜栽培由汕头大学陈伟洲教授和中国海洋大学张学成教授撰写,第八章麒麟菜栽培由广东海洋大学赵素芬副教授和中国科学院海洋研究所刘建国研究员撰写,第九章石花菜栽培由广东海洋大学谢恩义教授和温州海虎海藻养殖有限公司董事长孙庆海撰写,第十章红毛菜栽培由集美大学谢潮添教授撰写,第十一章礁膜栽培由广东海洋大学谢恩义教授和上海海洋大学马家海教授撰写,第十二章浒苔栽培由象山旭文海藻开发有限公司总经理朱文荣和上海海洋大学何培民教授撰写。本书编写并得到了中国海洋大学隋正红教授、臧晓南教授和徐涤副教授,中国科学院海洋研究所王广策研究员、逢少军研究员和庞通副研究员,天津师范大学丁兰平教授,江苏省紫菜协会戴卫平高工,大连海洋大学李晓丽博士,上海海洋大学孙彬博士、蔡春尔副教授、黄林彬博士及白凯强、段元亮、康新宇、包炎琳等硕士、博士研究生的大力支持,封面坛紫菜栽培图片以及二维码彩图部分海带和坛紫菜栽培图片由何兴水提供,在此一并表示感谢。为了全面地叙述海藻栽培产业发展情况及相关研究的进展,我们力求理论和实践有机结合,且力求图文并茂。本书主要研究方面包括栽培产业发展概述、生物学研究、苗种繁育、栽培技术、病害与防治、收获与加工及品种培育。但是,由于不同种类产业背景及发展规模迥异,生物学基础及相关研究深度和广度的不同,各章节的结构和内容难免存在差异。

欢迎有关院校的师生、海藻研究和栽培工作者及广大读者对本书提出宝贵意见。

《海藻栽培学》编著组

2018 年 6 月

目 录

序一	
序二	
前言	

第一章 海带栽培	001
第一节 概述	001
第二节 生物学	003
第三节 苗种繁育	018
第四节 栽培技术	030
第五节 病害与防治	044
第六节 收获与加工	049
第七节 品种培育	051
第二章 裙带菜栽培	067
第一节 概述	067
第二节 生物学	069
第三节 苗种繁育	086
第四节 栽培技术	100
第五节 病害与防治	108
第六节 收获与加工	112
第七节 品种培育	114
第三章 羊栖菜栽培	119
第一节 概述	119
第二节 生物学	121
第三节 苗种繁育	127
第四节 栽培技术	130
第五节 病害与防治	136
第六节 收获与加工	141
第七节 品种培育	143

第四章 鼠尾藻栽培	154
第一节 概述	154
第二节 生物学	156
第三节 苗种繁育	161
第四节 栽培技术	166
第五节 收获与加工	170
第五章 条斑紫菜栽培	174
第一节 概述	174
第二节 生物学	176
第三节 苗种繁育	188
第四节 栽培技术	203
第五节 病害与防治	212
第六节 收获与加工及贸易	218
第七节 品种培育	228
第六章 坛紫菜栽培	242
第一节 概述	242
第二节 生物学	244
第三节 苗种繁育	258
第四节 栽培技术	275
第五节 病害与防治	284
第六节 收获与加工	289
第七节 品种培育	292
第七章 龙须菜栽培	298
第一节 概述	298
第二节 生物学	300
第三节 苗种繁育	314
第四节 栽培技术	317
第五节 病害与防治	321
第六节 收获与加工	322
第七节 品种培育	324
第八章 麒麟菜栽培	329
第一节 概述	329
第二节 生物学	330

第三节	苗种繁育	336
第四节	栽培技术	338
第五节	病害与防治	345
第六节	收获与加工	349
第九章	石花菜栽培	355
第一节	概述	355
第二节	生物学	356
第三节	苗种繁育	370
第四节	栽培技术	376
第五节	病害与防治	378
第六节	收获与加工	380
第十章	红毛菜栽培	386
第一节	概述	386
第二节	生物学	386
第三节	苗种繁育	392
第四节	栽培技术	395
第五节	病害与防治	396
第六节	收获与加工	397
第十一章	礁膜栽培	399
第一节	概述	399
第二节	生物学	401
第三节	苗种繁育	408
第四节	栽培技术	411
第五节	病害与防治	412
第六节	收获与加工	412
第十二章	浒苔栽培	416
第一节	概述	416
第二节	生物学	418
第三节	苗种繁殖	425
第四节	栽培技术	429
第五节	收获与加工	434
主要参考书		442



扫一扫见彩图

第一章 海带栽培

第一节 概 述

一、产业发展概况

海带 (*Laminaria japonica*/*Saccharina japonica*) 是我国及全球重要经济海藻栽培种类。海带栽培主要集中在西北太平洋沿岸,主要产地为中国、日本、韩国、朝鲜及俄罗斯等国家。北太平洋和大西洋的温带—暖温带海域潮下带为其主要自然分布区。日本人称海带为“真昆布”,韩国则称为“Dasima”。

据联合国粮食及农业组织 (FAO) 统计显示,我国是世界上最大的海带栽培国,2015 年我国海带产量占全球的 87.9%,朝鲜、韩国和日本分别占 6.1%、5.5% 和 0.5%。海带栽培也是我国生产规模及产量最大的海藻产业,根据《中国渔业统计年鉴》数据,1958 年我国海带栽培总产量仅为 6 106 t (干品),20 世纪 70 年代初期我国海带栽培总产量已达到 30 万 t (干品),当时震惊了世界海藻栽培学界。1977~1990 年,我国海带栽培产量为 20 万~25 万 t (干品),其栽培面积和产量均跃居世界第一。1996~2010 年,我国海带栽培产量基本维持在 80 万~90 万 t (干品),而 2014 年后我国海带栽培产量已提高至 136 万~140 万 t (干品) (图 1-1)。

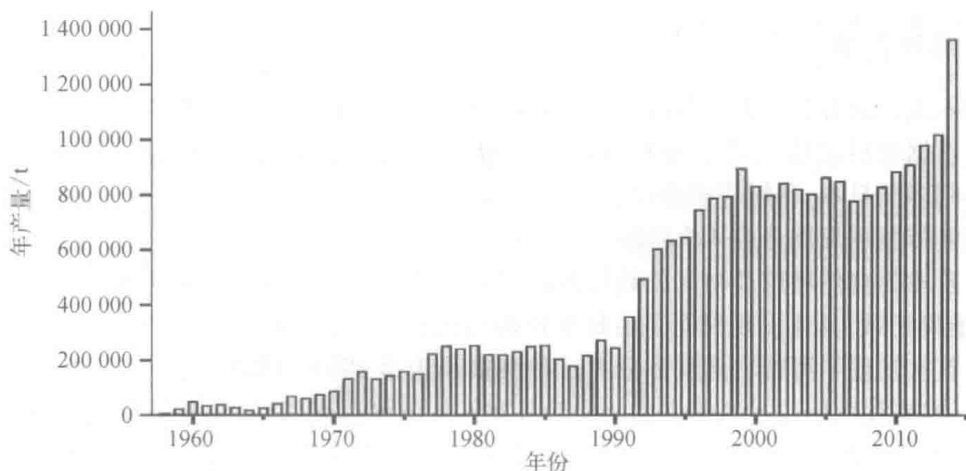


图 1-1 1958~2014 年我国海带年栽培产量 (引自《中国渔业统计年鉴》,2014)

日本和韩国有较长的海带栽培历史。2015 年,日本和韩国的海带栽培产量分别为 38 700 t 和 442 637 t。日本海带产区主要集中在北海道地区,由于自然资源丰富,故栽培产量较小,栽培品种 90% 以上为真昆布。韩国海带栽培产量中约 90% 出自全罗南道,栽培种类为海带,近年来栽培成本逐步下降,约 60% 被用作鲍鱼饲料。

二、经济价值

海带是一种营养丰富的食用海藻,同时兼具一定的药用价值。海带在日本被誉为“长寿菜”,冲绳等地居民常食用海带等海产品,素有“长寿县”之称。我国早在明代《本草经疏》中便有记载:“昆布(即海带),咸能软坚,其性润下,寒能除热散结,故主十二种水肿、癭瘤聚结气、癭疮”。李时珍《本草纲目》中也记载道:“对项下臃肿,其囊渐大欲成癭者”、“治膀胱结气,急宜下气,用高丽昆布,白米泔浸一宿,洗去咸味……调和食之”,说明我国古代中医便已用海带治疗甲状腺肿,即“项下臃肿”的“大脖子病”等疾病了。每 100 g 海带中含有蛋白质 8 g、脂肪 0.1 g、胡萝卜素 0.57 mg、维生素 B₁ 0.09 mg、维生素 B₂ 0.36 mg、烟酸 1.6 mg、铁 50 mg、磷 216 mg、钴 22 μg 及一定量的维生素 C 等。海带富含碳水化合物及膳食纤维,蛋白质和脂肪含量较少,是一种低热量海藻,且维生素 C、钙、铁含量均高出菠菜、油菜等陆地蔬菜几倍甚至几十倍。海带碘含量高达 0.3%~0.5%,曾为我国制碘工业原料。海带中富含岩藻多糖,具有调节血液酸碱度、软化血管等保健功效。研究发现,海带具有降血脂、降血糖、调节免疫、抗凝血、抗肿瘤、排铅解毒和抗氧化等多种生物功能。

海带中富含褐藻胶、甘露醇等重要成分,我国及其他亚洲国家均主要用海带作为提取褐藻胶、甘露醇等成分的工业原料。目前我国褐藻胶年产量占全球总产量的 60% 左右。褐藻胶具有溶于水、黏度高等特性,广泛应用于食品、纺织、橡胶、医药等工业,可作为食品的增稠剂、乳化剂、品质改良剂等,医药的代血浆、止血剂、胶囊等,日用化工的美容美发剂、洗涤剂等,农业的杀虫剂、促生长剂、保水剂等,水处理的硬水软化剂、除垢剂等。

海带是海洋初级生产力,为海洋动物提供饵料和生活场所,在海洋生态系统起着固定光能合成有机物质、吸收 CO₂、释放氧气、净化水质、维持生态平衡等重要作用。以每 100 g 干海带含碳 31.2 g(罗丹等,2010)、含氮 1.36 g(纪明侯,1997)来计算,2014 年,我国生产的海带可以固碳 21.2 万 t,吸收氮近万吨,这对于人类赖以生存的海洋环境可持续发展有着重要的意义。

三、栽培简史

我国人民普遍喜食海带,但我国并非海带原产地。全球人均消费海带最多的国家是韩国和日本。根据史料记载,早在 1500 年前(南齐和唐朝时代),我国已经开始从朝鲜进口海带,后来几百年则多从日本、朝鲜等国进口。

我国海带栽培发展分为 4 个阶段:

第一阶段为自然增殖及半人工栽培阶段(1927~1942 年)。我国最早于 1927 年或 1928 年(并未有准确记载,具体发现时间是由日本技师回忆整理的,存在争议),在辽宁大连寺儿沟沿岸潮下带首次发现了海带自然群体分布。种藻被认为是 1914~1925 年,日本人修筑寺儿沟栈桥时,由日本来往商船或木料带来的。此后日本人从北海道青森、岩手县等地又引进了一批种海带,先后在大连的寺儿沟、大沙滩、星个浦、黑石礁一带沿海进行绑苗投石海底繁殖增殖试验(李宏基,1996)。2017 年,中国科学院海洋研究所海藻种质库科研团队与日本北海道大学 Yotsukura 教授合作,利用高多态性微卫星标记对我国代表性海带群体(包括栽培和自然群体),以及俄罗斯、韩国、日本北海道的代表性自然群体进行了比较和溯源研究,初步证实我国海带群体来源于日本北海道。

第二阶段为海带全人工栽培技术探索阶段(1943~1952 年)。1943 年,在山东烟台芝罘湾内开始浮筏栽培试验,但因结冰,海带秋苗未能培育成功。1946 年,辽宁大连成立水产养殖处,

开始收割海底自然繁殖的海带。山东烟台成立水产试验场,开展了海带人工栽培。1949年冬,在烟台港内进行了人工采苗筏式栽培,成功地获得了幼苗。1950年春,将海带幼苗从竹枝上剥离下来,夹在绳上培育,首次进行幼苗分散栽培尝试。1950年,山东青岛成立了水产养殖试验场,进行海带栽培试验并获得成功,海带幼苗栽培3个月长至2 m以上。1952年收获鲜海带62.2 t。

第三阶段为海带全人工栽培模式理论与技术体系建立与完善阶段(1953~1962年)。20世纪50年代,我国藻类工作者解决了一系列海带栽培的理论性问题,并在此基础上创建了一系列关键性栽培技术。这些技术主要有:①完善了海带筏式栽培的技术体系,扩大了栽培规模;②创建了海带夏苗培育法,实现了种苗的全人工集约化、工厂化培育;③创建了施肥栽培法,解决了贫营养海区不能栽培海带的问题,扩大了栽培范围;④实现了海带南移栽培,改变了北纬36°以南不能进行商品海带栽培的传统观点;⑤开展了海带遗传学的初步研究,为海带优良品种的选育奠定了基础。除此之外,还进行了切梢增产、病害防治等研究,使我国海带栽培由辽宁和山东南移至浙江、福建甚至广东,单位面积产量也大为提高(吴超元,2008)。1962年,《海带养殖学》的出版与发行,是海带全人工栽培模式理论与技术体系建立的集中体现。

第四阶段为现代海带栽培技术的推广、转型阶段(1963年至今)。该阶段的主要成果有:海带经典遗传学理论的建立与初步完善;利用细胞工程技术,开展了海带配子体无性繁殖系育苗与育种工作;分子生物学技术在海带基础理论与应用研究中的运用;组学在海带遗传育种等方面的尝试运用等。这些都极大地推动了海带栽培理论的更新、栽培技术的转型及知识的进一步创新。

海带栽培业的发展是我国水产养殖业的里程碑,以海带为核心的海藻栽培业被誉为我国海水养殖“第一次浪潮”。正是海带栽培业的蓬勃开展,有效地促进了我国相关产业发展,尤其是形成了一个以海带为主要原料的海藻化工业,产业规模居世界首位。海藻化工业的发展不仅形成了褐藻胶、甘露醇和农业绿肥等出口畅销产品,且海带制碘也在我国医药保健工作方面发挥了重要作用,我国甲状腺肿的患病率显著降低,并为我国海水养殖“第二次浪潮”(贝类养殖)、“第三次浪潮”(对虾养殖)及“第四次浪潮”(鱼类养殖)提供了成熟经验与技术模式,在海洋经济动物育苗设施和海上筏式养殖设施设计方面,均大量借鉴和参照了海带栽培的相关工程技术。50多年的海带栽培也带动并促进了坛紫菜、条斑紫菜、裙带菜、龙须菜、羊栖菜、麒麟菜、卡帕藻等10余种大型海藻人工栽培的发展,丰富了我国大型海藻栽培种类结构,形成了具有我国特色的经济海藻栽培业。

第二节 生物学

一、分类地位与分布

海带隶属于褐藻门(Phaeophyta)褐藻纲(Phaeophyceae)海带目(Laminariales)海带科(Laminariaceae)海带属(*Laminaria*),该属包括近50个物种。自2006年开始,国际上已趋向将原海带属分为*Laminaria*和*Saccharina*等2个属(Lane *et al.*, 2006),我国长期栽培的海带等18种被划分在*Saccharina*。本书根据我国《中国海藻志》(丁兰平,2013,科学出版社)定名,仍沿用传统的分类,将海带归属于海带属(*Laminaria*)。

海带分类地位为：

褐藻门 (Phaeophyta)

褐藻纲 (Phaeophyceae)

海带目 (Laminariales)

海带科 (Laminariaceae)

海带属 (*Laminaria*)

海带 (*Laminaria japonica*)

原海带属藻类约有 50 种,广布于南、北半球的高纬度海域,主要生长于太平洋和大西洋北部沿岸地区,其中太平洋西北部沿岸海域是海带属藻类的主要栖息地,分布着该属约半数的物种。海带属藻类多生长于潮间带下部和低潮线以下 8~30 m 深的海底岩礁上,其自然垂直分布主要受海水透明度限制,藻体不耐高温和干露。在地中海和巴西等水质极其清澈的海域,部分种类甚至能分布于 120 m 深处。

分布于亚洲东部的主要经济物种主要有：海带、长叶海带 (*L. longissima*)、拟菊海带 (也称卷边海带, *L. cichorioides*)、皱海带 (*L. religiosa*)、狭叶海带 (*L. angustata*)、短柄海带 (也称鬼海带, *L. diabolica*)、利尻海带 (*L. ochtansis*) 等。其中,本属代表种——海带主要分布于俄罗斯东部、韩国东部和南部、日本北部和中国。我国仅分布海带一物种,它原产于太平洋西北部,最高月平均水温在 20℃ 以下 (8 月) 海域,包括日本海、鄂霍次克 (Okhotsk) 海等沿岸,盛产于日本北海道东岸,为亚寒带性藻类。由于多年栽培驯化及品种改良,现也能在最高月平均水温 23℃ 左右的亚热带海域生长。

欧洲沿海分布的常见种包括糖海带 (*L. saccharina*)、极北海带 (*L. hyperborea*)、掌状海带 (*L. digitata*) 等,主要集中在英国和爱尔兰等国沿海地区。此外,在德国、西班牙、巴西、美国、加拿大等国沿海也有这些种类的分布。

目前,全球 (主要是中国、日本、韩国、朝鲜、俄罗斯) 进行人工栽培的种类主要有海带、长叶海带和利尻海带等少数物种。

二、形态与结构

1. 藻体形态结构

海带具有由大型孢子体与微型配子体构成的异形世代交替生活史。孢子体为薄壁组织构造,其带状叶片与柄之间具居间分生组织,可维持叶片生长。雌、雄配子体由孢子体上的成熟孢子囊产生的游孢子发育而成,为单个细胞,或由数个细胞构成的分支丝状体。配子体细胞经过分化,分别发育为卵囊及精子囊,精卵结合完成有性生殖过程后,发育为孢子体。

(1) 形态

海带孢子体由三部分构成：叶片、柄和固着器 (图 1-2)。叶片形态是区分不同种类海带的重要特征。海带藻体叶片呈带状,无分支,褐色而富有光泽。叶片基部早期为楔形,厚成阶段为圆形至心脏形。多数海带有两条浅的纵沟贯穿叶片的中部,从而形成较厚的中带部。一年生海带的纵沟较明显,两

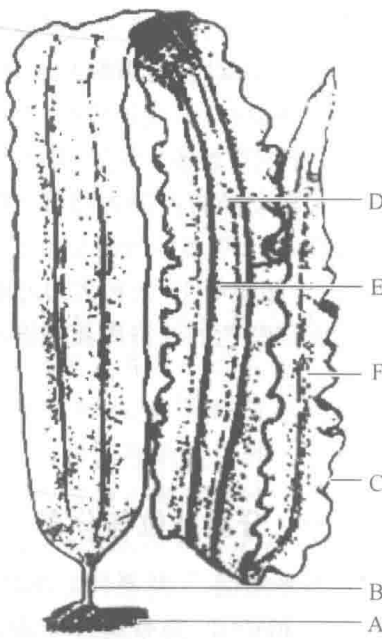


图 1-2 海带孢子体形态
A. 固着器; B. 柄; C. 叶片; D. 纵沟;
E. 中带部; F. 叶缘