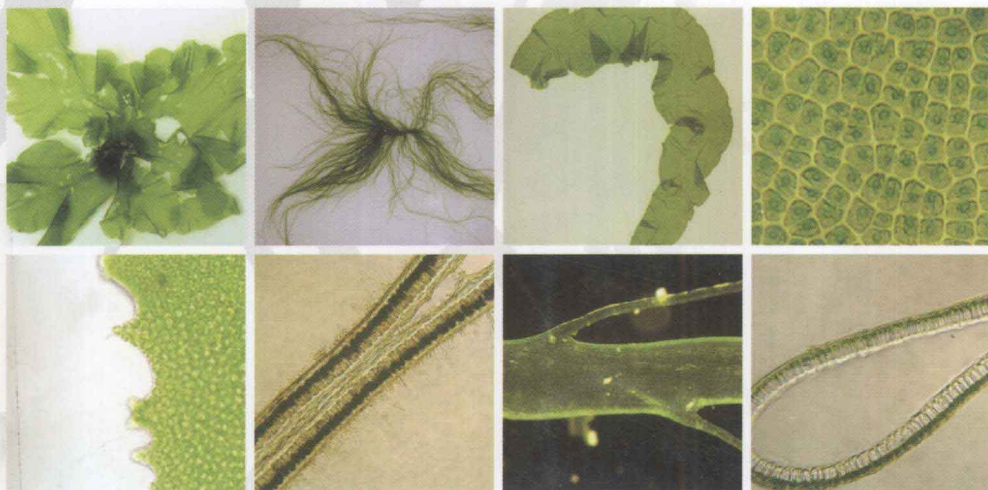


浒苔

HUTAI

姚东瑞 编著



浒苔

HUTAI

姚东瑞 编著

海洋出版社

2011年·北京

图书在版编目(CIP)数据

浒苔 / 姚东瑞编著. —北京: 海洋出版社, 2011.5

ISBN 978-7-5027-8031-9

I. ①浒… II. ①姚… III. ①浒苔—研究 IV.
①Q914.82

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第100567号

责任编辑: 项 翔

责任印制: 刘志恒

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

(100081 北京市海淀区大慧寺路8号)

北京盛兰兄弟印刷有限公司印刷

2011年5月第1版 2011年5月北京第1次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 11.5

字数: 219千字

定价: 60.00 元

发行部: 62147016 邮购部: 68038093 图书中心: 62100038

海洋版图书印、装错误可随时退换

序

2008年青岛绿潮大规模暴发，使浒苔这一陌生的名词一夜之间成为社会关注的焦点。绿潮暴发不仅严重影响了海洋生态环境，而且还造成了海洋经济的巨大损失，并给民众生活带来较大的影响，因此，引起了社会各界的广泛关注。党和国家高度重视绿潮灾害问题，要求国家海洋局及时开展和做好相关工作，预防和减少绿潮灾害所造成的损失。

从2008年开始，根据国家海洋局的部署，北海分局组织相关单位开展了对绿潮的监视、监测及预警预报等各项工作，同时，根据业务化的需求组织开展了绿潮发生机理和突变条件等研究工作。在大家的共同努力下，各参加单位都取得了不少成果。淮海工学院是其中重要的参与单位之一，开展了浒苔生长机制及暴发影响因素等研究工作，在此基础上，淮海工学院副院长姚东瑞教授牵头组织相关人员，编写了《浒苔》这本专著，这是淮海工学院相关科技人员在浒苔研究方面的成果结晶，有助于提高大家对浒苔的认识，对开展相关工作也一定会有裨益。

是为序。

国家海洋局北海分局局长



2010年11月于青岛

前 言

被称为“红色幽灵”的赤潮灾害，已给我国海洋经济造成了重大损失。而2008年由浒苔引发的大规模绿潮灾害，使海洋环境面临新的危机。浒苔究竟是怎样的一种生物？从何而来？为什么会大面积暴发形成绿潮？我们如何来应对这种生态灾害？这些都成为人们非常关心的问题。本课题组开展浒苔项目的研究，自始至终得到了国家海洋局北海分局领导的指导和项目资助，取得了一定的研究进展。但至今，尚未有全面论述这种重要绿潮藻——浒苔的专著出版。受国家海洋局北海分局房建孟局长的启发与鼓励，饱含热忱的课题组成员结合自己的研究经验和实践，参考了国内外的研究成果，尝试编写了《浒苔》一书，旨在让读者了解浒苔的基础知识、相关信息及研究进展，也为浒苔研究的科技人员提供一个基础的信息平台。

本书从浒苔的基础生物学知识着手，较为系统地介绍了浒苔对环境变化的响应、浒苔绿潮的监测和发生原因分析、浒苔的营养和药用价值以及浒苔的加工利用等方面的研究方法及成果。

参加本书编写的课题组成员为淮海工学院和江苏省海洋资源开发研究院相关研究领域的主要学术骨干，结合各人的研究领域进行编写内容分工，以尽可能充分地反映相关领域的最新研究进展。本书共六章，第一章由李信书博士编写，第二章由徐军田博士编写，第三章由朱明副教授编写，第四章由彭红春博士编写，第五章由陈丽副教授、吴少杰博士编写，第六章由朱强老师、姚东瑞教授编写。全书由姚东瑞教授审定、统稿。

非常感谢国家海洋局北海分局提供研究项目和出版资助，特别是房建孟局长给予的殷切指导；感谢国家海洋局科技司邱志高副司长在项目研究与本书编写过程中提出许多建设性的建议；江苏省海洋资源开发研究院常务副院长李树安教授做了大量组织协调工作；淮海工学院学报编辑部的褚金红老师为本书的定稿做了

许多编辑工作，在此一并表示感谢。

尽管本书编写的初衷是为读者介绍有关浒苔的基本知识和最新研究进展，作者也深知仅凭自身的水平和学术修养还难以达到这样的要求。诚然，一项涉及全球海洋、多个学科和诸多影响因素的浒苔绿潮研究，在不太长的时间内，是很难面面俱到的；浒苔研究领域包含内容很多，绝非本书的几个章节所能概括。作者只是选择了几个专题，通过介绍当前浒苔研究的热点问题和研究成果，期望对读者能有所启发，在以后的研究中能有所借鉴，从而促进浒苔的创新研究，提高浒苔开发应用水平，此乃我们的初衷。

限于作者水平，书中肯定有缺点和错误，敬请专家和领导谅解；希望专家和读者批评指正。

姚东瑞

2010年11月

Content 目次

第一章 浒苔的基础生物学	(1)
第一节 浒苔的分类地位.....	(1)
第二节 石莼科藻类的生物学特征.....	(2)
一、石莼属的生物学特征及其分类.....	(2)
二、浒苔属的生物学特征及其分类.....	(3)
第三节 浒苔的发育.....	(7)
一、浒苔的生活史.....	(7)
二、浒苔生殖生理学.....	(13)
第四节 浒苔的分子生物学研究.....	(19)
第二章 浒苔与环境	(24)
第一节 全球变化与浒苔.....	(24)
一、海洋酸化.....	(24)
二、紫外辐射.....	(29)
第二节 富营养化与浒苔.....	(38)
一、藻华与富营养化.....	(38)
二、海洋植物对富营养化的响应模式.....	(39)
三、富营养化对浒苔的影响.....	(39)
第三节 其他环境因子与浒苔.....	(43)
一、温度对浒苔的影响.....	(43)
二、光强对浒苔的影响.....	(45)
三、盐度对浒苔的影响.....	(47)
四、重金属对浒苔的影响.....	(48)
第三章 绿潮的发生机制及其对环境的影响	(54)
第一节 世界范围内的绿潮发生状况.....	(54)
第二节 我国近年来绿潮发生情况.....	(54)
第三节 绿潮的发生、暴发及消亡机制的研究.....	(56)
一、适宜的海水温度是绿潮暴发的必要条件.....	(57)
二、海水的富营养化是绿潮暴发的主要诱发因素之一.....	(58)
三、适当的光照条件促进了绿潮的形成.....	(62)
四、海流及风力对浒苔扩散的贡献.....	(62)

五、绿潮发生地的地理特性与气候条件	(63)
六、人类活动对绿潮发生的影响	(64)
七、绿潮发生的生物学机制	(64)
八、绿潮发生的四季规律——以突尼斯南湖为例	(67)
九、有关 2008 年浒苔“绿潮”的溯源工作	(68)
第四节 绿潮对海洋及沿岸生态系统的影响	(70)
一、破坏沿岸滨海生态景观	(70)
二、下沉浒苔对环境的影响	(71)
三、影响渔业捕捞作业	(71)
四、造成沿海紫菜养殖业减产	(71)
五、对沿海渔业资源的潜在影响	(72)
第五节 绿潮的治理	(72)
一、绿潮的及时处置方法	(72)
二、药物杀灭方面的研究	(72)
三、生态治理方法的研究	(73)
四、绿潮藻的资源化利用——以经济效益促进绿潮的治理	(74)
第四章 浒苔的监测	(77)
第一节 浒苔监测的方法	(77)
一、船舶监测	(78)
二、飞机监测	(78)
三、卫星观测	(78)
四、海洋监测站	(79)
第二节 遥感在浒苔监测中的优势	(80)
一、遥感定义及特点	(80)
二、海洋遥感	(81)
三、遥感在浒苔监测中的作用	(83)
第三节 遥感浒苔监测的原理与方法	(84)
一、遥感监测浒苔的原理	(85)
二、浒苔信息提取的方法	(86)
第四节 基于 MODIS 的浒苔监测实例	(90)
一、MODIS 数据介绍	(90)
二、MODIS 数据特点	(91)
三、研究区简介	(93)
四、MODIS 数据处理流程	(94)
五、结果与分析	(95)
六、小结	(98)

第五节 遥感用于浒苔监测展望	(99)
一、建立以遥感监测为基础的浒苔预警机制	(99)
二、多种手段相结合监测浒苔	(100)
三、多源遥感数据源相结合监测浒苔	(100)
四、微波遥感在浒苔监测中的应用	(101)
五、提高海量遥感数据的处理能力	(101)
第五章 浒苔的营养与药用价值	(105)
第一节 浒苔的营养价值	(106)
一、浒苔的蛋白质	(108)
二、浒苔的多糖类	(113)
三、浒苔的脂肪酸	(114)
四、浒苔的维生素	(118)
五、浒苔的矿物质元素	(119)
六、其他活性物质	(123)
第二节 浒苔的药用价值	(125)
一、抗过敏作用	(126)
二、抗微生物活性	(126)
三、抗氧化活性	(127)
四、抗肿瘤活性	(127)
五、免疫调节作用	(128)
六、呼吸暴发活性	(128)
七、降血糖、血脂作用	(128)
八、对水产动物的活性	(129)
第六章 浒苔资源化利用	(133)
第一节 浒苔肥的开发及应用	(134)
一、海藻肥的发展历史	(134)
二、海藻肥的有效成分与功用	(134)
三、浒苔肥的研发	(135)
第二节 浒苔能源化开发利用	(138)
一、海藻能源化开发利用概况	(138)
二、浒苔能源的研发	(139)
第三节 浒苔饲料的研制与应用	(145)
一、海藻饲料研发概况	(145)
二、海藻饲料营养特点	(145)
三、浒苔饲料的研制	(146)
第四节 浒苔食品的研发	(148)

一、海藻食品研发概况	(148)
二、浒苔食品的研制	(149)
第五节 浒苔其他方面的应用	(154)
一、浒苔膳食纤维的提取	(155)
二、浒苔吸声材料的制备	(155)
第六节 浒苔资源化利用的战略思考	(156)

第一章 浒苔的基础生物学

2008年夏季,一种名为浒苔的海藻大量涌入青岛海域。水面漂浮的浒苔严重影响了奥运帆船训练以及其他水上活动。为了维护海滨景观环境,保证帆船训练比赛的顺利进行,青岛市紧急招募了大量志愿者,并动用专业打捞设备来围剿这些“海草”。浒苔,这个对大多数人来说都非常陌生的词汇,一时间变得家喻户晓。浒苔究竟是什么?它是如何繁殖的?为什么能在短时间内大量出现?它还有哪些兄弟姐妹?下面就让我们来详细了解浒苔的前世今生。

第一节 浒苔的分类地位

虽然浒苔名字中有个苔字,却不是苔藓植物,而是一种海藻,拉丁文学名为 *Enteromorpha prolifera*。它隶属于绿藻门(Chlorophyta)、石莼目(Ulvales)、石莼科(Ulvaceae)、浒苔属(*Enteromorpha*)。然而 Hayden 等认为浒苔属实际上与石莼属(*Ulva*)是同物异名,浒苔属并不能单独作为一个属,因为浒苔属与石莼属相比并没有实质的进化。石莼属首先是由林奈(1753)命名的,最初还包括不相关的其他藻类。在19世纪石莼属的种类被分成几个属。膜状藻体中间不分开为双层细胞种类归为石莼属,藻体为单层细胞呈中空管状结构的藻类被收入浒苔属中。Guiry 等发现全球已确认大约有50种石莼和35种浒苔。一些证据表明,这些属的特征并不精确。有的种类在自然界中存在介于石莼属和浒苔属的中间形式,如缘管浒苔(或长石莼) *E. linza* 具有浒苔属特征的管状基部和石莼属特征的双层细胞的稍部。另外,一些培养研究揭示了管状和叶片形态的可变性。种的概念主要根据形态学和解剖学特征,而这些特征随藻体成熟情况、海水盐度、营养水平、光线、曝晒程度和潮汐等因素而变化,再加上浒苔属的外部形态比较单纯,可供分类的特征比较少,所以浒苔的分类是比较困难的。

2008年夏季青岛近海大规模出现的绿藻经过鉴定主要为浒苔属的浒苔,学名为 *Enteromorpha prolifera*。浒苔的别名为海青菜、海菜、虎苔、苔条。据福建《同安县志》记载:“一名海苔,生海中,状如绿发,长三四尺,其出澳内者名淡苔尤美,以同安鼓浪屿所出为最。”过去书刊中根据闽南人发音写作“虎苔”。后经定名委员会更正,以浒苔作为 *Enteromorpha* 的属名。福建南部沿海一带所产的浒苔属藻类,种类很多, *E. prolifera* 是其中一种,因此《中国经济海藻志》建议“浒苔”一词同时作为 *E. prolifera* 的中文名称,

以代替名委会过去命名的“育枝浒苔”。

第二节 石莼科藻类的生物学特征

浒苔隶属于绿藻门、石莼目、石莼科，但具体属名国际藻类分类学界对此仍存两种观点：经典分类学者仍然沿用浒苔属，而分子系统发育学学者认为，浒苔属与石莼属应该合并为石莼属，所以有必要介绍一下石莼科和石莼属的情况。

石莼科 (Ulvaceae) 海藻的藻体呈叶片状或为中空圆柱状，由 1 层或 2 层细胞组成，叶状体的构造根据不同的种、属而不同。细胞单核，有 1 个侧生色素体，色素体内含 1 至多个淀粉核，藻体基部细胞延伸成固着器。无性生殖时，产生游孢子，孢子囊产生具 4 根鞭毛的游孢子，成熟后经母细胞壁的开孔逸出，游孢子萌发成具有假根的丝状体或不规则的细胞，再进一步发育成叶状体。有性生殖时，产生具双鞭毛的配子。多数物种异配生殖，只有在不同藻体产生的配子间才能接合，合子立刻萌发成新藻体。石莼科藻类的生活史多数为同形世代交替，即孢子体和配子体具有相同的形态特征。孢子体上营养细胞形成游孢子囊，核经过减数分裂，产生游孢子，游孢子萌发成配子体；配子体产生配子，配子接合成二倍体的合子，由合子再发育成孢子体。石莼科的大多数物种分布于沿海潮间带岩石上，少数种生于咸淡水或淡水中。

一、石莼属的生物学特征及其分类

石莼属 (*Ulva*) 海藻藻体为多细胞叶状体，由 2 层细胞组成，基部由营养细胞延伸成假根丝，形成固着器，固着于岩石上。细胞内有 1 个细胞核及 1 个杯状色素体，其中含有淀粉核。生活史为二元同形。无性生殖中，由孢子体边缘的营养细胞开始形成孢子囊，孢子囊在形成的过程中，边缘细胞叶绿体移往细胞的一边，同时细胞向外生出小突起，细胞第一次分裂时的分裂面与叶状体表面垂直，为减数分裂；第二次分裂面与第一次垂直，分成 4 个细胞，如此继续分裂，每一孢子囊产生 8~16 个游孢子。孢子成熟后由囊上突起小孔逸出，游孢子具 4 根鞭毛，离开母体后，游动片刻，即附着在岩石上，失去鞭毛，分泌细胞壁，1~2 d 内开始萌发为配子体。有性生殖为异配生殖，由配子体形成配子囊，配子的形成与游孢子相似，但每一配子囊产生 16~32 个配子，成熟的配子亦由囊上突起的小孔逸出。配子离开母体后，进行异配接合，结合后的合子 2~3 d 内开始萌发，长成孢子体。配子体有时也能进行孤雌生殖。

我国近海石莼属常见种类有以下 4 种：石莼 (*Ulva lactuca*)，孔石莼

(*Ulva pertusa*), 裂片石莼 (*Ulva fasciata*) 和砾菜 (*Ulva conglobata*)。

(一) 孔石莼

孔石莼 (*Ulva pertusa*) 藻体幼期绿色, 成体为碧绿色, 体形变异很大, 有卵形、椭球形、披针形和圆形等, 但都不规则, 边缘略有皱或稍呈波状。藻体叶面常有大小不等且不甚规则的穿孔, 并且随着藻体长大, 几个小孔可裂为一个大孔, 最后使藻体形成几个不规则的裂片状。藻体高 10 ~ 40 cm。固着器盘状, 柄不明显。藻体单独或 2 ~ 3 株丛生, 中实, 基部较厚。藻体横切面观, 细胞纵长方形、角圆, 长为宽的 2 ~ 3 倍。边缘细胞为亚方形, 长宽相似或略高, 体厚 70 μm 左右或以上。上部体厚 70 μm , 边缘常较薄, 藻体下部逐渐增厚, 130 ~ 180 μm , 基部约 500 μm 。细胞含有 1 个细胞核, 1 个大型色素体 (彩图 1)。孔石莼为北太平洋西部特有的暖温带性海藻, 生长在中潮带及低潮带和大于潮线附近的岩石上或石沼中。

(二) 石莼

石莼 (*Ulva lactuca*) 藻体近似卵圆形、宽叶状, 边缘略有波状。藻体黄绿色, 藻体长 10 ~ 30 cm, 藻体边缘中实, 切面观细胞形状为亚方形, 体厚 45 μm 左右 (彩图 2)。石莼为泛温带型种, 生活在海湾内、中潮带及低潮带的岩石或石沼中。

(三) 砾菜

砾菜 (*Ulva conglobata*) 自藻体基部边缘向基部深裂, 形成许多裂片, 相互重叠呈花形。藻体鲜绿色, 茂密丛生, 藻体长 2 ~ 4 cm, 略扩展呈团块状。藻体边缘中实, 边缘扭曲, 切面观细胞形状为长方形、角圆, 上部及边缘部的细胞长度与宽度相同或略大 (彩图 3)。

(四) 裂片石莼

裂片石莼 (*Ulva fasciata*) 不规则二叉式分枝, 形成或多或少的线形裂片。藻体草绿色, 藻体长 15 ~ 60 cm, 藻体边缘中实, 叶片边缘平滑或具有不规则的齿状突起, 有时呈波状。藻体的基部略宽, 向上分叉 1 ~ 2 次, 并逐渐窄细。切面观细胞形状为长方形, 细胞壁较厚, 体厚 70 ~ 80 μm (彩图 4)。裂片石莼为亚热带性海藻, 生长在风浪较小的大干潮线附近的岩石或低潮带的石沼中。

二、浒苔属的生物学特征及其分类

浒苔属 (*Enteromorpha*) 海藻绿色, 藻体单条或有分枝, 圆管状中空, 有时部分稍扁。藻体无柄, 成熟时从基部细胞生出假根丝形成盘状固着器固着在基质上。藻体壁由 1 层细胞组成。细胞内有 1 个细胞核和 1 个片状色素体, 位于原生质体的表面, 一般含有 1 个淀粉核。浒苔属藻类生活史为双元

同形。有性生殖过程中,由配子体产生2根鞭毛的配子,配子放散后经异配接合为合子,合子萌发,直接发育成新个体。配子有时进行单性生殖。浒苔属海藻也可进行营养生殖,由藻体细胞直接进行有丝分裂形成分枝体,基部分生的细胞逐渐分化为假根,从藻体脱离后形成新的植株。浒苔属约有40种,主要生活于海水和半咸水中,也可生活在含盐的内陆水体中。

我国近海浒苔属常见种类有条浒苔(*Enteromorpha clathrata*)、肠浒苔(*Enteromorpha intestinalis*)、扁浒苔(*Enteromorpha compressa*)、管浒苔(*Enteromorpha tubulosa*)、曲浒苔(*Enteromorpha Rexuosa*)、浒苔(*Enteromorpha prolifera*)和缘管浒苔(*Enteromorpha linza*),也称长石莼(*Ulva linza*)等。

(一) 浒苔

浒苔(*Enteromorpha prolifera*)的藻体暗绿色或亮绿色,高可达1~2 m,管状扁压,分枝较多,主枝明显,分枝细长,其直径小于主枝,柄部渐细,分枝基部常收缩(彩图5a)。表面观,主枝、分枝下部细胞纵列排列,但上部不甚明显(彩图5b),体壁厚18~30 μm ,细胞多角形或亚圆形等,上部细胞长7~20 μm ,宽7~15 μm ;中部细胞长7.5~18 μm ,宽7.5~15 μm ;下部细胞长8~17 μm ,宽8~15 μm 。横切面观,细胞呈方形或长方形,稍偏于一侧,上部细胞长10~15 μm ,宽10~15 μm ;中部细胞长10~12 μm ,宽10~16 μm ;下部细胞长15~30 μm ,宽10~15 μm 。色素体不充满细胞内,淀粉核1个,有时可达2~5个(彩图5d)。一般生长于中潮带的石沼中,也有漂浮种类(彩图5e)。全年生长,成熟期一般为3~6个月。

浒苔的分布情况。

国内分布:我国南北各海区,辽宁、山东、浙江、福建、广西、台湾等均有报道。国外分布:在亚洲,分布于日本、韩国、俄罗斯远东地区、印度尼西亚、越南、孟加拉国、印度、伊拉克、科威特、以色列、巴基斯坦、菲律宾、斯里兰卡、土耳其(亚洲地区)和太平洋岛屿;在北美洲,分布于阿拉斯加、加拿大、美国东西两岸;在中美洲,分布于巴拿马;加勒比海:古巴、牙买加、巴哈马群岛;在南美洲,分布于阿根廷、秘鲁、乌拉圭、委内瑞拉、智利;在印度洋,分布于马尔代夫等岛屿;在北极地区,分布于加拿大(北极地区);在大洋洲,分布于澳大利亚、新西兰;在欧洲,分布于英国、爱尔兰、丹麦、法国、希腊、冰岛、意大利、荷兰、葡萄牙、挪威、瑞典、斯洛文尼亚、西班牙、罗马尼亚;在大西洋岛屿,亚德里亚海,波罗的海,黑海具有分布;在非洲,分布于埃及、赤道几内亚、加纳、毛里求斯、摩洛哥、莫桑比克、纳米比亚、南非、坦桑尼亚、突尼斯、塞内加尔以及西撒哈拉地区。

(二) 肠浒苔

肠浒苔(*Enteromorpha intestinalis*)藻体管状中空,部分稍扁,单条或基

部有少许分枝，高10~20 cm，直径1~5 mm。单生或丛生，体表面常有许多皱褶或藻体扭曲。柄部圆柱形，上部膨胀如肠形。除基部细胞稍呈纵列外，藻体其他部分的细胞排列不甚规则。细胞表面观直径10~23 μm ，圆形至多角形，细胞内有1个杯状色素体，内含1个淀粉核，偶有2~3个，色素体不充满。横切面观偏于单层藻体的外侧（彩图6）。经常离开附着基质进行浮游生长。全年各月都能生长和繁殖。体厚16~39 μm 。肠浒苔为泛冷温带性种，遍布于我国南北各地，北方较多。生长在海湾内潮间带的岩石上或石沼中，淡水流入处也可生长。

（三）扁浒苔

扁浒苔（*Enteromorpha compressa*）藻体圆柱形或稍压扁，上部较粗大，下部较细。藻体亮绿色，藻体长可达50 cm，有许多小分枝。基部分枝较密，上部较疏。分枝基部略为缢缩，分枝的形状和直径常与主干相似。细胞表面观直径10~27 μm ，在成体呈圆形至多角形不规则排列。切面观厚10~13 μm ，细胞壁较薄，具1个蛋白核，色素体不充满，切面观细胞在单层藻体的中央（彩图7）。生活史为典型的同形世代交替。扁浒苔为泛暖温带性海藻，多生长于中、低潮带的岩石、石砾或石沼中，生长季节较短，一般在晚春与秋季之间。常见于我国黄、渤海沿岸，台湾沿岸也有记录。

（四）管浒苔

管浒苔（*Enteromorpha tubulosa*）藻体深绿色，高可达6~18 cm，细长单条，偶尔在基部有小分枝（彩图8）。下部管状或近似圆柱形，上部有时略为压扁，自基部到顶端细胞整齐纵列，有时亦可横列。细胞表面观直径11~15 μm ，方形或长方形，内有蛋白核1个，色素体不充满。体厚23 μm 左右。切面观细胞在单层藻体的中央。多见于内湾，特别是半咸水的处所，生于潮间带砂、石、贝壳、木头、竹枝或其他植物体上。几乎全年都可以找到成熟个体，但以春天较多。多见于福建省厦门市附近、广东省、海南省沿岸，为泛亚热带性海藻。

（五）曲浒苔

曲浒苔（*Enteromorpha flexuosa*）藻体为管状，分枝较多，有时较宽，接近于囊状，长可达60 cm以上，分枝对生或互生，最小分枝有时为单列细胞。体下部细胞纵列，有时呈横向排列，细胞表面观长方形或正方形，大小（15~50） $\mu\text{m} \times$ （9~25） μm ，体厚20~24 μm （图1-1）。叶绿体靠近细胞侧壁呈板状，蛋白核1~7个，多数为2~4个，色素体充满。切面观细胞在单层藻体的中央或稍靠外侧。多生长于高、中潮带的岩石上或石沼中，几乎全年都有生长。常见于我国广东省和海南岛沿海一带，为泛亚热带性海藻。

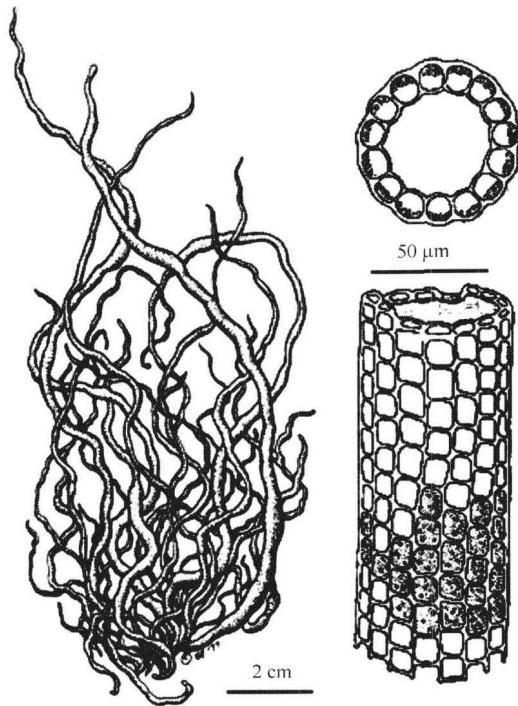


图 1-1 曲浒苔 (*Enteromorpha flexuosa*) 及其表面观和横切面

(六) 条浒苔

条浒苔 (*Enteromorpha clathrata*) 藻体亮绿色或暗绿色，藻体长 40 cm 左右，分枝甚多，分枝与主干直径均为 0.5 ~ 1 mm，分枝顶端细胞单列或多列，少有二次分枝。主干基部细胞表面观为多角形或圆形，呈不规则排列 (图 1-2)。主干中部细胞纵向排列，细胞为长方形或正方形，大小约

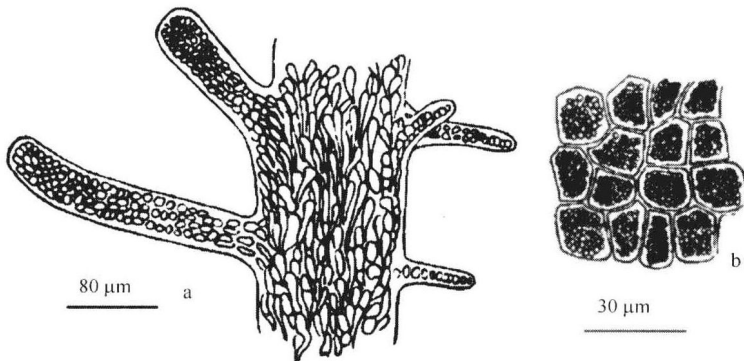


图 1-2 条浒苔 (*Enteromorpha clathrata*) 表面观 (曾呈奎, 1962)

a. 条浒苔 *Enteromorpha clathrata* 近基部的表面观，表示分枝和主干细胞的根状化；b. 条浒苔 *Enteromorpha clathrata* 孢子囊的表面观

25 μm , 含 2~4 个蛋白核 (彩图 9e)。色素体充满或不充满, 有时在同一藻体上, 主干色素体不充满, 分枝色素体充满。体厚 26~70 μm , 切面观细胞在单层藻体的中央 (彩图 9c)。多生长于中潮带、内湾泥底, 潮间带的洼地水沼中生长更繁盛; 全年都有生长, 但以春季最为繁盛; 繁殖季节为 6—7 月。常见于我国浙江、福建沿海一带及台湾、广东大陆和海南岛沿岸, 为泛暖温带性海藻。

(七) 缘管浒苔 (长石莼)

缘管浒苔 (*Enteromorpha linza*) 缘管浒苔藻体基部和边缘呈中空管状, 由单层细胞构成, 类似浒苔属海藻 (彩图 10); 藻体的其余部分无管状结构, 形成了由两层细胞构成的藻体, 与石莼属海藻相近。1753 年, Linnaeus 最早发现该种时, 将其定名为长石莼 (*Ulva linza* Linnaeus), 1983 年, 瑞典分类学家 Agardh 根据特征将其转入到浒苔属内, 命名为缘管浒苔, 两种观点在很长一段时间同时存在, 如 Levring 等许多学者同意 Linnaeus 命名为长石莼的意见, 但也有不少学者认同 Agardh 将其分类到浒苔属的观点。其藻体呈绿色, 线形至披针形或倒卵型的长带状, 高一般 10~30 cm, 最高可达 90 cm; 边缘常有波状皱褶或螺旋状扭曲。叶缘的两层细胞分离而中空。叶片基部逐渐狭细, 变为圆柱形中空的柄部。体上部较薄, 向下至柄部逐渐加厚。细胞表面观为四至六角形, 切面观为纵长方形, 但成熟部分的细胞则常为方形。其外形和体厚的变异范围很大, 但叶片边缘的两层细胞分离而中空和柄部也呈中空两点则为本种的基本特点。通常认为其不具分枝, 但也有认为其具分枝的。

马家海等报道了有分枝的和气囊状的缘管浒苔 (长石莼)。在山东、江苏和浙江等地分别采集到了有分枝的缘管浒苔, 对有分枝的缘管浒苔研究表明分枝有两种情况, 一种是真分枝, 另一种是假分枝。同时研究了有分枝的缘管浒苔的生活史与无分枝缘管浒苔的生活史相同。在 2008 年度青岛海域暴发的绿潮中采到了气囊状且具分枝的类似缘管浒苔藻体。气囊状的结构可以使此类缘管浒苔漂浮在海面生长。漂浮的绿潮藻成为生殖细胞的附着基质, 大量的生殖细胞在囊状藻体上附着生长, 可能成为黄海海域漂浮海藻泛滥的原因之一。

缘管浒苔是我国沿海常见的种类, 北起辽东半岛, 南到海南岛, 包括台湾岛和北部湾均有生长, 属泛暖温带性种类。

第三节 浒苔的发育

一、浒苔的生活史

浒苔的植物体可以说简单之极, 但是它们的繁殖方法却是花样繁多。长