

高等水产院校交流讲义

海藻学

山东海洋学院編

水产养殖专业用

158918

农业出版社

高等水产院校交流讲义

海 藻 学

山东海洋学院編

水产养殖专业用

农 业 出 版 社

編 者 山东海洋学院 郑柏林 王筱庆

审查单位 山东海洋学院教材审查工作组

高等水产院校交流讲义

海 藻 学

山东海洋学院編

农 业 出 版 社 出 版

北京老钱局一号

(北京市书刊出版业营业许可証出字第 106 号)

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

上海大众文化印刷厂印刷装订

統一书号 K 13144.125

1961 年 9 月上海制型

开本 787×1092 毫米

1961 年 10 月初版

十六分之一

1962 年 12 月上海第二次印刷

字数 346 千字

印张 十六又八分之五

印数 1,391—1,890 册

定价 (9) 一元五角五分

目 录

第一章 绪论..... 1	主要参考文献..... 113
第一节 藻类的性质和意义..... 1	第六章 金藻门(Chrysophyta)..... 114
第二节 藻类的形态、构造与繁殖..... 4	第一节 金藻的形态、构造及繁殖..... 114
第三节 藻类和海洋环境..... 7	第二节 金藻的分类..... 116
第四节 我国海藻学方面的新成就..... 12	主要参考文献..... 120
第五节 海藻学的任务..... 14	第七章 黄藻门(Xanthophyta)..... 121
主要参考文献..... 14	第一节 黄藻的形态、构造及繁殖..... 121
第二章 绿藻门(Chlorophyta)..... 16	第二节 黄藻的分类..... 122
第一节 绿藻的分布和经济意义..... 16	主要参考文献..... 126
第二节 绿藻类的形态及构造..... 17	第八章 褐藻门(Phaeophyta)..... 127
第三节 绿藻的繁殖和生活史..... 23	第一节 褐藻的分布和经济意义..... 127
第四节 绿藻的分类..... 25	第二节 褐藻的形态及构造..... 128
主要参考文献..... 52	第三节 褐藻的繁殖和生活史..... 132
第三章 眼虫藻门(Euglenophyta)..... 53	第四节 褐藻的分类..... 135
第一节 眼虫藻的分布..... 53	主要参考文献..... 172
第二节 眼虫藻的形态、构造及繁殖..... 53	第九章 红藻门(Rhodophyta)..... 174
第三节 眼虫藻的分类..... 53	第一节 红藻的分布和经济意义..... 174
主要参考文献..... 53	第二节 红藻的形态及构造..... 175
第四章 甲藻门(Pyrrophyta)..... 60	第三节 红藻的繁殖和生活史..... 179
第一节 甲藻的分布和经济意义..... 60	第四节 红藻的分类..... 181
第二节 甲藻的形态、构造及繁殖..... 60	主要参考文献..... 252
第三节 甲藻的分类..... 63	第十章 蓝藻门(Cyanophyta)..... 254
第四节 隐藻类(Cryptophyceae)..... 77	第一节 蓝藻的分布和经济意义..... 254
主要参考文献..... 79	第二节 蓝藻的形态及构造..... 254
第五章 硅藻门(Bacillariophyta)..... 81	第三节 蓝藻的繁殖..... 256
第一节 硅藻的分布和经济意义..... 81	第四节 蓝藻的分类..... 257
第二节 硅藻的形态、构造及繁殖..... 82	主要参考文献..... 261
第三节 硅藻的分类..... 96	

第一章 緒 論

藻类是一群最简单、最古老的低等植物。分布的范围很广,凡潮湿的地区,都可找到它们的踪迹。从热带到两极,温泉到大海,湖沼到海洋,阴湿的地面到地面下数尺,树干上,石上都能生长。还有和其他生物营共生的,如藻类与菌类共生成为地衣。生活于水中的藻类植物,有营浮游生活的,也有固着于不同基质上生长的。

藻体最小的为单细胞,用显微镜才能见到;大的可达100米左右,如巨藻 [*Macrocystis pyrifera* (L.) Ag.]。但是,它们有共同的特征,含有叶绿素,能够进行光合作用。还有很多藻类除含有叶绿素外,还含有其他辅助色素,因而出现不同颜色的种类。

藻类植物的种类繁多,分布的地区较广,本讲义所介绍的只能限于生活在海洋范围的种类。

第一节 藻类的性质和意义

藻类的意义 在我国古书上,凡是生活于水中的植物都称为“藻”,因此“藻”的范围甚广,包括真正的藻类,也包括水生的种子植物,如金鱼藻等。在分类学家林奈(Linnaeus)的“自然系统”里,藻的拉丁名为“*Algae*”。“*Algae*”除了藻类以外,还包括很多的苔藓植物。这与目前科学界对于藻的观念并不完全一致。因此,有必要把藻的特征、意义以及藻类作为植物界的一大类所包括的范围作一简要的介绍。

第一、营养体:藻类植物没有真正的根、茎和叶的区别,在本质上藻类的植物体就是一个简单的叶,全部都有吸收周围的养料,进行光合作用和制造食物的功能。虽然有些高等藻类在外形上和在某些构造特征上,也有类似高等植物的茎、叶与根的结构,如马尾藻类(*Sargassum*)和海带类(*Laminaria*),但是从基本构造和功用来看,它们和高等植物的茎、叶与根并不是相同的结构。因此,藻类整个植物体称为“叶状体”,亦可称为“叶状体植物”。属于叶状体植物的除了藻类以外,还有菌类;但是它们有一基本的区别,即在于叶绿素的存在与否:藻类具有叶绿素,菌类则没有。

第二、生殖方式:藻类的生殖单位是单细胞的孢子或合子。它与高等植物多细胞的种子相差很大,因此藻类属于孢子植物。比藻类高级一些的孢子植物有苔藓、蕨类等,它们的生殖细胞的最外部分,均有一层以上的营养细胞保护着这种内部柔软的生殖细胞。藻类生殖细胞的结构很简单,基本的构造是单细胞。虽然高等藻类的生殖方式可以有多细胞的构造,但

是全部细胞均直接参加生殖作用,不象高等的孢子植物那样分化成生殖部分和营养部分。

第三、发生:藻类的生活史中没有在母体内孕育着具有藻类雏形的胚的过程;它们产生孢子,或者通过有性生殖产生合子;而且是在这种单细胞的形态下离开母体的。但是在藻类以上(即比藻类高级)的植物,卵受精后即是在母体内发育成为多细胞的胚,这是一种具有植物体雏形的过渡构造。

根据以上三点,可以将藻类下一个简单的定义:藻类是无胚的、具有叶绿素的自养叶状体的孢子植物。

藻类的历史 藻类是地球上最早的绿色植物。根据古生物化石的资料,在古代寒武纪前(至少在1,200,000,000年前)就有藻类存在。从古生代、中生代至新生代都有藻类化石。一般来说,藻类化石是较少的,因为藻类没有维管系统的组织,藻体不易保留在地层中。但是,由于近年来古代化石研究技术的进步,有了许多新发现,地质学家已在寒武纪沉积物中发现藻类化石,并证明在寒武纪前的石灰石中有许多是由藻类组成的。在海洋方面也有很多资料,如珊瑚礁的主要的组成者,就是珊瑚和某些藻类如仙掌藻(*Halimeda* sp.)、石叶藻(*Lithophyllum* sp.)、石枝藻(*Lithothamnion* sp.)等。有时,藻类的成分还多于珊瑚。

藻类在自然界的重要性 藻类是植物界中重要的一类,同时也是自然界的一个重要组成部分。它们具有叶绿素,因此与陆生植物一样能利用阳光,将无机物综合成为有机物。由于它们的个体一般均较为细小,因而人们对于它们在自然界中生产有机物所起的作用,大多没有正确的认识。实际上,它们在这方面的贡献,远非陆地植物所能比拟。陆地的面积为 149×10^6 平方公里。在这广阔的陆地上能行光合作用的植物很多,有森林植物,有农作物,也有生长在草原和沙漠的植物。每年一平方公里平均可产生130吨有机碳,因此每年陆生植物供给地球上的有机碳总额约为 1.9×10^{10} 吨。海洋的面积为 361×10^6 平方公里,比陆地面积大二倍多。根据实验的结果,在自然的情况下,海藻类的平均单位面积生产能力也比陆地植物大了好几倍,每年每平方公里的藻类估计平均可产生375吨有机碳,全海洋的总产量约为 13.5×10^{10} 吨有机碳。

太阳光能为 1.25×10^{24} 卡,到达地面者只有40%,其中一半为红外线,植物不能利用,又有20%为植物以外物质所吸收,因此只有30%,即 1.5×10^{23} 卡到达植物的色素。在这些日光能中,大概只有2%用在有机物的合成,约等于 3×10^{21} 卡可产生 30×10^{10} 吨有机碳。这些日光能的主要吸收者就是藻类。这个数字虽然与上面根据实验所得到的数字不完全一致,但基本上还是接近的。

根据现有的大气中被植物利用的二氧化碳量的情况,约300—400年则全部要转换一次,即由无机的状态转变为有机状态,然后再转回无机状态。氧气在20,000年也要转换一次。可是,现在大气中的二氧化碳与氧气仍能保持一定比例的含量,就是因为自然界一方面有对有机物起破坏作用的细菌,吸进氧气,放出二氧化碳;另一方面有建设有机物的含有叶绿素的植物,特别是海洋的藻类,吸进二氧化碳,放出氧气。

藻类与人类的关系 生长在海洋中的藻类主要是硅藻、甲藻和其他非常细小的浮游藻类,而不是大型海藻象海带类、马尾藻类的植物。这些浮游藻类部分死亡沉到海底,部分被浮游动物吃掉,最后变成鱼虾的饵料。许多鱼虾的幼期,主要依靠浮游藻类为食物。浅海动物也同样的直接或间接地以浮游藻类或其他藻类为饵料。从浮游藻类到鱼类之间,有许多不同阶段的动物,如浮游动物、小动物和其他动物。每一阶段的动物都要消费大量的物质,因此自然界要产生一斤鱼肉约需百斤、甚至千斤的浮游藻类。由此看此,某一地区渔业发达与否,只要看浮游藻类的多少就可以了。

我国劳动人民通过了反复试验,发现了许多种具有经济价值的藻类,其中不仅有食用的,而且也有作为医治疾病的种类。早在第五世纪,南齐陶弘景所著的“神农本草经”和“名医别录”等书里,就分别记载了“海藻”(指马尾藻类,特别是羊栖菜)和“昆布”(指海带)的形态、产地、医疗性质和利用方法。明朝的伟大科学家李时珍在他的名著“本草纲目”里叙述了许多种藻类和它们的医疗用途。近来可利用的海藻种类更加广泛,利用的方法也更多了。

利用海藻作为食用,在亚洲,特别是东亚和东南亚较普遍。根据调查,全世界用作食品的藻类约有百余种,我国和日本利用的藻类各有四、五十种,夏威夷群岛及南洋群岛也有许多种,欧美等地只有三、四种是食用的。

藻类植物体含有的醣类、盐类很多,蛋白质也不少,纤维质一般只有1—3%。在醣类中有许多种类型的淀粉和藻胶。关于它们对人体的营养价值,我们掌握的科学资料很少,有的如琼胶,人类只能消化一小部分;有的如褐藻胶则消化系数较高,可达80%。最近曾有一些研究,证明紫菜所含蛋白质是我们所需要的。藻类所含盐类种类多,量也大,人类所需要的差不多都有。有一些如碘,是人体的代谢作用上所必需的,而又是陆生植物所缺少的。海带的碘含量可达千分之3—4,因此海带是防治甲状腺肿的理想食品。不但如此,藻类所含的维生素种类很多,而且含量很大,一般说来,高于蔬菜类。因此,作为食物,藻类可以列入特种蔬菜,是优良的副食品。近来又研究小球藻(*Chlorella* sp.)、扁藻(*Platymonas* sp.)蛋白质的含量达到30—40%,可作为高营养的食品。

紫菜(*Porphyra* sp.)、海带(*Laminaria japonica*)、裙带菜(*Undaria pinnatifida*)、浒苔(*Enteromorpha*)、鹿角菜(*Pelvetia siliquosa*)、石蓴(*Ulva* sp.)等都是常常用作食品的。此外,还有麒麟菜(*Eucheuma muricatum*)、羊栖菜(*Sargassum. fusiforme*)、萱藻(*Scytosiphon*)等四、五十种。

有些地区利用海藻来饲养家畜家禽,如用石蓴喂猪,所以石蓴又叫做“喂猪菜”。石蓴在南方海岸生长繁茂,可以采来作为饲料,若伴以其他食料饲喂家畜效果相当良好。其他的动物如牛、马、鸡也可用海藻饲养,如用海藻为基本原料,再加鱼杂(鱼头,鱼尾及内脏)和苜蓿(1:1:1)则可制成优良的饲料。海藻中除了含蛋白质等外,尚含有各种维生素及盐类如碘、磷、钾等,均为动物所需要。欧洲利用墨角藻(*Fucus* sp.)喂马。

如利用海藻作饲料,应先浸泡于淡水,将其中盐类,特别是镁盐大部分溶解去。因为藻类含盐类过多,对牲口可能有害;但量如不过多却很有益。

海藻含有大量的钾及少量的氮、磷,也是良好的肥料。用干燥品作标准,海带类含有15—30% K_2O , 1—2% N , 0.2—1% P 。海带类的钾的含量,超过陆生植物数十倍,氮、磷的含量与陆生植物差不多。

许多年来,我国劳动人民就使用海藻,特别是马尾藻类作为肥料。马尾藻质地较粗,不适宜作为食料及饲料,但所含的氮、磷、钾相当丰富,是块茎与块根作物,如马铃薯、花生、甘薯的良好肥料。在海南岛还用作咖啡树的肥料。

有些海藻可利用作为药用。海带的药用价值很大,由于含有大量的碘;因而吃海带可以预防也能医治甲状腺肿。本草纲目中的海藻,大概是指羊栖菜,据说能医治中风,可能是因为它含有大量的钾与碘。据说海带有防止血管硬化的性能。

海人草(*Digenea simplex*)、鹧鸪菜(*Caloglossa* sp.) 是良好的驱虫药,我国广东东沙岛生长海人草丰富,福建生长鹧鸪菜普遍。

海藻曾被利用来提取化学药品。欧洲方面海藻业发展的推动力是化学药品。这种工业的发展可分为几期:第一期1720年开始,海藻烧灰作为制玻璃及肥皂的原料,因其中含有 K_2O 及 Na_2O 。数十年后,因烧碱另有来源,藻灰业逐渐衰落。1812年在海藻中发现碘。1840年后碘的需用量日增,海藻又成为大规模制碘的原料,形成第二期的海藻工业。1872年在智利硝石中提取碘,成本低廉,因此海藻提碘的工业又衰弱下去。

1914—1915年第一次世界大战爆发,德国禁运 KCl 出口,美国就用巨藻提取 KCl 等钾盐,同时也用巨藻发酵,制造丙酮。海藻工业的中心由欧洲移至美洲。副产品藻灰为良好的吸着剂。这可以说是海藻工业发展的第三期。

1921年以后,因钾另有其他来源,且成本较为低廉,用海藻制取化学品的工业又停顿下来。到了三十年代,海藻工业又因提取藻胶而兴旺起来,这样就进入第四期。现在只有少数国家如日本仍由海藻提取碘及钾。我国的海藻业,将来可能用海藻大量提取褐藻胶而同时作为副产品。提取碘、钾。

祖国劳动人民不但用藻类做为食品、药用、饲料等,而且还使它们为工业服务。早在宋朝,我国人民就会利用海萝的胶质做丝绸纺织业的浆料,而且还简单的清理岩礁进行增产海萝的活动。从海藻类,特别是从石花菜类,简单的水煮方法提取琼胶冻(即用于细菌培养基的琼脂),在我国也有3—4百年以上的历史。解放以后,又利用杂藻如马尾藻类提取褐藻胶,作为纺织业用的浆料和医药用的印模。

第二节 藻类的形态、构造与繁殖

藻类植物根据它们所含的色素、形态、构造与繁殖可分为九门:绿藻门(*Chlorophyta*),

眼虫藻門(Euglenophyta), 甲藻門(Pyrrophyta), 硅藻門(Bacillariophyta), 金藻門(Chrysophyta), 黃藻門(Xanthophyta), 褐藻門(Phaeophyta), 紅藻門(Rhodophyta) 及藍藻門(Cyanophyta)。

在海水、咸水或淡水都有代表, 其中眼虫藻、甲藻、硅藻、金藻及黃藻等五門, 大多數為單細胞的浮游藻類, 其他四門為群體或多細胞體的底栖藻類。

根據各門的特征簡單的介紹于下:

藻體的形態及構造 綠藻類的單細胞或其群體的種類, 每個細胞的前端都生有 2—4 條等長的鞭毛, 這些種類能在水裡自由運動。多細胞的種類, 則形態比較複雜, 其中簡單的如不分枝的絲藻屬(*Ulothrix*), 或分枝絲狀體如剛毛藻屬(*Cladophora*); 進化程度較高的是膜狀體如石莖目(Ulinales)藻類; 最高等的為異絲體(heterotrichous filament)如腔毛藻目(Chaetophorales)藻類。多細胞的一般為底栖類型, 藻體的基部細胞往往伸長成固著器, 或延伸成絲狀細胞而組成較複雜的固著器, 附着在基質上生長。眼虫藻類、甲藻類、硅藻類、金藻類及黃藻類, 則多數是浮游生活的單細胞體, 少數為群體, 固着生活的絲狀種類極少。它們的細胞形態變化很多, 但一般均為球形、盤狀、橢圓形、梭形或雙錐形, 也有的種類成不規則的多角形。除硅藻外, 單細胞的種類, 差不多全有鞭毛, 能自由運動。眼虫藻類鞭毛通常為 1—3 條, 着生于細胞的前端; 甲藻類鞭毛兩條, 着生于細胞前端或腹面; 金藻及黃藻鞭毛 1—2 條, 2 條者鞭毛多不等長, 也是生于細胞的前端。褐藻類沒有單細胞及群體的種類最簡單的為異絲體, 如水雲屬(*Ectocarpus*), 進化程度較高的為假膜體, 其中有單軸或多軸結構, 如酸藻屬(*Desmarestia*)、粘膜藻屬(*Leathesia*), 最高級的屬於真膜體, 其中小型的有少數分枝如黑頂藻屬(*Sphacelaria*), 大型的外部形態及內部構造都有複雜分化, 如海帶屬(*Laminaria*)、馬尾藻屬(*Sargassum*)。紅藻類只有極少數是單細胞或其群體, 多數是多細胞體, 但無大型種類。簡單絲狀不分枝的如星絲藻屬(*Erythrotrichia*)、紅毛菜屬(*Bangia*); 分枝有合軸分枝(Sympodial)及真分枝, 前者如異管藻屬(*Heterosiphonia*), 后者如石花菜屬(*Gelidium*)、多管藻屬(*Polysiphonia*)。紅藻類的構造複雜, 除紫菜綱(Bangiaceae)外, 細胞間具有孔狀聯系(Pit connection)。藍藻類為單細胞體或群體, 極少數為多細胞, 有的具有假分枝, 高級的有真分枝, 也有極少數具有孔狀聯系。

細胞壁 藻類之中, 除了眼虫藻類及少數甲藻類原生質體裸露而沒有細胞壁之外, 其他各種藻類都有細胞壁包圍着原生質體; 但是組成細胞壁的成分不一, 絲藻類、甲藻類、金藻類及黃藻類均為纖維素及果膠質組成, 黃藻及甲藻類細胞壁多由二個半壁互相互結, 並且有些甲藻的細胞壁還分成許多小甲片。硅藻的細胞壁由兩個半壁相互套合而成, 細胞壁上具有兩側對稱或輻射對稱的花紋, 細胞壁的主要成分是硅質。褐藻類、紅藻類的細胞壁除含有少量纖維素外, 還含有大量藻膠。褐藻類為褐藻膠, 紅藻則含有不同的琼膠、卡拉膠或海夢膠。藍藻的纖維素壁外面又有一層膠質層。

細胞核 原生質體內除藍藻外都含有 1 個或多數細胞核。核的構造與高等植物相同;

外包核膜, 内含核仁及核质。蓝藻虽没有典型构造的细胞核, 但细胞核的物质分布在原生质体中央, 叫做中央体(Centroplasm), 中央体不具核膜。

色素体及色素 细胞里除蓝藻类外, 都含有色素体。原始的种类, 色素体形态简单只有一个, 轴生, 如绿藻类。原始的褐藻类和红藻类, 也都有轴生星形色素体, 较进化的为侧生带形或片状, 如绿藻、金藻、黄藻; 最高级的色素体为侧生盘状, 而且数目众多, 如绿藻类、眼虫藻类、甲藻类、硅藻类、部分黄藻类、多数褐藻类及红藻类等。蓝藻的色素只分散在原生质体的外缘部分。多数的绿藻的色素体内都含有1个或几个造粉核(Pyrenoid), 然而褐藻类及红藻类只有原始种类才有。

藻体除叶绿素甲(Chlorophyll A)外, 所含的不同色素象征着进化的不同方向, 可作为分类上的根据。高等植物主要为叶绿素甲, 此外还有叶绿素乙(Chlorophyll B)。绿藻类也一样, 根据现在的资料, 眼虫藻类有叶绿素乙, 这象征着它们和绿藻类的密切关系。甲藻类, 硅藻类和褐藻类除了叶绿素甲以外, 还有叶绿素丙, 但无叶绿素乙, 这也象征着它们之间的关系较密切, 但跟绿藻类与其他藻类关系较远。红藻类没有叶绿素乙, 但有叶绿素丁。黄藻类也没有叶绿素乙, 但另有叶绿素戊。其他几类均有叶绿素甲, 但是否有叶绿素乙或其他叶绿素, 尚未有人研究。

胡萝卜素(Carotene), 九门藻类均含有。由于叶黄素(Xanthophyll)的种类不同, 而藻类也含有不同的叶黄素。眼虫藻不含叶黄素, 绿藻类含黄体色素(Lutein), 甲藻、硅藻、金藻及褐藻类含藻褐素(Fucoxanthin), 黄藻含叶黄素特多, 红藻类含黄体色素, 蓝藻类则含蓝藻黄素(Myxoxanthin)及蓝藻叶黄素(Myxoxanthophyll)。另外, 红藻类与蓝藻类还含有藻胆素(Phycobilin), 红藻类含多量红藻红素(Phycoerythrin—R)、少量红藻蓝素(Phycocyanin—R)。蓝藻类则含少量蓝藻红素(Phycoerythrin—C)和较大量蓝藻蓝素(Phycocyanin—C), 从这一点也可以推测这两类的相互关系。

储藏物质 藻类通过光合作用的程序, 制成葡萄糖, 再组成别种非水溶性的物质而储藏起来。绿藻类, 和高等植物一样贮藏淀粉, 其他藻类所储藏的物质内有似淀粉的, 化学分子式相同, 但特性不同, 与碘反应也不同。例如, 眼虫藻类为眼虫藻淀粉(paramylum), 甲藻类为淀粉与油, 黄藻为油与白醣素(leucosin), 硅藻类为油与异染小粒(Volutin), 褐藻类能制造褐藻淀粉(laminarin)。此外, 还有一种甘露醇(mannitol)。红藻类储存食物为红藻淀粉(florigean starch), 蓝藻则为蓝藻淀粉。

繁殖 除红藻类与蓝藻类外均有游动细胞(游孢子与配子)。绿藻的游动细胞为卵形, 前端生二条或四条鞭毛, 长短相等。眼虫藻游动细胞具鞭毛1、2、3条不等。甲藻的游动细胞具2条鞭毛, 一条环绕藻体中部, 另一条自由拖曳于体后。黄藻的游动细胞具2条鞭毛, 一长一短, 并且长的鞭毛上生有二排细毛。金藻类的游动细胞生鞭毛二条, 不等长, 构造也不相同, 长的一条上也生有细毛。硅藻的游动细胞为卵形, 具二条鞭毛, 等长, 由前端生出。褐藻的游动细胞为梨形, 侧面生二条长短不等的鞭毛。

无性繁殖,绿藻类一般产生游孢子(zoopore),但也有的产生不动孢子(aplanospore)眼虫藻类、甲藻类、硅藻类及金藻类、黄藻类主要是细胞分裂,但也产生具鞭毛或不具鞭毛的孢子。褐藻类产生游孢子,极少数为四分孢子。蓝藻类主要是细胞分裂,少数产生内生孢子(endospore)或外生孢子(exospore)等。红藻类主要产生四分孢子(tetraspore),也有的产生单孢子(monospore)或多孢子(polyspore)。

有性繁殖方式,归纳起来有三种类型:两配子形状大小全同,为同配生殖(Isogamou);两配子形状相同,大小不同,为似配生殖(Anisogamous);配子形状大小均不同,大者为卵,不能游动,小者为精子,除红藻外均能游动,为卵配生殖(Oogamous)。绿藻类多半停留在同配生殖和似配生殖,卵配生殖方式较少。眼虫藻、甲藻与金藻有无有性生殖还是疑问,黄藻类极少有性繁殖,有的为同配生殖,但也有卵配生殖的。硅藻类中只有同配生殖。褐藻类三种方式都有,但主要是似配和卵配生殖。红藻的有性生殖全为卵配生殖;生殖过程非常复杂,其复杂性超过许多的陆生植物,雄性精子不能游动,称不动精子(spermatium),雌性卵囊称为果胞(carpogonium),呈烧瓶形,卵在果胞的底部,果胞上部延长为丝状体,叫受精丝(trichogyne),有接受精子的功用,类似高等植物雌蕊的花柱和柱头。

第三节 海藻和海洋环境

海藻生活在海洋的环境里的情况,是不同于植物生长在陆地上或淡水中的。有一些生态因子对陆生植物是很重要的,而对海藻就不重要了。例如,降雨、空气的湿度对沉没在海水的海藻影响极小。许多因子,特别是温度在海洋里的变化比空气小。此外,海水组成是不变的,除了咸水和稍咸的水外,淡水和土壤是变化不定的。最后,一些因子如海水由于潮汐、波浪而产生了扰动,这些都是研究海藻的主要因素。尤其目前要进行海藻的养殖,就必须了解它们的生活环境因子。

下面简要介绍与海藻生长分布有关的生态因子,如物理、化学、动力及生物因子。

物理因子:

生长基质 海藻根据它们的生长习性有浮游和定生两类:

浮游藻类因漂浮在一定的水层,而有接受一定的阳光的能力,无须固着在一定的基质上也能够进行光合作用。

定生藻类跟陆地植物一样,需要生长基质。但是,陆地高等植物的基质是土壤,它们从土壤吸取无机盐类与水分,借太阳能制造有机物质,以维持生活与生长;海藻的生长基质一般为岩石,它所需要的盐类从四周水中吸收,不须生长基质供给。不过,海藻也需要阳光以进行光合作用;因此必须固着在一适当的生长基质上,以便接受阳光,否则随水漂浮,终于会被带到暗无阳光的海底,不能进行光合作用而死亡。

生长基质对于定生藻类的影响,主要是因为它的孢子或合子的萌发与固着器构造的关

系,所以各种藻类有它特殊的生长基质。

定生海藻类主要的生长基质是岩石及石块。岩石或石块的表面,有的粗糙不平,有的光滑。各种藻类随其生长过程不同,各有其喜好的表面。有的藻类孢子萌发成细长的丝状体,与生长基质成直角,勿受水流冲击,故生长在粗石的小孔里,借以得到保护,若生在光滑的石面上则不致存留。但是,有的萌发成盘状体,与生长基质接连甚牢,因此就能生于光滑的石面上。

砂砾因随水流动互相摩擦,一般不适宜于藻类的生长。但是,在比较安静的海湾则有少数的海藻生长,如江蓠等可以生长在砂砾上。

藤藻类(*Caulerpa* sp.)有类似纤维根的固着器,能深入土中,故能生于泥土上。此外,还有许多藻类附生于动、植物身体上,或寄生其体内。

温度 温度影响植物的生长甚大。海水温度的变化幅度,一般不如陆地大,由 -3.3°C 到 35.6°C 。热带海洋全年温差,不到 $2-3^{\circ}\text{C}$ 。但是,我国海洋较浅,无巨大海流(仅有大海流的支流)经过,因此海温受大陆影响,变化较大。以青岛为例,全年海水温差达 25°C ,冬季最冷时,在 $1-2^{\circ}\text{C}$ 左右,夏天则高达 27°C 。温度变化越大对海洋生物生长的影响也越大;多数海藻对于温度的适应力不强;因此在海温变化大的海区,海藻在一年中的变化也很大。例如青岛夏天有热带藻类,冬天有寒带藻类。在这种地区所生长的藻类或者是对于温度的适应力大,或者生长期较短,在一定的温度变化范围内,就完成了其生殖任务。青岛有几种全世界都有的藻类,如石蓴,它能适应温度变化很大的环境。也有的藻类生长的温度范围较狭,不能全年都有,如团扇藻(*Padina* sp.)是亚热带性藻类,需要 $20-25^{\circ}\text{C}$ 的高温才能生长发育,因此一般在七、八月间萌发,十、十一月间生出孢子或配子后便死亡。相反的,有些温带性的藻类,如裙带菜到达 20°C 就不能生长,在青岛地区,三月至五月期间长的最好,生出孢子叶,六月温度上升超过 20°C ,它就逐渐枯萎死去,死前由孢子萌发成丝状的配子体而渡过夏季,水温下降到一定程度时,再由合子萌发为新裙带菜,一直生长到翌年五、六月。也有些藻类属于亚寒带性的,如褐蠕藻(*Eudesme* sp.)、褐毛藻(*Halothrix* sp.)等,冬、春长出,二、三个月内成熟,放散孢子就死亡。一年生藻类的分布地区较广,由于长期适应环境的结果,它们就在最适合的时期生长,其他时期就利用孢子、合子或微小丝状配子体过着休眠的生活。

海带的情形不同,在原产地是多年生的藻类,孢子体生活期前后达二、三年。在水温较低的本国北海道沿岸,海带秋天产生孢子,孢子萌发生长成配子体,再发育成孢子体,到次年夏天可长达十尺,但藻体很薄;到夏季,藻体上部逐渐腐烂,叶状体只剩一部分,但基部生长点保留无损;过夏,到了秋天开始生长,然后在尖端产生孢子;第三年夏秋长成厚而宽的海带,全面产生很多的孢子囊,孢子放散后逐渐死亡。但是在我国进行的人工养殖的海带,则为一年生,而自然生长的,仍是多年生。

寒流有寒带性藻类,暖流有热带性藻类。因此,藻类学家将海藻按温度分类。由 5°C 到 25°C ,每隔 5°C 分成一类。一般来说, 5°C 以下为寒带藻类, $5-15^{\circ}\text{C}$,平均 10°C 为亚寒带藻类, 25°C 以上为热带藻类。藻类在最适合温度上下相差 10°C 范围仍可适应,但是差别太大,虽能生

活,一般均不生长。例如青岛全年温度差约 25°C ,一些适应温度能力较大的藻类仍可生活,但在它所不适的温度下,夏季或冬季则不能生长。因此,每季各有适合于该季海温的藻类出现。

同一藻类随各地海水温度的不同,生殖期也不同。例如海萝是温带性的藻类,在南方福建、广东等省从一月开始生长到五月末停止,四至五月间生囊果。在青岛海萝的生长期较长,由十一月开始到翌年六、七月间才停止,五、六月间开始产生囊果。

紫菜(*Porphyra* sp.)是亚寒带性或温带的藻类,种类多,分布较广。在我国从北方大连直到海南岛的东部都有,各种温度要求不同,多数以 10°C 以下最适合;各地生长时期也不相同,海南岛紫菜在一、二月间生长,因水温高,生长期很短;广东、福建的从十一月起到二、三月止,约生长 3—4 个月;青岛的从十一月开始生长到翌年五、六月,生长期在六个月以上。

藻类生长的地区主要由温度决定,海温可以说是影响藻类地理分布的第一个主要因子。从我国黄海、渤海和东海沿岸藻类分布的总的情况来看,黄海、渤海大多数是温带性种类,但有一些是亚热带性种类。东海区很复杂,基本上可以说是具亚热带性,但其北部有不少温带种类。南海区热带性较强。

光照 海水温度决定该地某种藻类的有无,光照则决定藻类垂直分布,即生长的水层的深浅。长波光线如红、橙、黄很容易被海水吸收,只几米深就被吸收掉;只有短波光线绿、蓝才能透入海水深处。各种藻类各需要不同强度的光照和不同波长的光线。因此绿藻的分布最浅,利用红光和部分紫光,生活在 5、6 米水深之处。褐藻利用橙光及部分黄光,生活于 30—60 米水深之外。红藻则利用绿光和黄光,生活在 100 米水深之处。

紫菜、海萝(*Gelidium*)和一般绿藻如石莴、浒苔等适应于强光,故多生于高、中潮带。这些属于强光藻类,象陆地的阳生植物。

裙带菜和海带适应于光照不太强的地方,故多生在低潮线以下至 3—5 米范围之内。这些属于弱光藻类,象陆地的阴生植物。

多数红藻类属弱光植物,有的甚至能够生在几乎黑暗的洞里,但是多数生长在低潮线附近,大于潮线下数米。

光照全年不同,夏天六月最强、最长,冬天十二月最弱、最短。因此,有些藻类生长潮带的高低随季节而变。这又与水的清浊有关系,在混浊海水中一般藻类都生长在低潮线附近。热带水清的地方,有的藻类生得极深,有确实纪录者深达 300 米,在这里虽仅有微弱光线,但还能被藻类利用。

我国长江口外的水极混浊,透明度不到一尺,由浙江北部到山东南部的范围内的沿岸,藻类中只有极少数如江蓠(*Gracilaria* sp.)、石莴、浒苔才能生长,主要原因是长江带来大量泥沙,因而海水混浊。长江口外嵎泗列岛以东的海区,每年四月后,水质清,藻类非常繁茂,此处海萝生长最为优良。因此,可见光照及海水的透光性不仅影响藻类生长位置的高低,甚至决定藻类的分布。

不同颜色的藻类的分布,经俄国植物学家盖杜柯夫(Gaidukov)的研究,得出这样的解

释:植物除含有叶绿素外,还含有其他色素,在进行光合作用时,除依靠叶绿素吸收光线外,还依靠辅助色素吸收光能。

化学因子

盐度 一般的地区海水盐度变化不大,故盐度对海藻生长并非最主要的因素,但近江河出口处,盐度变化很大,多数藻类不能生长。藻类抵抗盐度变化的能力各不相同,海带耐盐度变化能力较小,青岛盐含量约30—31%左右,若低于28%,海带即不能生长。紫菜耐盐度变化能力大,生活范围为32—26%,甚至再低亦可生长。浒苔的适应力更大,即使在江河入海处,咸、淡水变化甚大,它们也能生长。一般海藻生活范围在30—35%左右。

pH 值 海洋的pH值变化不大,在7.9—8.3之间,但多数是在8.1—8.2。青岛海水的pH值在7.8—8.0之间。但是,有些甚为安静的海湾,往往变化很大,若湾内水很浅,低潮时祇有1—2尺深,其中长满江蓠、石蓴或其他藻类;假如上午六时开始退潮,正午达最低,至下午二时,pH可升到9.3。这是因为光合作用时,海水中的二氧化碳大量的消耗,酸性碳酸盐类分解,在水中增加水的碱性。潮间带岩石上的石沼退潮后,尚存留少许海水,若其中生有藻类,变化也很大,在退潮的几小时内,pH可升到10左右。江蓠能忍受高的pH,但石蓴能忍受更高的pH;有的石沼春天生满江蓠,到夏天全为石蓴。其原因可能一方面是夏天水温较高,另一方面是石蓴耐pH变化的能力比江蓠大,故石蓴能生长而江蓠不能。

无机盐类 无机养分,主要的是 NO_3^- 及 PO_4^{3-} ,是由于水底物质分解、生物体腐烂及代谢作用而产生的。浮游植物季节性很大,有时很多,有时很少,主要原因就是 NO_3^- 及 PO_4^{3-} 之含量随季节变化而有显著不同,同样的,定生藻类亦受无机养分含量的影响。

动力因子

海流 海流影响海藻生长、分布作用很大,例如南非及南北美洲等地有一种大昆布长达100米,其他地区没有,海带在苏联远东区和日本、朝鲜沿岸很多。这都是海流影响着藻类分布的例子。海流有寒流和暖流,各有其不同的藻类。日本本洲的东南岸原为温带地区,在历史上曾有几处海外的寒流逼近沿岸,因而使许多藻类受伤害而死亡。

海流除影响温度外,并携带一定的浮游生物及海藻孢子。环境适合,孢子便萌发生长。因此,甲、乙两地若有不同的海流,虽温度及其他条件相同,往往甲地有甲地藻类,乙地有乙地藻类。五、六十年前欧洲大西洋沿岸无囊藻(*Colpomenia* sp.),当时海洋环境,并不是不适于囊藻的生长,后来在法国西岸发现,起初仅有很少几个漂浮于水面,以后繁殖很多,对牡蛎养殖业损害甚大(因囊藻生长在牡蛎上,长大时将它带起漂到海外而损失掉)。

在1931年以前,虽然长江口外嵎山生长很多裙带菜,但是青岛没有生长,后来朝鲜人把它由济洲岛移植青岛。现在青岛自然生长的比嵎山还多、还好。

波浪 有的地方海浪很大,有的地方很小,藻类中有好浪的,也有怕浪的。有的藻类专生于大浪处,有的生于浪小的地方。鹅掌菜(*Ecklonia* sp.)、石花菜(*Gelidium Amansii*)及硬毛藻(*Chaetomorpha* sp.)、海索面(*Nemalion* sp.)都是好浪藻类。江蓠、石蓴、浒苔、礁膜

是怕浪藻类,因此多生于港湾内水浪平静之处。

藻类的好浪或怕浪,与藻体的质地、孢子的附着、养分吸收的能力等有关系。藻体坚韧就不怕波浪,如石花菜,藻体柔弱就不耐风浪,如礁膜。

藻体放散的孢子,若能附着很快,就能生长在浪大的海区。孢子萌发后若长成一片,也就不怕风浪;萌发成条状,则不耐波浪的冲击。

有的种类吸收能力弱,借湍急水流帮助吸收,如海索面。

在波浪大、水流急的海区,水温的变化小,昼夜差小,而静海区则变化大。因此不适宜于温度变化大的海藻,就生长在浪大的海区。

波浪大的海区,岩石上无泥砂沉淀;静海区的岩石上常积有泥沙沉淀,一些藻类能生长其上,如礁膜、浒苔,而石花菜则不能附着生长。

潮汐 海潮的涨落影响海藻的生长,有些海藻不喜欢完全浸入水内,而有一个相当时间露出水面。藻类喜好露在水外的时间长短各不相同,因而生长的高低亦不同。靠近高潮的,露在水面时间长,低潮的,短;因此藻类的生长带亦不同。

海藻生长的范围是由最高潮线直到深海的有光带。潮上带和高潮带只有几种藻类,如红丝藻(*Rhodochorton* sp.)及髯枝藻(*Bostrychia* sp.)能够生长,但需生在阴暗潮湿地方藻体才不致干死。

紫菜与海萝多生在高、中潮带;但大多数的藻类生在低潮带与潮下带5米深左右,外海水清地区还可再深些。

潮间带,各地深度不同。浙江海宁高低潮差可达30尺以上,福建厦门18尺,青岛8—10尺,夏威夷、东沙岛等地只2—3尺。

根据现有资料,得知许多藻类的生殖常与大潮有关,如马尾藻排卵期为二星期,网地藻二星期或一个月。其排卵接合时间都在大千潮,因此潮汐影响它们繁殖。

生物因子 有些藻类附生在其他动植物体上,而不生长在石块上。在进化过程中,有的渐渐生长到动物或植物体上;有的局部内生;有的全部内生,仍靠叶绿素借日光制造食物而营自养生活,但有的叶绿素完全退化,变成他养植物,吸收其他动物的养料而营寄生生活。

欧洲生长的墨角藻(*Fucus* sp.)的受精卵常附着在浒苔上,浒苔死亡后,墨角藻便长成;因此,浒苔成为墨角藻的过渡生长基质。这是生物因子的有利方面。

有时有的生物因子却非常有害。例如海带一般是二年生,到第三年就要死亡,在它落掉后,如因水温较高,珊瑚藻(*Corallina* sp.)繁殖甚多,长满岩石,海带孢子就没有机会附着于岩石上,也不可能生长,因此原来长满于岩石上的海带便为珊瑚藻所代替。

有些水中动物喜食海藻,如鲍鱼及许多贝类。若这种动物繁殖得很快,常可将其所喜食的某种藻类完全吃光。石蓴在静水中长的很好,但几种小海螺却专吃它。

生物型 海藻由于适应于海洋环境,因而各种藻类有它的特殊的形态构造、生活史和渡过不适宜的环境方式。归纳起来可分为数种生物型:

第一,一年生型:

1. 全年型 一年中可有二代以上,如浒苔、石蓴等。刚毛藻(*Cladophora*)长得很快,一两个月即成熟,可产生孢子,孢子萌发再生长,一年可生许多代。

2. 丝体过渡型 一年只长一代。藻体成熟后产生孢子,孢子萌发成丝状体,过夏或过冬,到适宜季节再经生长发育长成藻体。丝状体亦行光合作用,制造食物,独立生存。许多褐藻属此类型。

3. 休眠过渡型 依靠合子过渡,在不适于生长的时期,产生合子渡过不良环境,待环境转好再行萌发。

第二,多年生型:

1. 全部多年生 整个藻体由根到叶全部多年生,分二类型:

显型 藻体直生,如海松(*Codium* sp.)整个植物体全部能过冬(但在北方冬天温度太低多数死亡)。

隐型 藻体卧生,如石叶藻(*Lithopyllum* sp.)、胭脂藻(*Hildenbrandia* sp.)。

2. 局部多年生:

半显型 只有一小部分是多年生。如浒苔、海带类,孢子第一年秋季萌发;第二年夏,孢子体顶端腐烂掉,留下茎部及少数叶片,秋天再生出新叶;第三年成熟产生孢子囊。马尾藻在冬天只留下近茎部的一部分过冬,到翌年春、夏天又长出新叶。

半隐型 藻体可以很高大,到冬天或夏天上部死掉,留下盘状或匍匐丝状部,如叉枝藻(*Gymnogongrus* sp.)、伞藻(*Acetabularia* sp.)。

第四节 我国海藻学方面的新成就

解放以来,在党的领导和大力支持下,海藻业就蓬勃地发展起来了,研究的范围,已从理论的分类区系,发展到密切结合生产的生理、生态和化学成分提取条件的研究,直接为海藻的养殖增产和海藻品的加工利用服务。主要的成就有下列几方面:

海藻分类区系调查研究 分类区系调查研究,是海藻学的基础工作,为海藻的开发利用提供了基本资料。调查的范围遍及全国海岸和近海,北从渤海的辽河口和北黄海的鸭绿江口,南至海南岛和西沙群岛都进行过调查。经过几年来的调查研究,对中国海的海藻区系特点有了基本的了解。

目前已完成了黄、渤海区的调查工作,编写了“中国黄渤海海藻”一书,东海和南海海藻调查工作尚在进行。从我国黄、渤海和东海沿岸藻类的分布总情况看,大多数是温带种类,一些是亚热带种类,没有真正的热带和寒带种类的自然生长。

对黄、东海经济海藻区系和福建东山及山东青岛的种类进行了研究,编写了“中国经济海藻”一书。

其他的浮游藻方面,曾进行过渔場调查,海洋综合调查及沿岸港湾的硅藻种类调查,发表了中国硅藻目录,又根据色素体的形态和数目及细胞和链的形态,从进化观点提出了角毛硅藻属(*Chaetoceros*)新的分类系统。青岛近海的双鞭藻也进行了研究。

海藻的形态和生活史的研究 几年来进行甘紫菜(*Porphyratenera*)的生殖和生活史的研究,已得到了比较完整的资料,生活史中各阶段之间的关系,与环境的关系都有了较正确的认识。

紫菜丝状体的形态研究的结果,对藻类系统发育和藻类进化的某些问题提供了有意义的资料。另外,还研究了紫菜类的生殖和果孢子的性质问题。

另一形态研究的对象是海带类的配子体,从游孢子萌发到性成熟可以划分三个阶段。对裙带菜的配子体,也进行了形态的观察,基本上与海带一致。对海索面目的海索面(*Nemalion elminthoides*)和海门冬(*Asparagopsis hamifera*)果孢子萌发后所形成的藻体也进行了研究。

海藻的生理,生态研究 由于海藻养殖活动发生了问题,进行了一系列的海藻生理,生态的研究工作。通过这些工作提出了一些新的方法。同时,也进行了一些关于浮游藻和定生海藻的生态调查工作,为海洋资源开发提供了一些基本资料。

对海带配子体,孢子体的生长、发育与环境条件的关系进行了一系列的研究,解决了一些与生产关系密切的理论问题,使海带养殖方法大大提高一步。目前海带已南移养殖,而且生长良好。

进行了海带吸收氮肥的研究,了解海带吸收氮肥与肥料溶液的浓度、吸收时间、pH 和饥饿程度的关系等。

进行了浮游硅藻的生态调查:厦门、青岛浮游硅藻的季节变化,角毛硅藻的分布与海洋水文联系。这些对了解水体的动态和鲑鱼鱼群的分布都有帮助。

其他的经济海藻类如裙带菜、鹅掌菜、石花菜、江蓠、浒苔都进行了一些培养和生态的研究。

近来又着重在研究单细胞藻类,扁藻的生理生态。

对港湾附着藻类也进行了它们的生态研究。

海藻的化学和利用研究 几年来海藻的化学和利用研究主要对象是几种产量大的大型褐藻,对作琼脂的原料的几种红藻也进行了一些工作。

褐藻胶的原料、提取、性质及用途都进行了研究;又作了海藻的综合利用研究,主要是马尾藻的综合利用,但在海带大量生产后也可作为综合利用的对象。

海藻中含有微量元素和稀有元素,近几年也都作了初步分析工作。

总之,我国海藻科学在党的领导和支持下,科学研究面向生产,在为社会主义建设服务的前进道路上取得了一定的成就,已经为生产解决了一些关键性问题,从而推动了生产;海藻生产的发展又回转过来了推动了科学研究,丰富和发展了海藻学。