

南方海带苗种繁育技术

NANFANG HAIDAI MIAOZHONG FANYU JISHU

主编 刘 涛

副主编 金振辉 翁祖桐



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

南方海带苗种繁育技术

《南方海带苗种繁育技术》编委会

主 编 刘 涛

副主编 金振辉 翁祖桐

中国海洋大学出版社

· 青 岛 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

南方海带苗种繁育技术 / 刘涛主编. —青岛: 中国海洋大学出版社, 2019.5

ISBN 978-7-5670-2206-5

I. ①海… II. ①刘… III. ①海带—苗种培育
IV. ①S968.422.1

中国版本图书馆CIP数据核字 (2019) 第088076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://pub.ouc.edu.cn	
订购电话	0532-82032573 (传真)	
责任编辑	姜佳君	
电子信箱	j.jiajun@outlook.com	
电 话	0532-85901984	
印 制	青岛正商印刷有限公司	
版 次	2019年5月第1版	
印 次	2019年5月第1次印刷	
成品尺寸	140 mm × 203 mm	
印 张	4.25	
字 数	70千	
印 数	1 ~ 1500	
定 价	36.00元	

如有印刷质量问题, 请与印厂联系, 电话: 18661627679

《南方海带苗种繁育技术》编委会

主 编 刘 涛

副主编 金振辉 翁祖桐

编 委 (按姓氏笔画排序)

于亚慧 王文磊 王珊珊 台 方

刘欣欣 陈曦飞 李晓捷 林 琪

金月梅 贾旭利 董志安 谢潮添

序

FOREWORD

中国海带养殖产量已连续28年位居全球首位，为全球海藻产业的发展做出了重要的贡献并具有产业支配性地位。20世纪50年代初期，中国率先突破了海带全人工养殖技术并在全球开创了全人工海水养殖业发展的先河；“海带南移养殖”进一步把海带养殖区域从北方地区最南拓展至福建和广东，形成了中国海水养殖业的第一次浪潮；海带遗传理论的建立及其育种应用，开辟了中国特色海带产业乃至全世界海水养殖业良种化养殖进程；海带制碘业的自主发展进一步促进了海带养殖业的发展和海藻化工业的兴起。进入21世纪以来，一批高产优质海带新品种的培育以及海带食品加工业的快速发展，为中国海带产业的转型升级发展注入了新的活力。中国海带产业的发展历程充分印

证了科技创新的重大贡献。本系列书籍包括了产业发展研究、苗种繁育技术和养殖技术等分册，以图文并茂的方式总结了现代海带产业的基本面貌与工艺技术，既可作为实用性的技术培训手册，也颇具学术参考价值，将有助于进一步传播和推广最新的海带产业知识与技术，为国家渔业绿色发展和沿海乡村振兴建设做出更多的贡献。

中国工程院院士

2019年4月16日

前 言

PREFACE

自1956年海带南移养殖工作以来，福建省科技工作者与产业单位合作解决了种海带室内度夏培育、浑浊水域高密度养殖等技术难题，实现了本地区苗种繁育和高产养殖，使南方地区海带产业得到了飞速的发展。21世纪初期以来，福建省海带育苗总量、养殖面积和产量连续位居全国首位，对中国乃至全世界海带产业做出了突出的贡献。同时，海带养殖在维护近海水质健康、促进渔民就业、联动发展鲍养殖业等方面也发挥了重要的作用。

南方地区海带苗种繁育技术对经典的“海带自然光夏苗培育技术”进行了较多的创新发展。种海带室内度夏培育、勾兑孢子水采苗、水平式育苗池改造、新型育苗器的革新等及其应用，使育苗时间最短可至37天并大幅度降低

了劳动强度，形成了独特的高效海带苗种繁育工艺。笔者在与福建省海带育苗企业多年合作的基础上，进一步结合现场考察调研工作，编撰了《南方海带苗种繁育技术》一书，期待广大读者能够更直观地了解 and 掌握南方地区的海带苗种繁育技术。本书出版得到了福建省种业创新与产业化工程项目“海带品种创新与种苗繁育产业化工程”、福建省科技重大专项专题项目“坛紫菜、海带优质抗逆新品种选育及产业化应用”和现代农业产业技术体系（藻类）专项资金项目资助，特此致谢。

编者

2019年3月10日

目 录

CONTENTS

- 第一篇 海带的基础知识**
- 1 海带分类与分布 / 1
 - 2 海带生活周期与生活史 / 2
 - 3 海带生长发育的条件 / 6
- 第二篇 育苗场布局与环境条件**
- 1 环境条件 / 11
 - 2 水质要求 / 12
 - 3 布局 / 12
- 第三篇 育苗设施与器具**
- 1 育苗设施 / 13
 - 2 育苗器具及其准备工作 / 44
- 第四篇 海带夏苗培育技术**
- 1 种海带选育 / 61
 - 2 采苗 / 76
 - 3 育苗 / 94
 - 4 出库 / 119

第一篇 海带的基础知识

1 海带分类与分布

海带在分类学上属于褐藻纲 (Phaeophyceae) 海带目 (Laminariales) 海带科 (Laminariaceae)。因为基因水平的遗传差异, 原本的海带属被藻类分类学家分成了海带属 (*Laminaria*) 和糖藻属 (*Saccharina*)。东亚地区的海带多数被归类到糖藻属, 而欧洲地区的部分海带则被保留在海带属。

海带多生长于低潮带和低潮线以下8~30 m深的海底岩礁上, 在潮下带的自然垂直分布主要受海水透明度限制, 在地中海沿岸和巴西等水质极其清澈的海域, 部分种类甚至能生活于120 m深的海底。

海带 (*Saccharina japonica*, 也称为真海带) 原产于太平洋西北部, 自然分布在俄罗斯东部、韩国东部和南部、日本北部。海带为冷水性藻类, 分布海域最高月

平均水温（8月）在20℃以下。海带从日本引进我国以来，由于多年的养殖驯化及品种改良，也能在最高月平均水温23℃左右的亚热带海域生长。在欧洲分布的海带属常见物种包括糖海带（*S. latissima*）、极北海带（*L. hyperborea*）、掌状海带（*L. digitata*）等，主要分布在英国、爱尔兰、德国、西班牙等国家沿海。此外，在巴西、美国、加拿大等美洲国家沿海也有分布。

海带不仅是一类营养丰富的海洋蔬菜，同时因其富含的褐藻胶、甘露醇、碘、岩藻多糖等成分而成为医药保健、海藻化工和农业肥料等行业的重要原料。目前，全球（主要是中国、日本、韩国）养殖的海带主要有海带（*S. japonica*）、长叶海带（*S. longissima*）和利尻海带（*S. ochotensis*）等少数几个物种。我国养殖的海带则是海带及其与糖海带或长叶海带的杂交种。

2 海带生活周期与生活史

自然界中的海带寿命为跨3个年度的两年生活（图1.1）。第一年夏季，叶片大部分腐烂脱落，仅残留固着器、柄部和少量的叶片基部（生长点部位）；待秋季水温

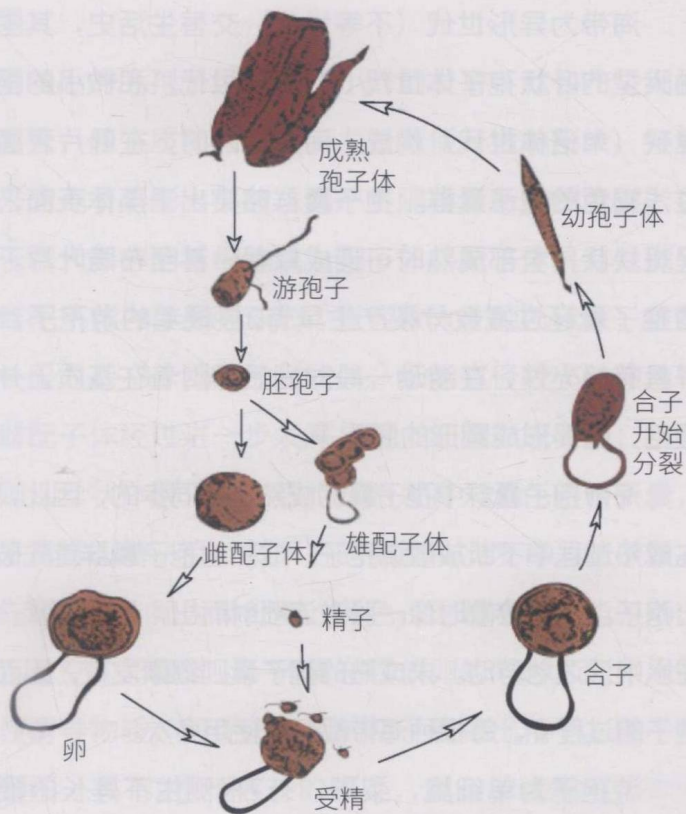


图1.1 海带自然生活史

下降后，叶片基部细胞不断分裂，重新生长出叶片，至第二年秋季叶片死亡。每年秋季叶片表皮细胞可分化形成孢子囊，并放散孢子。在人工养殖情况下，海带生命周期为跨2个年度的一年生活。在夏季水温达到 16°C 左右即可大量收获；水温在 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ 时开始大面积产生孢子囊；水温到 23°C 及以上时，孢子囊停止发育，并且不能释放游孢子。

海带为异形世代（不等世代）交替生活史，其生活史由大型的叶状孢子体世代（二倍体世代）和微小的配子体世代（单倍体世代）构成。海带成熟时，在叶片表面上产生浅褐色的孢子囊群。孢子囊群略突出于藻体表面，一般呈斑块状，全部成熟时可连成片状，甚至布满叶片。成熟的孢子囊经过减数分裂产生具有2根鞭毛的游孢子，游孢子具有趋光性，在游动一段时间后即附着在基质上并失去鞭毛，随即形成圆形的胚孢子。

海带孢子囊群中孢子囊的成熟是不同步的，因此，可以在成熟过程中不断放散游孢子。成熟的孢子囊群首先破裂放出孢子。孢子放散时像一股激流喷射而出，呈云雾状，马上在水中活泼地游动。未成熟的孢子囊则继续发育，因而在采孢子的过程中，每棵种海带都可以使用多次。

游孢子为单细胞，梨形，有2根侧生不等长的鞭毛，因此在海水中会翻滚游动，并且具有趋光性。为了使游孢子均匀附着，通常在微弱光线下进行采孢子。刚开始放散的游孢子非常活泼，通常活力好的游孢子游动速度快且游动时间长。经过一段时间的游动，游孢子可以附着在多种基质上，包括石块、瓦片、玻璃片、铁片、各种材质的绳索等，一般在附着后约2小时即可附着牢固。附着在不同基质材料的海带孢子均可正常地生长和发育。但不同基质材料的表面粗糙度不同，因此，海带孢子附着的牢固程度

也不同。

附着后的胚孢子经过4~6小时的发育,就会产生细长的萌发管,原生质随后移至萌发管致使其末端膨大,接着在原来的孢子与膨大部分之间产生隔膜及新的细胞壁。这个位于膨大部分的新细胞成为配子体,配子体具有性别分化:雌配子体为单细胞球形,直径较大,颜色较深;雄配子体一般为2~3个细胞的丝状体,细胞直径较小,颜色较浅。雌配子体经过进一步发育,整个细胞形成卵囊;雄配子体则从丝状体最顶端的细胞开始发育为无色的精子囊,在精子囊排出精子后,其下方的细胞依次发育为精子囊。卵囊先释放卵,卵为单细胞、黄色,无鞭毛,不能游动,并粘连在空的卵囊壁上。卵囊在释放卵的同时,向卵周围释放性诱导物质,可促进临近的精子囊排出精子。精子为无色梨形,具有2根不等长的鞭毛,具有游泳能力,在性诱导物质的作用下,游近卵并进行受精。1个卵仅和1个精子结合,形成合子(二倍体)。海带配子体生长和发育为精子囊和卵囊的阶段对光照比较敏感,通常需要在较低光照强度(2000 lx及以下)下进行。

合子经过有丝分裂进行生长,逐渐长成为幼孢子体(也称幼苗)。合子首先进行3次独立的横分裂,形成8细胞苗;然后开始进行1次独立的纵分裂,形成2列细胞苗;此后细胞同时进行横分裂和纵分裂,形成4列细胞苗;再

进行1次纵分裂，形成8列细胞苗。此后细胞同时进行横分裂和纵分裂，形成16列细胞苗；细胞经过不断纵分裂和横分裂，并且从叶片基部的位置开始出现垂直于叶片表面的分裂，使海带幼苗变为多层细胞苗并不断增厚，为后续的细胞分化打下了基础。海带幼苗逐渐通过这种分裂和细胞膨大生长为大海带（即孢子体）。

3 海带生长发育的条件

3.1 海带生长发育与光照的关系

光线是藻类生长所不可缺少的环境因子。光线在海水中的强度和光谱组成是随着水的深度和水中含有的物质而变化的。海带在不同生长发育期对光照条件的要求也不相同。在幼孢子体阶段，海带只有几十个细胞时，能耐受较强的光照；但逐渐长大时，过强的光照则会延缓其生长甚至导致其死亡。但在苗种繁育生产期间，通常是稳步控制育苗，逐渐提升光照强度，在海带苗出库前将光照强度提高到5000 lx及以上，以适应自然海区较强光照。

在北方地区进行种海带海区培育时，可修剪种海带梢部和假根后，将种海带养殖至水面以下50 cm的水层中，

利用增强光照来促进孢子囊的形成和发育。

3.2 海带生长发育与温度的关系

水温对海带孢子囊群的产生具有重要的影响。室内度夏的种海带在人工控制的 $13\sim 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 水温范围内，在14天之内可以开始形成孢子囊群。自然海区中，水温在 $15\sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，出现孢子囊群的个体最多且面积最大；而在水温达到 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 及以上时，已发育的孢子囊则不能放散游孢子。

游孢子活动时间的长短也与温度有密切关系：温度低，活动时间长；温度高，活动时间短。根据观察，育苗水温 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右时，一些游孢子甚至可以持续游泳48小时；在 $15\sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的水温下，游孢子游泳5~10分钟就开始附着；而在 $8\sim 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的水温下，游孢子在2个小时左右即可大部分附着牢固。

3.3 海带生长发育与营养的关系

矿物质营养对藻类的生长和发育是必需的。氮和磷是藻类营养的主要元素。在自然海区中氮和磷的不足往往能成为海带生长发育的限制因素。因此，在海带育苗生产中，应根据不同发育时期的营养需求添加硝酸钠和磷酸二氢钾等肥料，补充自然海水中的营养成分。在海带育苗期间，硝酸钠和磷酸二氢钾的施肥比例一般在

10:1~15:1。同时,不同海区夏季水质状况差异较大且存在着年际变动,且局部海区有时会存在磷肥缺乏的情况,因此,在育苗期间,应根据海区水质营养状况适当进行调整,尤其是在海带配子体发育期间可相应提升磷肥的比例至7:1~8:1。

海带育苗期间施肥应注意控制肥料的用量,尤其是氮肥的使用,以免过高的氮肥导致“烧苗”现象。此外,采用氨制冷机制冷的育苗场,应及时检测育苗水体中是否存在“漏氨”的情况,保证育苗用水质量安全。

海水中钙、镁等常量元素以及碘等微量元素也是海带生长发育所必需的。因此,在海带育苗生产中应及时保持一定的换水率来保持元素的均衡。但同时,应注意到过量的重金属元素,尤其是铜、铅、镉、锌等对海带生长和发育的毒性较大,当发生过量积累时,易造成海带死亡。在育苗中,尤其应对育苗水系统中的金属器件进行及时清理,并严格控制富含重金属防污漆的使用。

3.4 海带生长发育与流水的关系

流水条件能促进 CO_2 的水气交换,从而增加水体中 CO_2 的溶解量,为藻类生长提供碳源。同时,流水速度对海带长度、宽度等性状具有显著的影响:水流通畅和流速快的海区,海带个体较大,增产效果明显;而水流缓慢的内湾