

HAI
ZAO
ZAI
PEI
XUE

曾呈奎 王素娟 刘思俭 编著
郭宣猷 张定民 缪国荣

海藻栽培学

上海科学技术出版社

海藻栽培学

编 著 者

中国科学院海洋研究所	曾呈奎
上海水产学院	王素娟
湛江水产学院	刘思俭
大连水产学院	郭宣鏊
山东海洋学院	张定民 缪国荣

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书是一本综合论述海藻栽培的重要参考书。内容包括绪论、总论和各论。总论分六章:第一章海藻与海洋环境;第二章海藻栽培的基本方式和程序;第三章海藻栽培与施肥;第四章栽培海藻的遗传育种;第五章栽培海藻的病害;第六章栽培海藻的增殖。各论分六章:第一章海带栽培;第二章裙带菜栽培;第三章紫菜栽培;第四章石花菜栽培;第五章江蓠栽培;第六章麒麟菜栽培。

本书除可供高等水产院校教材外,还可供高等院校生物系、水产专科学校师生作参考,也可供广大水产科技人员参考。

海 藻 栽 培 学

曾呈奎 王素娟 刘思俭 郭宣鏊 张定民 缪国荣

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷三厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 17.75 字数 423,000

1985年6月第1版 1985年6月第1次印刷

印数: 1—2,200

统一书号: 16119·876 定价: 3.30元

前 言

海藻栽培又称海藻养殖,它是解放后发展起来的、历史较年青的一项水产事业。解放前该项生产仅停留在依靠天然孢子清扫岩礁进行增殖性质的紫菜菜坛生产。解放后海带首先成为人工栽培的对象,在全国沿海(除广东省外)各地大规模地投入生产,进入农业范畴。无论从生产技术到理论的研究都取得了很快的发展,在水产养殖业中独树一帜,形成了我国特有的海带栽培学学科体系。六十年代以后海带的遗传育种与病害防治等方面的研究有了很大发展,其他几种海藻如紫菜、裙带菜等进入了人工栽培的阶段。与此同时,日本以及东南亚国家如菲律宾也分别对紫菜、麒麟菜、江蓠等进行了人工栽培生产,使海藻栽培的对象不断增加,生产技术不断进步,栽培理论不断丰富与提高,产量大大超过了自然生产,这些引起了世界各国的重视与兴趣。根据这些生产上的成就与科学研究的成果,我们认为有必要编写本书。本书除较全面地总结了我国海藻栽培的科学技术外,并适当地介绍了国外有关海藻栽培的概况。希望能对我国海藻生产、教学及科研工作有所裨益。

本书由中国科学院海洋研究所曾呈奎教授指导并编写绪论;王素娟编写紫菜栽培;刘思俭编写海藻栽培的基本方式和程序、海藻栽培的施肥以及江蓠和麒麟菜的栽培;郭宣饬与缪国荣编写海带栽培与裙带菜栽培;费修缙、张定民编写海藻和海洋环境。另外还请中国科学院海洋研究所任国忠、陈騊、李家俊等分别负责本书其他章节的编写。全书由王素娟定稿、马家海协助作了不少具体工作。本书的插图由路安民绘制与修改。

在编写过程中得到各位审稿同志的热情支持和帮助,并且提出了不少宝贵的意见,我们表示衷心感谢。

编 者

1984年9月

目 录

I. 绪 论

一、海藻栽培学的定义	1
二、经济海藻与海藻栽培的意义	1
三、海藻栽培的历史与现状	2
四、海藻栽培业的展望	5

II. 总 论

第一章 海藻和海洋环境	8
第一节 海洋中主要环境因子的一般情况	8
第二节 光和海藻	11
第三节 温度和海藻	13
第四节 海水化学成分与海藻的关系	15
第五节 海水的运动与海藻的关系	17
第六节 其他海洋因子与海藻的关系	18
第二章 海藻栽培的基本方式和程序	20
第一节 海藻栽培的基本方式	20
第二节 海藻的浅海浮筏式栽培	21
第三节 海藻栽培的主要程序	23
第三章 海藻栽培与施肥	27
第一节 海藻栽培施肥的重要性	27
第二节 海藻栽培施肥的研究	28
第三节 浅海施肥的特点	28
第四节 肥料的种类及其作用	29
第五节 海藻栽培施肥与外在及内在因子的关系	31
第四章 栽培海藻的遗传育种	34
第一节 遗传育种与海藻栽培的关系	34
第二节 几种栽培海藻的性状遗传与变异	35
第三节 新品种的培育	44
第五章 海藻的增殖	47
第一节 海带的增殖	47
第二节 裙带菜的增殖	48
第三节 巨藻的增殖	49
第六章 栽培海藻的病害	52
第一节 病原菌	52
第二节 受病的藻体及病害症状	53
第三节 环境因素与寄主和病原菌之间的相互关系	53

III. 各 论

第一章 海带栽培	55
----------------	----

第一节 海带的生物学	55
第二节 海带苗的培育	82
第三节 夏苗的出库、运输和暂养	96
第四节 栽培海区 and 浮筏	98
第五节 分苗	102
第六节 海上栽培管理	105
第七节 施肥	110
第八节 切尖	113
第九节 收割和加工	114
第十节 海带栽培中的病害及防治	116
第二章 裙带菜栽培	122
第一节 裙带菜的生物学	122
第二节 幼苗的培育	129
第三节 幼苗的暂养和分苗	131
第四节 栽培技术	132
第五节 收割与加工	133
第三章 紫菜栽培	135
第一节 紫菜的生物学	135
第二节 紫菜的生长发育与环境的关系	154
第三节 紫菜的栽培方式	170
第四节 紫菜丝状体的培育	172
第五节 紫菜壳孢子的采集	182
第六节 紫菜叶状体的栽培	194
第七节 紫菜的采收与加工	201
第八节 紫菜栽培过程中的病害	202
第四章 石花菜栽培	212
第一节 石花菜的生物学	212
第二节 石花菜栽培方法	220
第三节 石花菜的病敌害防治	223
第四节 石花菜的收获和加工	224
第五章 江蓠栽培	225
第一节 江蓠的生物学	225
第二节 江蓠的育苗	241
第三节 江蓠的栽培方法	246
第四节 江蓠的增产措施	250
第五节 江蓠的收获与加工	254
第六章 麒麟菜栽培	255
第一节 麒麟菜的生物学	255
第二节 麒麟菜的栽培方法	259
第三节 麒麟菜的收获与加工	265
参考文献	275

I. 绪 论

一、海藻栽培学的定义

为满足人民的生活需要而将某些自然生长的藻类通过人工措施进行栽种(播种)、培养成为商品性生产的栽培藻类,这种生产属于农业的范畴。研究这些藻类的栽培的理论与技术的学科称为藻类栽培学(Phycoculture),它既是藻类学科的一个分支,又是水产科学的一个组成部分。藻类栽培可分为两大类,即研究对象是海藻时则称海藻栽培学,研究对象是单细胞藻类时则称为单细胞藻类的培养。

海藻栽培学研究的内容是十分丰富的,概括起来包括以下几个方面:(1) 研究栽培海藻的生物学基础,这是栽培技术的主要依据,包括栽培对象的繁殖生活史、生态习性以及生理活动;(2) 研究适于提高栽培对象的最适技术措施,提高生产力;(3) 除上述外,还需不断研究栽培对象的遗传育种、引种工作,在总体上改造老品种,增加新品种,围绕这个目的而采用的新技术、新方法,以最大限度地将海藻栽培向着更高更深的程度发展以满足人类食品、工业原料等各方面的需要。

二、经济海藻与海藻栽培的意义

海藻不但可供人类食用,而且也是海藻化学工业、药品工业及海藻胶工业的原料。从海藻中可以提取出多种化学制品和药物。如:从褐藻中提取出的褐藻胶可广泛用于食品工业及纺织工业;从石花菜、江蓠等红藻中提取的琼胶可用于细菌培养基,对医学卫生事业有着重要的作用。从其他红藻提取的卡拉胶也是食品工业、化妆品工业的原料之一。另外海藻里的生化活性物质能大大促进陆地植物的生长,海草汁对植物是微量元素和其他生长要素的来源,用作植物叶面喷洒剂有明显的增产作用,此外还具有提高果树抗病性、果实结果率以及种子萌发率的作用。有些大型海藻如巨藻可作代替能源的原料,如美国加州一个四百平方公里的藻场,一年合成天然气约达 6.3 亿立方米。大型海藻不仅有上述利用价值,而且能形成海底森林,召使一些鱼、虾、贝等海产动物,如鱼类的幼鱼、成鱼、海胆、海参、鲍鱼等栖息于其中,大量繁殖,收获这些海产动物对提供动物蛋白质以及药物资源都有很大的价值。例如我国山东长岛从墨西哥移殖巨藻以后,该地海底逐渐增殖起了上述各种动物,增加不少经济收入。因此大型海藻栽培起来以后,不仅收到海藻本身的产品,更重要的是随之兴起了生态结构的良性变化,获得了海产动物的丰收。

单细胞是海洋动物的饵料,是培养动物的关键问题之一,有些单细胞藻类含有丰富的蛋白质或脂肪,可以为人类直接提供这些必需品。海洋单细胞藻类是鱼类必不可缺少的饵料,而且还能作为渔场的指标生物。可以根据它们出现时间与数量变动规律来进行渔汛预报。

上述大型海藻的生产如果仅仅依靠自然生长,其产品远远不能满足需要,例如海带过去主要依靠日本进口,紫菜产量靠自然生产,但经过人工栽培,海带年产最高达 25 万吨,紫菜 7000 吨,江蓠、麒麟菜和裙带菜也有 1000~2000 吨。石花菜 100 吨,产值达 4 亿元。不但解决了部分国内人民的需要,而且还有少量出口。根据国外要我们提供 1 万吨江蓠的数量看,说明非进行栽培不可,特别近年来由于海洋资源严重衰退,渔业产量难以有大幅度增长的情

况下, 我们应充分发挥我国海岸线长、海湾多、可养面积广的优势来发展我国海藻的栽培事业, 不但弥补了渔业衰退的不足而且解决了沿海人多地少的问题, 为人民找到了生产的门路。尤其随着人类生活不断提高的趋势, 海藻胶的工业发展产生了原料不足的矛盾, 因此大力发展生产藻胶的海藻栽培业更是急待解决的问题。由此可见由于海藻的经济价值而应该使海藻栽培事业发展起来, 其地位相当于陆地上发展农作物、蔬菜以及药物栽培一样的重要。

三、海藻栽培的历史与现状

世界各国沿海居民都或多或少地利用一些沿岸近海自然生长的海藻类作为食品或其他用途。在少数国家, 由于对野生海藻供不应求, 所以开展了一些简易的增殖措施。根据民间的传说, 我国劳动人民在宋朝(公元 960~1279) 就在福建省金门岛创造了在一定季节清理岩礁增殖海萝(当地称为赤菜, 学名为 *Gloiopeltis*) 的有效方法。由于这个简易方法的应用, 金门岛一地所生产的海萝就大约占全国产量的四分之一以上。迄今金门岛生产海萝的岩礁属于私有, 作为遗产代代传下来。我国福建平潭县约三、四百年前就开始采用了类似金门岛的清理岩礁增产海萝的方法处理“紫菜坛”(产生紫菜的岩礁), 获得了良好增产效果。将近二百年前, 这个县的劳动人民创造了洒石灰水清理紫菜坛的增殖紫菜有效方法, 这个方法以后又推广到福建南部, 在五十年代还广泛为“紫菜农”所采用。

日本人民三、四百年前创造了一种特别有效的增产紫菜方法。根据多年的经验, 他们发现, 如果每年在一定时间, 在特定海湾安置一些竹枝, 过些时候这些竹枝就会长满他们所喜爱食用的“海苔”(即我们的紫菜)。在这个基础上他们发展了插竹枝的生产方法, 这就是著名的“簌”式培养方法。这个方法及其变种网式培养方法每年为日本人民生产了大量紫菜, 使紫菜生产一直在日本水产事业中占据重要地位。

多年来日本人民还广泛采用投石和炸礁增殖法以增产海带(日本称为昆布)、石花菜及其他人民所需要的海藻。这个方法的原理很简单, 同紫菜“簌”式培养一样, 就是为即将从藻体放散出来的孢子提供更多的附着生长的基质。

在欧洲, 根据本世纪初的报道, 爱尔兰人也对墨角藻(*Fucus* sp.) 的生产采取增殖措施。在爱尔兰墨角藻是马所喜欢的饲料, 但供不应求, 因此, 采用了简单的翻石办法, 则每年在一定期间, 大潮时把长满杂藻的石头翻过来, 使没有长藻的表面暴露在上面以便接受从成熟的墨角藻放散出来的卵受精后的合子进行附着。

上述的增殖方法虽然带来了一定的增产效果, 但有一个根本的缺点: 不能主动地播种, 附着在生长基的“种子”时多时少, 时有时无, 因而无法保证生产, 这是“靠天吃饭”式的生产。这种生产方式不可能有一个根本的改变, 因而从产量到栽培面积都受到严重的局限。因此人们经过实践认识到要改变生产落后的局面, 还必须解决人工“播种”与“播种”有关的一系列问题, 即走向人工栽培的第一步也是关键的问题。“播种”问题的解决是海藻栽培发展的第二阶段。无论海带栽培或紫菜栽培发展的历史无一不是从解决“播种”问题而开始的。当然海藻的播种不是将孢子洒在大海中, 而是使孢子在一定范围的水体内, 一般是在一个大的容器, 如水槽或水池中放散并附着在事先放在容器里的人工基质上, 将这些有孢子附着的基质转移到更为良好的环境中萌发, 使它们长成幼苗。这样的生产方法——“种子”播种在一定地方, 称为“采孢子”。紧接着就是培育过程, 包括一些管理程序, 把幼苗培育成商品海藻。由此可见“海藻栽培”发展与增殖有着本质的区别, 最少包括两个程序, 即“栽种”和“培养”, “栽”是把种子栽种在一定基质上, “培”是把幼苗培育到商品海藻, 把栽与培联合起来就是“栽培”。

海藻栽培所需要的“种子”包括无性繁殖的“种子”(即孢子),也包括藻体的一小段小枝,这些小枝起着陆地农作物有些用块茎或块根甚至于和果树所用的插枝同样的作用。

海藻栽培的“播种”解决了,迎来了仅是海藻生产的第一步人工解决苗种的问题,还有培养有关的问题需要解决,最终才能达到高产优质的商业性目的。后者又是栽培发展的另一个问题。一部海藻发展史就是在人们实践中不断发现问题不断解决问题发展起来的。世界是这样,我国也不例外。概括上述情况可以把海藻栽培发展的历史人为的分为以下几个时期。

(一)原始的增殖时期

这是一种较原始的生产方式,相当于采野菜,猎野兽阶段,但经过不断实践由自然采捕到有意识地增殖,其中增加了一定程度的人为因素。为了使自然的海藻孢子能适时而又大量的附着于岩礁上,人们自觉地采取一定措施清除岩礁或海底的敌害生物,为孢子的附着准备好地盘。如我国早在 200 年前福建平坛县渔民利用菜坛增殖坛紫菜以及以后改进成洒石灰水驱除敌害清理岩礁增加菜坛产量的方法;又如宋朝福建省金门岛劳动人民增殖海萝、英国爱尔兰人用岩礁增殖墨角藻的生产皆属于这一时期的代表。这种原始的增殖方式由于苗种播种均依靠自然的供给,加以生长基均为自然岩礁带有很大的局限性,这样受自然影响多、生产变动大而不稳定,使生产发展不能大幅度前进。有些海藻的生产就必然经过不断实践不断提高认识向第二阶段发展。但也有些直到目前在有的国家有的地方仍为沿用,而且在生产上起过或起着重要的作用。如我国海带的生产就经历过这一过程。即在 1942 年到 1945 年之间,大连海带的生产主要依靠海底增殖海带,最高年产量达 80 吨干品,五十年代山东省沿岸局部地方也用这种方式生产商品海带。

日本的海带在本世纪初,仅出口到我国者每年达 2~3 万吨干品,这对日本国民经济具有重要意义。但他们的海带生产主要靠海底增殖生产方式,仅在海带附苗以前加以清理海底岩礁而已。现在美国的巨藻被视为重要能源开发海藻,他们主要依靠海底自然增殖法为主,加以人工除去海底的海胆敌害。这些例子说明原始增殖法在有自然条件的海区,仍然有一定的生产重要性。

(二)利用自然苗种、人工增加基质增殖海藻的时期

在生产过程中,很自然的认识到原始的增殖方法的不足之处,就是只有在有自然基质的地方才能生产的局限性,而那些无基质地方是不是就不能生产呢?另外在有基质地方是否基质就够了呢?为此在掌握了自然孢子附着等一些规律性后认为增加基质就可以提高产量。例如我国海带生产初期除海底增殖外还采用人工投石,或绑苗绑石。日本的炸礁增加岩石附着面积。再如日本竹簇的增殖紫菜,就是在有自然孢子附着的海区,插竹枝使孢子附着。人们的这种愿望得到一定的实现,生产上人工的成分增加了一些因而有一定效果,但仍不难看出,苗种播种都依靠自然,仅依靠增加生长基并未根本解决问题。出现因自然条件的影响苗种不足或播种好坏的不同,以至既有丰收之年也有歉收之时造成被动生产的局面。究其原因就是在苗种播种这两项基本工作没有纳入人工控制的范围所带来的后果。生产实践使人们的认识不断深化,不断由表及里,由现象到本质,这就使人的认识起了飞跃的变化,引起生产上趋向更高级更完善的程度,进入第三个历程。

(三)利用人工苗种与播种进行海藻生产农牧化

这时期主要的特点是人工培养苗种,人工播种,人工制生长基,人工培养成藻,几个程序都加入了人工控制成分。为达到上述几个程序的人工控制,相应地需要着手进行一些基础

科学的研究,反过来基础科学的研究又促进了生产的发展。解放后我国海带与紫菜生产事业的发展与该两项生产有关的科学研究的迅速发展是分不开的。例如海带生产从1952年把人工采苗、分苗和海区筏式培养结合起来,取得初步成功,生产了62.2吨鲜海带,因而放弃了过去传统的海底岩礁生产,而采用筏式培养为主的生产。基本内容可分为秋季播种,在幼苗绳或竹瓦上采孢子,其次是将幼苗绳或竹瓦在海中培养,到幼苗生长到10厘米,再将这些幼苗夹在成苗绳上进行培养,这种方法很快在大连、山东沿海各地进行生产。但由于秋苗法存在着三难一低的缺点,三难即种海带渡夏难,二是因杂藻危害出苗难,三是分苗时天气正值最低温期劳动操作难,一低是因低温期适于海带生长期损失了,因而产量低。以后由于科学工作者的努力创造了低温育苗与自然光育苗法,不但在北方迅速应用于生产,提高了产量,而且为海带在我国南方(除广东省外)沿海各地培养海带奠定了基础,为50年代后期海带生产大发展创造了条件。现在年产量20多万吨,最高产量25万吨干品,等于鲜品一百三十万吨,使我国成为世界海带产量最高的国家。海带栽培无论在技术上或理论研究上在世界上均占领先地位。日本是海带的老家,年产野生海带几十万吨鲜菜。1968年以前他们改变过去用投石及炸礁法,1968年以后他们进行“强迫培养法”后1969年生产了30吨鲜菜,1974年产量发展到7500吨鲜菜占自然增殖的海带的16%。我们还可以看到紫菜栽培的历史经过,与海带有着共同之处。过去因为不了解紫菜生活史,因而生产只能停留在自然孢子的恩赐,自从中外科学家研究阐明了紫菜生活史以后,五十年代末到六十年代中国、日本均应用培养贝壳丝状体并进行大规模“半人工采苗养殖”,取得了一定的成效,到七十年代又进一步推广“全人工采苗养殖”,这一技术的内容包括采果孢子、培育丝状体、秋季采壳孢子,下海培育叶状体几项程序,每项程序均在人工条件与管理下进行。生产面积得到很快的发展,1983年生产面积约7万亩,产量约9000吨干制品,为解放前的十几倍,仅次于日本。

日本栽培紫菜也有较久的历史,但在紫菜生活史没有研究成功以前,停留在靠自然孢子进行一些技术改造,因而产量不能大幅度上升。六十年代以后,才转入了全人工采苗,即人工培养贝壳丝状体,人工采孢子,生产有了较快的发展,现在栽培面积90万亩,产量达21150吨干品,总产量占世界第一位,但单产次于我国。

通过上述的例子,无论是海带还是紫菜,它们的发展史主要都是解决了苗种问题之后才发展起来的。因此今后还有其他藻类也应该首先从解决苗种问题入手,这样我们的海藻事业才有可能更迅速地发展起来。

(四)选种、育种、引种更高级的发展期

前面几期主要是探索由自然增殖到人工播种与解决培养成藻的发展过程,虽然也有初步的选种,但更多的是在原来用自然种藻进行产量增加的活动为中心内容。为了获得高产与抗高温或抗病以至于含某种成分为目的的选种、育种工作在海带与紫菜方面也进行了大量工作,如两个高产高碘新品种以及这两个品种之间的杂交种的培育成功,又如海带单倍体的培育等。紫菜方面如长叶形条斑紫菜新品种培养成功,在江苏试验400亩,可增产15~17%鲜重。除以上选种工作外,还从墨西哥引种巨藻与石花菜进行培养,使引种工作为我国海藻的生产增加新的内容。紫菜的引种虽已进行,但尚未见到实效。总之在完成海藻人工播种与有比较完善的栽培技术之后,很自然地把科研与生产的重点放到选种、育种的工作方面来。尤其是广大的生产工人或群众在生产上都希望培养有抗病性、质量好、产量高的海藻,这些希望为科研工作者提出更高的要求,从发展历史来看,这一时期比第三期又大大前

进了一步。各种海藻的发展是不平衡的,而且还根据条件而定,每一种海藻的发展历史也并不完全一样,例如巨藻在美国还基本停留在自然增殖的水平;日本的海带也基本以自然增殖法为主;而中国的海带生产基本上经历了第一期、第二、三期。到目前为止除了继续充实完善第三期的水平外,已进入第四期阶段,在世界上占领先地位。关于各种栽培海藻的发展历史,在此不一一列举,在各论中论述。

四、海藻栽培业的展望

迄今为止,进入农业范畴的栽培海藻只有五属,即:海带、裙带菜、紫菜、江蓠和麒麟菜。其他如美国的巨藻,我国和日本的石花菜及海萝仍然停留在增殖范畴,还没有达到能称为海产作物的水平。这些栽培海藻的生产的发展还存在着不少问题,需要我们在今后的发展过程中加以解决。同时,还应研究某些经济价值较高的种类,使其成为新的栽培对象,进一步发展我国的海藻栽培事业。

(一)对现已栽培海藻生产的展望

海带、裙带菜和紫菜虽然已经成为全人工栽培的对象,但无论从生产的角度或科学理论方面还是存在着有待解决的问题,这些问题的解决就有进一步发展的可能。例如海带,无论是产量还是产值,都是我国最重要的栽培海藻,年产量曾达到 25 万吨干品。近年来因产品滞销使生产面积有些收缩。其中原因之一是产品质量差,海带薄而黄,反映生产上存在着加工问题,但也有品种问题,因此今后应加强遗传育种学的研究,选育藻体厚、食用价值高的海带。另外对幼苗和成体病害的研究也是生产上迫切需要解决的问题。

裙带菜的产量不高,对它的生物学的研究还远远不如海带,尤其根据裙带菜是暖温性海藻,在浙江又有我国自己土生土长的品种,应当对它进行系统研究,以发展我国裙带菜生产的潜力。

紫菜栽培在当前应该研究病害问题之外,对选种育种工作亦应提到日程上来。例如坛紫菜在东海区闽浙每年只能生长到二、三月份,如果在这些地区能引进耐高温的品种(如广东紫菜、越南紫菜),每年还可再生产一季,产量可以再提高。此外在生产上降低成品,提高产品质量,使紫菜年产量能达两万吨,这样紫菜就可以普遍食用,对人民有利,而且还可以出口增加外汇收入。

江蓠是琼胶的主要原料之一。我国琼胶产量还很低,每年还需进口一定数量,主要因为原料不足。生产琼胶的石花菜因为生长缓慢,产量受到限制,而江蓠生长速度快,质量也很好,发展潜力很大。在国际市场上琼胶供不应求,外商曾向我国提出,每年要求供应原料一万吨,可见市场的需要量很大。因此江蓠的栽培生产成为重点发展对象是很自然的了。发展栽培对象,可根据江蓠种类的化学成分的研究,确定产生优质琼胶的种类,从这些种类中选出生长快、经济效益高的种类,进行栽培技术的研究。

麒麟菜属藻类及角叉菜等产生卡拉胶的红藻的生产,卡拉胶是一种有很高经济价值的红藻藻胶,广泛应用于医药及食品工业。国际间卡拉胶的消费很大,而且越来越大,但我国应用琼枝(麒麟菜的一种)做原料所生产的这种藻胶产量很少,一般当作琼胶使用。随着我国食品工业的现代化,卡拉胶的需求量也会越来越多。然而我们的琼枝年产量最多时也不超过 400 吨。我们认为,在 15 年内,年产量提高十倍到 4000 吨也不算多。为此,我们最少需要进行下列几项研究:(1)从自己的琼枝中选育快速生长品种;(2)引进菲律宾的优良种类;(3)进行我国海南岛及西沙群岛的麒麟菜的生物学研究,提出最合适的栽培方法。在选

择栽培对象之前,应当对这些种类所产的卡拉胶进行物理、化学性能的比较研究,作为选择的根据。

(二)开展具有栽培价值的经济海藻的研究

除了上述五属六种栽培海藻之外,我国较为重要的经济海藻中还有一些种类具有特别的商品价值,需要量较大,因此,有必要通过栽培研究活动,大幅度提高产量,进行稳定生产,以保证供应。

1. 食用和饲料海藻的研究 在食用和饲料海藻中,浒苔属(*Enteromorpha*)藻类是最有希望发展成为栽培海藻的种类。它们是华东地区的较为普通的商品食用海藻,福建称浒苔,江浙称苔条。它们生长很快,在紫菜栽培生产中是常见的杂藻,而在热带海区它们是遮目鱼的天然饲料。现在所需要的是进行系统的栽培生物学研究,通过中间生产试验,提出经济效益最好的栽培方法。这项工作最好是在东海区和南海区进行。栽培生产的商品可作为食物也可作为养殖遮目鱼的饲料。

另外具有发展为重要栽培海藻的还有总状蕨藻(*Caulerpa racemosa*)和礁膜(*Monostroma nitidum*)。总状蕨藻实际上已是栽培对象。台湾省将藻体切为许多小段,在海边池塘里培养,成熟藻体运菲律宾作为特种鲜菜。礁膜是福建南部的常见商品海藻。日本在紫菜栽培季节结束后,利用栽培工具培养浒苔和礁膜,据说年产量占紫菜产量的2~10%。对蕨藻和礁膜的栽培生物学研究也应提到日程上来。这项工作在海南岛(蕨藻)和闽南(礁膜)进行较为适宜。

2. 藻胶海藻的研究 目前,藻胶有两大类型,褐藻胶和红藻胶。我国褐藻胶的生产主要用海带做原料,在广东也利用少量野生马尾藻(*Sargassum* spp.),没有必要再考虑发展其他褐藻。红藻胶目前有几个类型,主要是琼胶和卡拉胶,前者依靠石花菜和江蓠而后者依靠麒麟菜。在卡拉胶方面国际间主要利用的原料是角叉菜属海藻。我国黄海区的角叉菜(*Chondrus ocellatus*)有作为栽培对象进行研究的价值。麒麟菜是热带种类,所以,我们要在温带地区发展卡拉胶原料的生产,就必须发展角叉菜。此外,还可以考虑在广东沿岸发展沙菜属(*Hypnea* spp.)藻类作为栽培对象的研究。汕头地区的冻沙菜 *Hypnea japonica* 是一种比较大型的沙菜,其胶质很好,群众喜欢食用。

3. 药用海藻的研究 我国有两种著名的药用海藻,一种是盛产于东沙岛的海人草(*Digenea simplex*);另一种是广泛分布于亚热带地区的鹧鸪菜(*Caloglossa leprieurii*),我国主要产地在福建漳浦县。考虑到我国人民蛔虫感染率较高,特别是儿童,这两种海藻都具有较高药效,又较为安全,因此,有必要对它们进行栽培生物学研究,探索大量栽培的可能性。此外,随着海藻药物化学的研究,对新发现的有特别药用价值的种类,也应对它们进行栽培生物学研究。

4. 单细胞藻类的研究 单细胞藻类大量培养的研究,五十年代初期在国际间,五十年代末至六十年代初在我国曾经一度受到有关方面的特别重视。由于成本高、采收难,单胞藻还未能成为大规模生产的对象,但单胞藻大量培养作为动物养殖的幼体的饵料一直受到很大的重视。

近年来单胞藻类作为提取药物的原料,又得到了科学界的注意。盐藻(*Dunaliella salina*)在一定培养条件下可以储存大量的甘油,有时含量可达70%以上。有的单胞藻,如某些甲藻产生甲藻毒素,用很少剂量就能麻醉神经中枢。有的种类如蓝藻中的螺旋藻可以通过

培养使其所含蛋白质高达 70% 以上，它的个体细而长，时常结成浮块，可以用网捞起。这些和其他单胞藻的研究越来越受到科学界的重视。现在在以色列、澳大利亚等国已经有了专业培养单细胞藻类的企业。我们相信，单细胞藻类的大规模培养生产终将进入海藻栽培范畴。

II. 总 论

第一章 海藻和海洋环境

生活在海洋中的海藻,每一种都在一定的海洋环境条件下生活,同一种海藻在其生活史的不同阶段和时期所要求的环境条件往往不同。可见海藻的一切生命活动都是和海洋环境条件息息相关的。研究海藻生长发育的过程及其与环境条件的关系,能够加深人们对海藻的认识,从而为进一步调节和控制海藻的生长发育,为实现人工栽培海藻打下基础。

第一节 海洋中主要环境因子的一般情况

一、光

海洋中的光线来源于太阳辐射,和海藻的生活直接有关的是辐照度(光强)、光质(波长)和光时(光暗交迭的格式)三个方面。辐照度是一种能量的概念,而在生理研究中经常使用的照度(用米烛光,或呋烛光表示)则是一种亮度概念。两者在性质上是截然不同的。用能量来表示辐照度的单位是:

克卡/厘米²/分($\text{g}\cdot\text{cal}/\text{cm}^2/\text{min}$ 或 Ly/min)或瓦/厘米²(w/cm^2)

二者的换算关系为 $1\text{w}/\text{cm}^2 = 14.3\text{Ly}/\text{min}$ 而用亮度来表示照度的单位是:米烛光(Lux),呋烛光(fc)。

二者的换算关系为 $1\text{fc} = 10.76\text{Lux}$

由于照度是以人的眼睛感觉为基础,不是严格的科学量度,所以近年来许多科学家都提出应当用辐照度这一能量概念来表示光量。

严格说来,辐照度和照度之间是不能进行换算的,因为二者的换算关系随着光源波长组成的不同而发生变化。实在必要时可以进行以下的近似换算,例如:

$$\begin{aligned} 1\text{Lux} &= 6 \times 10^{-6} \text{ Ly}/\text{min} \quad \text{太阳光} \\ &= 5 \times 10^{-6} \text{ Ly}/\text{min} \quad \text{白色荧光灯} \\ &= 86 \times 10^{-6} \text{ Ly}/\text{min} \quad \text{钨丝灯} \end{aligned}$$

由于植物的光合作用是一个光量子过程,所以也有的科学家建议用光量子数和爱因斯坦数作为测定辐照度的单位,并且还研究制造出了直接测定和读出量子辐照度的仪器。

$$1 \text{ 爱因斯坦} = 6.03 \times 10^{23} \text{ 光量子} = \frac{2.86 \times 10^7}{\lambda} \text{ 克}\cdot\text{卡}$$

λ 是以毫微米(nm)为单位的光波波长。

如果以可见光的波平均光波长为 550 毫微米时

$$\text{每爱因斯坦大体上等于} \frac{2.86 \times 10^7}{550} \text{ 克}\cdot\text{卡}$$

$$1 \text{ 爱因斯坦} \cong 52 \times 10^2 \text{ 克}\cdot\text{卡}$$

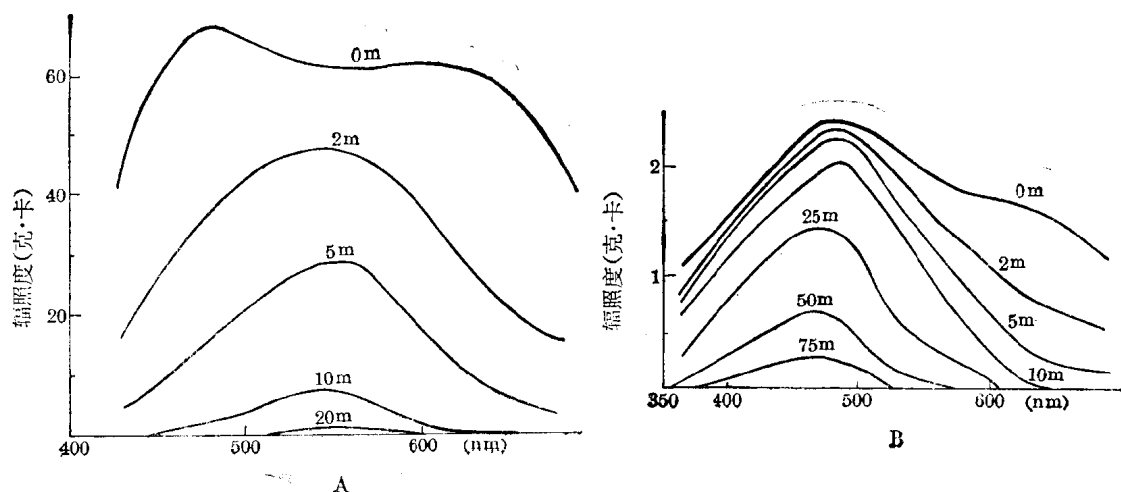


图 II-1-1 不同深度的不同波长辐照度

A. 波罗的海北部; B. 地中海东部

透入海水中的辐照度除了受时间和气象条件的影响外主要受到海水本身的光学性质和海水的深度而变化。

图 II-1-1 说明了两个海区不同水深处不同波长辐照度的分析情况(1) 是海水比较混浊的类型。(2) 是海水比较清的类型。图 II-1-2 说明了, 大洋水和沿岸水的不同类型海水中辐照度随海水深度分布的情况。

光时是指辐照度照射的时间, 一个海区的光时主要受地理上的纬度和季节的影响。水面以下的光时还受到水面的反射和海水对光的散射和折射的影响, 通常要比水面上的光时短一些, 水深愈大光时愈短, 在南北两极地区则还有漫长的连续黑暗期以及 24 小时都有光的特殊情况。

光质是指光线的波长组成, 到达海平面太阳辐射中含有波长自 300~2400 毫微米 (nm) 全部光线。其中波长 400~700 毫微米 (nm) 的可见光可以被植物利用进行光合作用, 海水对不同波长光线的吸收率不一样, 所以随着水深的增加, 海水中光线的波长组成也有很大的变化(图 II-1-3)。

二、温度

太阳是地球上热能的源泉, 地球表面上的温度是多变的, 在时间上有四季和昼夜的变化, 空间上有海拔、地形和纬度的变化。陆地和水体的温度变化规律也有不同。总的来

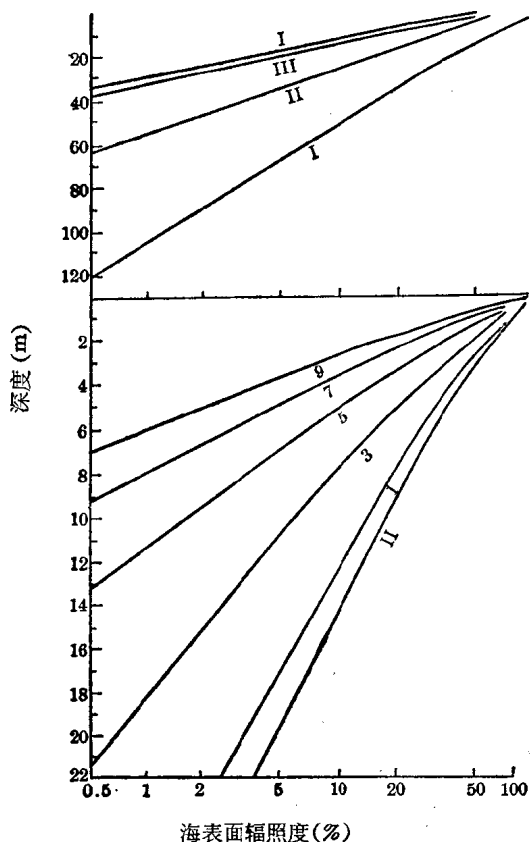


图 II-1-2 辐照度(波长350~700nm)随深度的分布
I、II、III 示大洋水类型; 1、3、5、7、9 示沿岸水类型
(仿 Jerler, 1973)

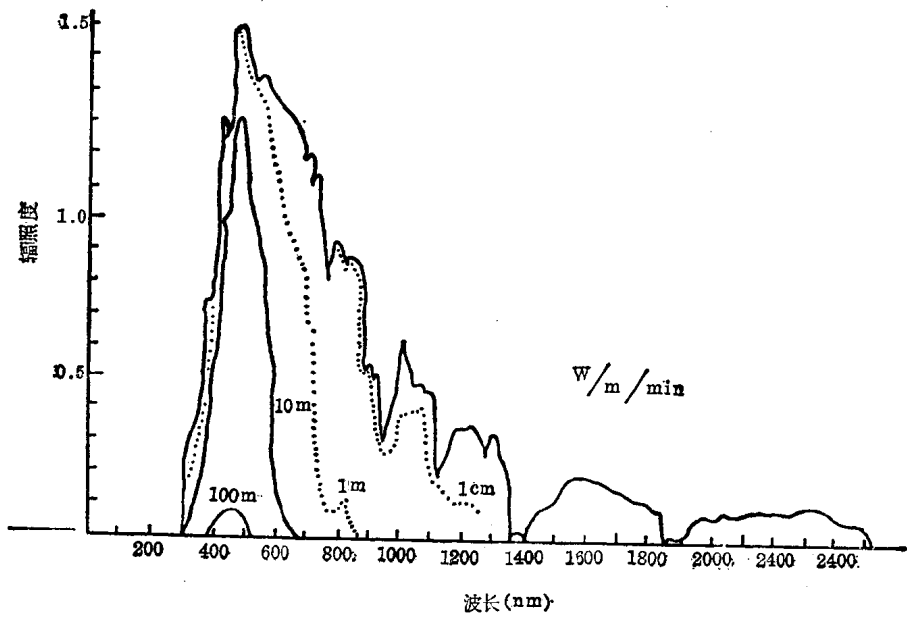


图 II-1-3 海水中全光谱辐照度的随深度分布
(据 Jerlov, 1976)

说,海水温度变化的范围远较陆地为小,也比湖泊、江河暖和。不同的海区温度变化也不一样,赤道和两极地区的温度年变化很小,温带海洋的变化就要大一些。大洋深海的变化较小,沿岸浅海的变化就大些。

对于研究海藻的分布和生长发育与水温的关系来说,除了海水的年平均水温情况外,了解海水的月平均水温和每天变化的幅度是很有必要的。表 II-1-1 列出了我国和美国、日本几个海区的海水年平均和月平均水温情况。

表 II-1-1 太平洋部分海区的平均水温(°C)

	月 平 均 水 温												年 平 均
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
(中国)													
青岛*	2.7	2.2	4.9	9.2	14.5	19.6	24.0	26.5	24.2	19.3	13.1	6.9	13.9
平坛**	12.7	9.8	12.6	17.2	21.7	25.8	28.4	29.0	27.0	23.5	20.0	16.3	20.3
(美国)***													
西雅图	8.6	8.1	8.1	8.9	10.3	11.8	12.9	12.9	13.2	12.9	12.0	11.0	10.6
洛杉矶	13.6	13.1	14.4	15.1	16.1	17.6	18.7	19.3	18.6	16.7	16.1	14.6	16.3
夏威夷	24.2	23.5	24.3	24.6	25.2	25.7	26.3	26.7	26.8	26.7	25.8	25.0	25.4
(日本)***													
室 兰	3.5	2.3	2.6	4.2	7.0	11.8	16.5	20.0	18.9	15.3	10.2	6.1	9.9
东 京	7.3	7.0	10.3	15.0	19.2	22.1	25.1	27.7	24.0	18.8	14.9	9.2	16.8
冲 绳	20.2	20.1	21.1	22.8	25.7	27.3	28.8	28.7	28.3	25.9	23.6	21.4	24.5

注: * 根据青岛地区 50 年平均水温; ** 根据在坛紫菜自然分布区实测; *** 引自新崎盛敏,1976,海藻ベフツス

海藻栽培学

三、海水的化学成分

海水中除了含有大量的水分之外,还含有各种化学成分,如无机盐类、溶解气体和有机物等。大洋海水的成分是相对稳定的,沿岸海水由于受陆地的影响,其化学成分有时会有较大的变化。海水中大多数成分也是海藻生活需要的,它们不停地从海水中吸收这些成分来组成自己,完成代谢过程。根据海藻对各种成分的需要量,可以分为大量元素和微量元素。对栽培海藻来说,氮、磷的含量尤为重要。表II-1-2是青岛近海的含氮量。

表 II-1-2 青岛附近海藻栽培区含氮量

采 样 日 期 (年·月·日)	瘦 区			中 肥 区			肥 区		
	NH ₄ -N	NO ₃ -N	合计	NH ₄ -N	NO ₃ -N	合计	NH ₄ -N	NO ₃ -N	合计
1973.10.7	29	3.0	42	81	80	89	376	14.0	389
11.14	27	6.3	33	114	16.3	180	300	15.5	316
12.18	34	10.0	44	54	15.3	69	77	5.5	83
1974.2.18	43	8.3	51	66	15.0	81	95	5.5	101
3.26	46	8.5	55	187	13.0	200	106	7.0	113
平 均	38	7.2	45	100	1335.5	114	191	9.4	200

注: 引自中国科学院海洋所藻类实验生态组等,1978。《条斑紫菜的人工养殖》

四、水的运动

海水的运动包括海流、环流、潮汐、波浪和一切水平方向的和垂直方向的水的交换活动。

海水运动的最大值与最小值的范围是非常之广的,而且比任何其他非生物的环境因子来得复杂。其运动的范围大的可达1000~10000公里(恒定的表面海流),小的只有10~100微米(沙粒之间的间隙水流)。海中最大潮差15米。海水波浪的最大波高45米,最大波长1000米,波浪所及的最大深度500米,浪花溅起的最大高度50米,最大波浪压力100吨/米²。在浅而狭窄的沿岸地区的最大流速可达5米/秒(18公里/小时),质点的轨迹运动速度可达3米/秒(10.8公里/小时),在岩礁浪花区的质点运动速度可达15米/秒(54公里/小时)。

五、其他环境因子

和海藻生长发育和分布等有关的其他环境因子还有压力,干出,生长基质以及生物环境等方面。这些将于第六节中具体加以叙述。

第二节 光 和 海 藻

光是所有能够进行光合作用的自养生物的能量源泉,海藻也不例外。光质、辐射度(光量)和光时对海藻的各种生命活动都有密切的关系。

一、海藻对光的忍耐力

海藻对强辐照度(强光)的忍耐力是有一定限度的,不同的种类忍耐力也有所不同,强烈