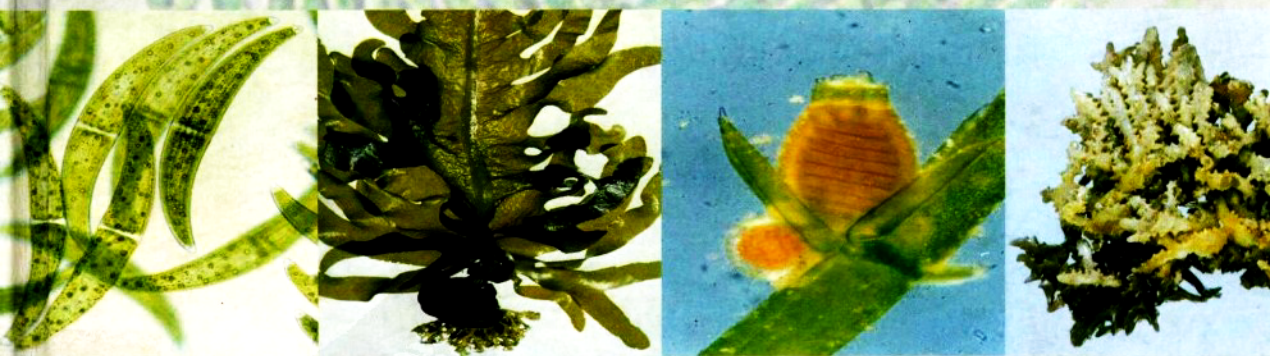


中国藻类学研究

Researches on Phycology in China

刘永定 范晓 胡征宇 主编



武汉出版社

中国藻类学研究

刘永定 范晓 胡征宇 主编

武汉出版社

(鄂)新登字 08 号

图书在版编目 (CIP) 数据

中国藻类学研究/刘永定, 范晓, 胡征宇主编. - 武汉: 武汉出版社, 2001. 10

ISBN 7-5430-2504-3

I. 中… II. ①刘…②范…③胡… III. 藻类学-研究-中国 IV. Q949.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 071516 号

书名: 中国藻类学研究

著作责任: 刘永定 范晓 胡征宇

责任编辑: 何传盛

封面设计: 黄璞

出版: 武汉出版社

社址: 武汉市江汉区新华下路 103 号 邮编: 430015

电话: (027) 85606403 85600625

印刷: 中国科学院武汉分院科技印刷厂 经销: 新华书店

开本: 787×1092mm 1/16

印张: 17.5 字数: 440 千字 插页: 4

版次: 2001 年 10 月第 1 版 2001 年 10 月第 1 次印刷

印数: 0001-1000 册

ISBN 7-5430-2504-3/Q·4

定价: 45.00 元

版权所有·翻印必究

如有质量问题, 由承印厂负责调换。

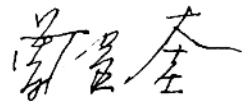
序

作为低等植物的藻类,据记载已逾 30000 余种,绚丽多彩,千姿百态,大者如长达 60 多米的巨藻,可比参天巨树,小者超微藻,如原绿球藻不到 1 微米直径,肉眼尚不可能见到,它们广布于江河湖海,也点缀着山川土地。地球上万物生灵赖以生存的氧气,有 40% 是由藻类光合作用产生的,自然,它们也以同样的比例为地球生产着有机物。大型藻类多生活于海洋,中小型藻类则遍布于海淡水中,而微型藻类的生存虽以海淡水体为主,也可遍布于地球的每个角落。显然,无限的海洋和广阔的陆地上的大大小小的水体,所蕴藏的巨大生产力主要都源于藻类。在这类环境中,藻类作为初级生产者,直接或间接为人类源源不断地提供着财富。

海洋蕴藏着巨大的潜力。特别是在我国,可耕地有限而人口不断增加,人民生活水平不断提高,社会不断发展,使我们日渐明确认识到开发海洋的重要。我们可以把在海上藻类的栽培比作陆地上粮食作物的耕作,鱼虾贝类的养殖等于牛羊猪鸡等动物的饲养。只从这一点,可以看到藻类植物对于我们是多么重要!

古书记载,我国民间早有采用藻类的习惯,或入药治病,或食以果腹,特别是在沿海各地,流传在千年以上。在相当长的历史时期内,我们的祖先对藻类的认识和知识之丰富,不亚于任何国家和民族。遗憾的是,在我国,把藻类作为一门学科进行研究,却只是近百年的事。但约 200 年前,一些国外学者就发表了有关中国藻类的文章。直到 19 世纪 20 年代开始,我国学者才逐渐发展起藻类学研究,但人员稀少,力量分散,步履维艰。只有在中华人民共和国成立之后,我国的藻类学研究才得以迅猛发展,并主要由分类和生态分布研究,迅速扩展到藻类的生理学、生化学、遗传学和分子生物学诸领域;而且相继取得了一批批科研成果。大型海藻如褐藻中的海带、裙带菜和红藻中的紫菜、麒麟菜等的生产,已几乎铺满了我国漫长的海岸线,形成了颇具规模的海藻产业,在应用研究方面,已处于国际领先水平。我国《海藻志》、《淡水藻志》的相继出版,在国际上产生了重要影响。以蓝藻固氮为代表的一些淡水藻类研究也已进入国际先进行列,等等不胜枚举。相应,我国藻类学的研究队伍也在不断壮大,已由 20 世纪 20 年代的少数几人,扩大到今天逾千人的专业大军。

我国藻类科学在发展,队伍在壮大。专业人员日渐感到需要一个组织,以便加强国内外的交流,更好地为国民经济建设服务。为此,由包括我在内的 20 名藻类学工作者发起,经报有关主管部门批准,于 1979 年 10 月在武汉成立了“中国藻类学会”(隶属中国海洋湖沼学会),并积极开展学术活动。在 1995 年的中国藻类学会第四届会员大会上,会员们提出,1999 年会员大会适逢国庆 50 周年大庆和学会成立 20 周年,我学会应该有所行动,撰写论文以示纪念。第四届学会理事会采纳众意,并组成编辑委员会编辑出版此书。书稿的诸作者多为在科研、教学一线工作了几十年的藻类学工作者,内容以我国藻类学各分支学科的研究为主,介绍其研究概况和进展。本书虽远不能概括我国藻类学研究全貌,总可供读者窥见一斑。今天,虽几经周折,终于出版,也是幸事。我应本书编委会之约为之作序,故写下以上文字,既表示对仙逝老一辈藻类学界同仁的缅怀,也表达对我国藻类学事业的期盼和为之而奋斗的朋友们的祝愿。



2000 年 12 月于青岛

编委会名单

主 编 刘永定 范 晓 胡征宇

编委会 (按姓氏笔划排序)

王素娟	刘永定	刘志礼
齐雨藻	毕列爵	宋立荣
张学成	张宪孔	吴庆余
吴超元	范 晓	林均民
林惠民	周汉秋	周百成
施定基	赵进东	胡征宇
胡鸿钧	费修绶	俞敏娟
凌元洁	秦 松	徐旭东
章宗涉	曾呈奎	曾昭琪
傅华龙	裴鲁青	

目 录

1. 中国海藻的研究 曾呈奎 (1)
2. 中国淡水藻类系统分类学史 毕列爵 胡征宇 刘国祥 (15)
3. 关于四胞藻目和绿球藻目的分类基础与系统 饶钦止 (31)
4. 中国藻类学会二十年 张宪孔 (46)
5. 藻类空间生物学 刘永定 李根保 王高鸿 宋立荣 (49)
6. 大型海藻生物活性物质及药物的研究 范 晓 (67)
7. 淡水水体藻类生态 章宗涉 (94)
8. 中国常见经济海藻超微结构的研究 王素娟 (103)
9. 藻类的蛋白质研究 曾昭琪 (138)
10. 赤潮 齐雨藻 (152)
11. 中国化石藻类的研究 刘志礼 (178)
12. 江蓠属海藻遗传研究中的几个问题 张学成 隋正红 杨官品 (194)
13. 蓝藻的固氮及其生物学意义 张宪孔 戴玲芬 戴和平 (212)
14. 中国藻类基因工程研究:历史、现状和问题 秦 松 (223)
15. 蓝藻分子遗传学中的两个调控网络 and 三类剪接序列 ... 徐旭东 狄利俊 郭海涛 (236)
16. 我国有毒蓝藻水华和毒素研究 宋立荣 雷腊梅 潘 卉 刘永定 (243)
17. 中国藻类脂肪酸研究 胡征宇 徐 敏 毕永红 (254)
18. 我国淡水藻类系统分类学的早期文献概况及编年表 ... 毕列爵 胡征宇 刘国祥 (262)

中国海藻的研究

一、外国人研究中国海藻

最早利用现代手段研究中国海藻的不是我们中国人,而是英国人 Dawson Turner。早在 1809 年他报道了产于我国的一种藻类称 *Fucus tenax*, 就是我们现在称做 *Gloiopeltis tenax* (Turn.) J. Ag., 标本是 Sir Joseph Bank 送给他的。据说这种海藻全国各地都有,特别是福建、浙江两省。他特别提到这种海藻富有胶质,每年大量出口广州,中国历来用它在制作灯笼时刷的一层胶。在上世纪除了 Dawson Turner 外,还有 C. Agardh (1820), 世界上有很多藻类都是由他命名的。由于最早人们把红藻类和褐藻类都称做 *Fucus*, 而 C. Agardh 把它们分开了,这对藻类学的贡献很大。还有他的儿子 J. Agardh (1848、1889) 和 Kuetzing (1949) 记载了全世界包括中国的藻类。G. V. Martens (1866) 研究了当时德国采集队到中国、日本及东南亚好几个国家采集的标本,发表了文章。O. Debeaux (1875) 也对中国的海藻发表了一篇文章。这是上个世纪的情况。

本世纪发表有关中国海藻的文章还有 E. S. Gepp (1904), Cotton (1915), Grunow (1915~1916), Ariga (1919), Collins (1919), Reinbold (1919), Cowdry (1922), Howe (1924、1934), Tilden (1929), Yamada (1925、1950), Okamura (1930、1936), Grubb (1932), Setchell (1931、1931a、1933、1935、1936), Noda (1966)。

以上这些人发表关于中国海藻的文章都是有关分类学的文章。这也是一般的规律,生物学都是从分类学开始的。藻类也不例外。可以说,近 200 年来,外国人研究中国的藻类仅停留在分类学。

二、中国人研究自己的海藻

中国人中最早调查采集藻类标本的是厦门大学的钟心焯教授。钟教授在美国哈佛大学读书的时候接触了藻类植物。他在 20 世纪 20 年代初期在厦门大学教书时,外出采集标本,不但有高等植物标本,而且包括各地藻类标本,无论海水的或是淡水的。因而他在厦大积累了大量的海藻及淡水藻标本。但他并不研究这些标本而把它们寄到美国,特别是加州大学的嘉纳 (N. L. Gardner) 教授。他 1929 年开设藻类学课,这是我国最早的藻类学课。中国人研究自己的海藻是我从 1930 年开始的,当时我是厦门大学的助教,钟心焯教授的助手。我的第一篇文章发表在 1933 年 1 月份的《岭南科学杂志》。在 30 年代还有一位^① 金陵大学教师焦启源,

^① 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 4050 号。

本文是作者 1999 年 11 月 21 日在宁波举行的中国藻类学会第五届会员大会暨第十次学术讨论会上的大会报告,会后根据录音整理并作了详细的补充修改。本文在成稿过程中得到周显铜先生的大力协助,作者深表感谢。

他于1932年夏天到厦门大学暑期研究会进行了厦门底栖海藻的研究,研究的海藻大都是中国人和外国人采集的而大多数已经定过名的,也发表过一个蓝藻新种,但这个新种没有得到后人的接受。我们在厦门大学有经冈村金太郎定过名的标本,有 N. L. Gardner 定过名的标本。焦启源写了一篇文章,可惜他没有继续进行中国海藻的研究,出国回来后就当生理学教授。在30年代从事浮游藻类分类研究工作的有两位,一位是倪达书,他在30年代初期就到厦门和海南岛调查采集甲藻。他的老师是王家楫,王家楫本人是研究原生动物的,把甲藻也当做原生动物进行研究。所以倪达书在解放前就专做甲藻的分类学研究(Nie, 1936),解放后也做过,但因他在中科院水生生物研究所负责鱼病工作,是一个很大的课题,所以进行甲藻分类研究的时间就很少了。另一位浮游藻类专家是厦门大学金德祥教授,他是研究动物出身的,在厦大毕业后到岭南大学研究院读寄生虫学,在得到了硕士学位以后回到厦门大学工作,除了寄生虫工作以外,一直对浮游藻类感兴趣,所以他对厦门的浮游硅藻进行了研究。他一方面作动物研究工作;一方面作植物研究工作,他对厦门的浮游硅藻类的研究到1937年发表了第一篇文章,一直到抗战胜利,以后就全力以赴地搞浮游硅藻,另外,还搞了底栖硅藻,并在厦门大学带了几位徒弟,使厦门大学成为硅藻研究基地。很不幸金德祥教授已经去世,不然就可请他来作有关浮游硅藻和底栖硅藻的报告。所以,解放前中国人研究中国的海藻就这三方面,研究底栖海藻在厦门大学 and 山东大学(曾呈奎),研究海洋硅藻在厦门大学(金德祥),研究海洋甲藻在当时的中央研究院(倪达书)。

三、新中国成立后的海藻基础研究

中国藻类学研究的发展完全是新中国成立以后的事情,不但淡水藻研究有很大的发展,海藻研究也有很大的发展,尤其是我们海藻基础研究发展较快。

(一) 分类区系及资源调查研究

新中国成立时我们的海藻学研究还是以分类学为基础的。当时在中科院海洋研究所的前身——中科院水生生物研究所青岛海洋生物研究室,我就强调一点:要发展一个新学科,基础科学不能同应用科学绝对分开。搞基础科学的也必须适当地搞些应用科学,要不然我们的学科就发展不起来。没有分类学就没有基础,东西都不认识叫不出名来怎么能利用它?所以分类学是整个藻类学的基础。海藻分类学的研究主要在厦门和青岛进行。我们刚开始进行海藻分类学研究时就派人到中国沿海调查采集标本。我们在调查同时也注意应用方面。我们在海藻分类学研究方面,从厦门发展到青岛,又发展到广东等地。在这里我只讨论马尾藻类的分类研究工作。马尾藻是我国很普通的大型底栖海藻类,用于饲料及药材。过去我们没有进行系统的马尾藻分类研究,经过整整20年的努力,现在我们基本搞清楚了。马尾藻在我们中国南海,包括海南岛和西沙、南沙一些小岛等区域特别茂盛。我认为马尾藻起源在澳大利亚,然后再分三路发展,一路以从菲律宾到越南向太平洋发展;一路向西,向印度洋、大西洋发展;一路向北,向我国的南海东海及黄海渤海和北方的日本海发展。中国的马尾藻分类研究一开始我们还认为很简单,但实际上并不简单,因为它的进化系统是从印度洋和中国南海发展起来的,印度西太平洋是它,特别是真马尾藻亚属的主要发展海区。这个属根据日本人 Yoshida 的分类大约有400种。这在高等植物不算太多,但在藻类中是最多的。400种是不是足够了?我

认为还不够,因为过去的分类基础比较差,也比较混乱。J. Agardh 在 1889 年进行马尾藻研究时正确地掌握了几个特点,但他的分类系统还有缺点。Grunow 1915~1916 年发表文章时改进了一下。美国的 Setchell 在他生命的后期就专题研究马尾藻。1942 年我在美国时,在他去世前几个月曾亲自同他谈起马尾藻分类问题。他告诉我马尾藻分类研究当时还是初期,希望我能从事马尾藻分类研究。1946 年我回国以后由于其他工作不能全力以赴搞马尾藻研究。直到海带及紫菜的人工栽培研究和褐藻胶的提取研究基本完成,其他海藻的栽培及化学研究工作完全上轨道,我才腾出时间来搞马尾藻分类。通过研究我才认识到马尾藻不止 400 种。我们对前人研究的缺点进行了改进。我们不得不增加了一些新种。单马尾藻这一属我们就提出了 61 个新种。我们全中国海域马尾藻属海藻就有 130 种(曾呈奎、陆保仁,2000)。我认为在中国南海附近的其他国家,从东部的菲律宾到西部的越南还有许多种类,包括新种待发现。

硅藻的分类研究由朱树屏及郭玉洁开始,他们将角毛藻属划分为三个亚属(朱树屏、郭玉洁,1957)。最近有一本《中国海藻志的硅藻志》第一册是由郭玉洁编写出来了。《浮游硅藻志》没有海洋调查是搞不起来的。

(二) 形态学研究

1951 年我们开始进行甘紫菜生活史的研究。当时研究紫菜生活史的还有一个日本人黑木宗尚,但由于解放初期我们同他没有来往,所以根本不知道他的研究情况。后来知道他比我们早一年左右发表了紫菜生活史的文章。但我们的工作做得比他多,做得也比较细,我们(Tseng and Chang, 1954)提出的名称,如紫菜丝状体的壳孢子 Conchospore 全世界至今都在引用。我们当初研究紫菜生活史的目的是为了搞养殖,因为当时养殖紫菜的孢子到底哪里来的不知道。日本当时养殖的紫菜已经不少了,好几百年了,但都是依靠自然孢子,而孢子到底是哪里来的,你说你的我说我的,有好几种说法。1949 年,英国人 Drew 研究了紫菜,她说生长紫菜的孢子到底怎么来的她也不知道,但她只知道紫菜叶状体放散的孢子长出来的不是紫菜,而是一种钻在贝壳里的微型藻类(*Conchocelis*)。这种情况在植物界是很少有的。*Conchocelis* 在过去被认为是另一种藻类名称,并没有同紫菜联系起来,Drew 把它们联系起来了。但 *Conchocelis* 怎么变成紫菜,Drew 也不知道。所以当时日本的黑木宗尚同中国的我都对此进行了研究,我们都找到了壳孢子。到了 20 世纪 80 年代,由于过去我们对紫菜生活史研究得还不够彻底,减数分裂到底怎么来的,我们过去的认识是错误的。真正的减数分裂是在 conchospore 萌发时间进行的(Sun and Tseng, 1987)。海带的形态学研究着重在配子体阶段,研究了配子的排卵和排精现象及精子的形态(曾呈奎、任国忠、吴超元,1959)。

(三) 生态学研究

实际上,海藻的人工栽培大部分是应用生态学的研究。我们创造的海带夏苗培育法,具体来说,就是改变海带生态环境使其适合于海带栽培的需要。因此,首先必须反复地对海带不同生长阶段进行生长发育的实验,然后就这些生态的要求中,我们能改变的,就改变,使海带能愉快地生长发育。海带最适合的生长发育温度,配子体和幼孢子体的最适宜温度是 10℃,所以我们将培养它们的温度定在 10~13℃。企业就建造了大玻璃房,可以培养 2 亿棵幼苗。我们进行了温度对海带生长发育两个阶段,即孢子体的和配子体的阶段的适宜温度影响的研究(曾呈奎、吴超元、孙国玉,1957;曾呈奎、吴超元、任国忠,1962)。紫菜的人工栽培同样需要了解紫菜特别是壳孢子的形成和放散与水温的关系(曾呈奎、张德瑞、赵汝英,1963)。浮游藻类生

态学研究是从 1954 年在烟台的鲈鱼场调查开展起来的。调查中有浮游藻类,当时主持浮游藻类研究的是朱树屏和郭玉洁,郭玉洁在浮游硅藻方面作了很多工作(郭玉洁、杨则禹, 1982)。新中国成立以后我们进行了好几个调查,第一个是 1954 年的烟台鲈鱼场调查,规模较小,1957 年我们还作了一个渤海调查。后来进行的全国海洋普查是 1958 年开始的,接下去是中越北部湾调查,以及后来的大规模西沙群岛海洋生物调查和南沙群岛调查。前几个调查包括全国海洋普查是郭玉洁做的,近几年南海浮游藻类的调查是中科院南海所林永水做的,他进行的是浮游甲藻的调查研究(林永水、周近明, 1993)。浮游藻类最多的是硅藻,硅藻有浮游也有底栖,金德祥教授生前作了大量底栖硅藻生态工作。

(四) 生理学研究

生理学研究主要进行海藻的光合作用的研究。研究的单位有中科院海洋所、植物所和感光化学所。海洋所的海藻光合作用研究着重于比较光合作用和进化的研究。陆地植物只有叶绿素 a 和 b,但海藻植物不但有叶绿素 a 和 b,而且有 c 和 d,更重要地还有比较古老的藻胆蛋白,具体地,即藻蓝素和藻红素。这些色素的组合不一样,光合作用特点也有所不同。藻蓝素是最古老的植物蓝藻类所具有的,发生于 30 几亿年前的蓝藻的色素,至今这些继续存在的蓝藻的色素仍然保存着几十亿年前它们的祖先的色素及光合作用特点。红藻类发生于十几亿年前,是由蓝藻进化而成的,光合色素仍是藻胆蛋白,但红藻的藻红素又有其特点。我们曾经对 30 种红藻做了色素的光谱吸收实验,发现它们的光谱吸收可分为 2 大类型,一种是具有 3 个吸收峰,而另一种则具有 2 个吸收峰,其他红藻的第 3 个吸收峰在这些种仅有一个臂膀而已(Pan, Zhou and Zeng, 1986)。

原始海洋是生命的摇篮,也是光合生物的发源地。光合生物长达 30 多亿年的进化过程有 5/6 的时间是在海洋中进行的。在光合生物的进化过程中,藻类植物介乎光合生物和陆地高等植物之间,处于承前启后的地位,因此,藻类植物的进化是光合生物进化的重要部分(曾呈奎、周百成, 1983)。

(五) 遗传学研究

海藻遗传学是原山东海洋学院(现青岛海洋大学)教授、中国科学院海洋研究所兼任研究员方宗熙先生开展起来的。1957 年我国的海带栽培已经开展起来了。我总感到,一个日本海种类移植到几千里以外的黄海区,因其水温差别很大,虽然通过我们创造的夏苗培育法育出的苗,可以在黄海区顺利地生长,但其遗传性一定会有改变,而且我们还需要改造其遗传性产生新品种,使它能更适合于中国的环境。所以我说服了方宗熙教授留在青岛兼任海洋所研究员,从事海带遗传学新品种研究,与海洋所研究海带栽培的同志们配合工作。方教授及其合作者培育了海带的“海青一号”新品系(方宗熙等, 1962)及其他新品种。

方教授除了培育了一些新品种以外,还取得了一系列的研究成果。首先,他发现海带的孤雌生殖的孢子体能够完成其生活史而不需要雄配子体的配合。其次,他所观察到的染色体自动地加倍,尚未在高等植物看到,可以在海带栽培事业中有所应用。第三,配子体阶段的单克隆使海带成为突变细胞融合及其他生物研究的良好材料(方宗熙, 1983)。

(六) 生物技术研究

海藻生物技术研究以新技术手段促进海藻栽培事业的发展,并为人类开辟新的物质和能

量来源及更好地保护海洋环境。

在组织和细胞培养方面,方宗熙、唐延林用酶法分离紫菜营养细胞和原生质体取得成功(方宗熙、唐延林,1982)。方宗熙等发现海带和裙带菜的部分组织,通过培养能发育为完整的孢子体的全能性(方宗熙等,1982)。赵焕登、张学成(1984)用研磨法获得分离的条斑紫菜的营养细胞能够产生幼体。王素娟(1986)用海螺酶分离坛紫菜的营养细胞,观察到细胞在3~7天内可长出假根,3星期见苗。

在性细胞方面,利用多代自交,促使性状分离,定向选择,达到稳定;利用杂交将母本的优良性状合在一起,选育新品系;利用射线处理,配子体诱导突变,培养新品种和利用孤雌生殖获得雌性纯系。我国学者已制备了10属海藻的原生质体,进行了6属海藻的组织培养,20几属的海藻的固定化培养研究,发现了16属的海藻有抗细菌和抗真菌的活性并已成功进行了良种微藻的生产(曾呈奎、秦松,1991)。

(七) 海藻化学研究

我们的海藻化学研究是从海藻的应用角度发展起来的。我在20世纪40年代初期在美国的加州大学 Scripps 海洋研究所负责琼胶海藻的研究,对美国的海藻利用情况作了一次调查,对美国当时的情况有所了解。美国的琼胶工业很小,但有另外一种令人注意的工业即褐藻胶工业。我曾详细地参观了美国南加州的 Kelco 工厂,调查了解褐藻胶在美国几种工业的利用情况,认为一个小小的海藻工业能够发展到这种程度是很不错的,因此,就下定决心,回国后要搞一个褐藻胶工业。1950年海洋所的前身海洋生物研究室成立时,我就点名要一位来搞海藻化学的大学毕业生,选定了山东大学水产加工专业的毕业生纪明候。我们经过一年的准备工作,于1951年开始利用青岛盛产的马尾藻-海蒿子进行马尾藻褐藻胶的提取并于1953年取得成功(科学通报,1953),并于1954年进行应用。同时还开始系统地进行海蒿子做原料提取褐藻胶的条件研究(曾呈奎、纪明候,1962)及有关问题,包括褐藻胶的季节变化(纪明候、史升耀、曾呈奎,1962a),我国几种马尾藻所含褐藻胶的质和量的测定(纪明候、史升耀、曾呈奎,1962b),原料的前期处理及褐藻胶的贮存条件(纪明候、史升耀,1962),和温度、光、盐类和金属对褐藻胶黏度的影响等问题进行了系统研究(纪明候,1962)。到1958年我国的海带栽培研究已告一段落,黄海和东海都能生产海带,年产量已达到3万吨干品。我们认为,下一步工作应该进行海带作为褐藻胶生产原料的研究。利用野生原料是一种临时措施,栽培材料才能保证原料的不断供应。所以我们从1958年起就开展了从海带提取褐藻胶的试验,证实了海带是一种优良的褐藻胶原料(纪明候、史升耀,1962a)。

考虑到海带是人工栽培的产物,成本较高,而且海带还有多种非常有用的原料,特别是碘,我们进行了海带的综合利用研究(纪明候,1959;纪明候等,1963)。利用海带作为原料,在提取褐藻胶之前及同时提取了碘、甘露醇及褐藻淀粉等产品。

我们还进行了江蓠琼胶的提取处理(纪明候、史升耀、刘万庆,1963)。海藻中抗坏血酸含量的研究(纪明候、张燕霞,1962a)和红、褐藻的化学成分研究(纪明候、张燕霞,1962b;纪明候,1963)。

四、海藻的应用研究

新中国成立以来,我国的藻类研究有一个很大的方面就是应用的研究。中科院海洋研究所的前身,海洋生物研究室在成立海藻研究组时,就决定基础理论和应用研究应当同时并举,否则,一个新的学科无法建立起来。根据我当时的体会,我决定两方面地应用科研,一个是关于栽培生产的;一个是关于化学工业的,以后又发展了几个方面。

(一) 关于海藻栽培的研究

1. 首先是海带的栽培研究 我们中国人食用海带已经有 1000 多年的历史了,但海带并不生长在我国而是从日本和朝鲜进口的。海带原是日本海的产物,自然繁殖生长在日本海北部冷温带海区。我国黄海是暖温带海区,但大连在黄海北部温度略低于青岛。日本人侵占我国大连后,为了建造码头,从日本运来大批木材。这些木材在北海道已停留了一些时候,已经有了小海带的生长,侵占大连的日本人看了很高兴,因为日本人喜欢吃海带,就组织了养殖场。这样,海带就开始在中国扎了根。日本人在大连采用传统的绑苗投石的办法让海带自然生长起来。当时海带年产量不多。新中国成立以前,大连和烟台已经解放了,烟台成立了养殖场,就从大连要苗来养。新中国成立后的 1951 年,他们又从烟台运海带到青岛来养。他们认为既然烟台能养海带,青岛为什么不能养?所以在青岛建立了山东水产养殖场,开始养海带。但在青岛养海带就碰到困难了。青岛不是烟台,冬天温度基本一样,但夏天的温度一般可达到 27℃,有时可达 28℃,海带大部分都会死亡,当时还是请日本技师到青岛来养,碰到很多困难。场里的李宏基等几位青年技术员,都是日本技师的徒弟,就想出办法,创造筏式养殖法,让海带不长在石头上,而是长在麻绳上面,人力能够控制。所以这样就从 1951 年开始养海带了,但渡夏问题一直不能解决。日本技师的渡夏办法就是把海带沉放到外海水下十几米的深处,因为那里的温度比较低,是 25~26℃。到了秋天海水表面温度下降到 20℃左右,再取出来。但取出来后发现大部分已丢掉,只剩下大约 1/10。但海带表层长了很多杂藻类,如水云和动物、贝类及藤壶。所以必须工人用刀刮掉再拿到海水里面去养,等产生孢子再拿回来采孢子。采孢子的方法是日本人创造的。但夏天还是过不了。1953 年养殖场场长孙自平(后来他任海洋所党委书记)和中央水产部门一个代表来找我提到海带渡夏的困难。我们当时就开会研究,动物学家研究怎样防止附着动物的生长。我们当时已经养了海带配子体在实验室大冰箱里,到秋天才拿到海上养殖。我建议他们用我们的方法试试看。我们的方法是用冰箱养幼苗。经过 2 年的努力,我们创造了夏苗培育法(曾呈奎等,1955)。使海带幼苗夏天在实验室的冰箱里生长,到秋天海水温度降到 20℃以下才拿出来培养成大苗。山东水产养殖场李宏基等看了我们海上的实验以后认为这可能是个好办法,所以就向我们要苗,结果养得很好。这个方法养殖场接受过去了,到 1956 年利用我们的方法他们就建造了比我们的冰箱房大得多的低温室培养海带苗,结果很成功。我们认为冰箱的夏苗比普通苗有好多优点,特别是增产 50%。到 1957~1958 年他们就把冰箱房拆掉,换成大的玻璃房。这个方法以后传到山东其他各地和浙江及福建等地。

我们的海带海上栽培工作是从 1953 年开始的。当时青岛的海带养殖生产只有两处,在胶州湾里大港附近一处;胶州湾外的团岛排污管附近一处。我们试在太平湾等几处培养海带都

失败了。我们分析几处的海水,明确了太平湾等处不能培养海带主要是因为海水含氮太少,所以要栽培海带就必须施肥。但海水和土壤不一样,我们不能应用陆地施肥的方法,必须创造新的方法。1942~1946年英国人格罗斯(Gross)等人在封闭式的和半封闭式的海湾里进行了两个实验,均获得成功。我们养海带不能用封闭海域,必须海水流通。我想来想去,想了好几个月才想出用陶罐的办法来施肥,成功了。以后由于陶罐比较笨重,经过几次的改革,最后用轮流喷肥的办法解决肥料缺乏的问题。现在黄海海域比较肥沃了,栽培海带不用再施肥了。

20世纪50年代,我们的第三项大工作是海带的南移养殖。我们在福建和浙江这两个东海省份调查时发现由于长江的影响东海海水很肥,比黄海的肥沃海水高出好几倍。现在我们有了夏苗培育法已经不怕夏天水温多高,但是冬春两季必须有足够的水温低于20℃特别是15℃的时间,而且必须有足够的氮、磷肥料,海带才能生长到商品的规格。东海是否能够栽培海带,必须进行实验,因此,在南移养殖之前,我们必须进行一次温度对海带孢子体生长发育的实验。这个实验1955年开始进行到第二年的夏天结束(曾呈奎、吴超元、孙国玉,1957)。研究结果显示海带孢子体最适宜的生长温度为5~10℃,低适温为1~5℃,高适温为10~13℃。但在10℃以上的温度海带还有发育产生孢子囊的能力。根据温度实验和浙江及福建东海水温情况,我们认为我国东海区具有培养海带夏苗生产商品海带的条件。因此,我们1957~1958年就在浙江进行了2次实验,取得了满意的结果。

海带的栽培生产经过几十年的努力,我国海带年产量已达到干品90万吨,以鲜品计算,在400万吨以上。我国成为世界第一的海带生产大国。

2. 其次是紫菜的栽培 我国和日本几百年前就栽培紫菜了,但当时是依靠自然恩赐的孢子。1949年英国人Drew通过实验证明了紫菜的果孢子萌发成为另一种多年来被认为是另外一种生物的壳生藻(*Conchocelis*)。但*Conchocelis*如何转变为紫菜的问题则是分别由日本的黑木宗尚(1954)和我国的曾呈奎(1955)及张德瑞(1956)所解决,使紫菜的栽培工作跃进了一大步。在紫菜栽培技术方面,我们基本上采用了日本的办法,放弃了岩礁上的栽培而采纳了日本的网养。但我们进行了几个技术改进。我们的紫菜栽培多年来仍停留在50、60年代的基本野生种类的水平。由于费修绶教授等的努力,我们已在纯种的育苗方面走向初级阶段。早期的育种育苗首先是从自然种群挑选出性状特别优良的个别藻体进行留种栽培,再经过生产的检验,确认良种。良种的培育和保存都依靠丝状体。过去我们的丝状体都培育在软体动物的贝壳内,但现在我们可以摆脱贝壳而进行悬浮培育了。通过研究,我们明确了对每一个种的丝状体的适合环境要求,如条斑紫菜丝状体的培养温度为 $15 \pm 1^\circ\text{C}$ 。现在中科院海洋研究所就保存了世界各地的紫菜20个种和120个品系,都是以丝状体培养的(费修绶,1999)。除了丝状体的壳孢子以外,人们还可以利用有的种类的单孢子采苗,还可以通过紫菜酶解叶状体进行细胞育苗。至于紫菜育种工作,近年来进行了原生质体融合(戴继勋等,1988;严兴洪、王素娟,1990)和化学诱变处理(王素娟、严兴洪,1990;严兴洪、王素娟,1990)等项工作。经过几十年的努力,我国的紫菜人工栽培事业年产量已在干品2万吨以上,以鲜品计算,约为20万吨,接近日本和韩国的生产量。

3. 裙带菜的栽培事业 在我国东海的浙江的嵊山有自己的裙带菜。但栽培生产是一位韩国人20世纪40年代后期从韩国运苗到青岛开展起来的,生产方法仍然继承日本人的方法,用投石采苗的自然栽培方法。1954年和1958年,山东水产养殖场先后以培养海带秋苗的方法,对裙带菜的育苗进行了实验,1961年进行幼苗大量生产,1967年在烟台建立了第一座裙带菜室温育苗室。此后,山东沿海各县都分别建立了育苗室,推动了培养事业的发展。但大规模

的裙带菜栽培生产还是 80 年代从大连开始的,大连用人工育苗方法栽培裙带菜。这个方法基本上与海带育苗方法相似,所不同处是幼配子体和幼孢子体的培育依靠正常海水温度,育苗的海水不需要人工低温。目前我国的裙带菜的年产量在 2 万吨干品以上,仅次于日本和韩国。我们生产的裙带菜主要向日本出口(吴超元、侯和胜、李大鹏,1999)。

4. 江蓠的人工栽培研究及事业 江蓠的栽培在我们国家也困难、也不困难。中国的海水温变化很大,以青岛来为例子,低温 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$, 高温 $27\sim 28^{\circ}\text{C}$, 南方的变化不很大。江蓠的生长发育,我们在 1957 年做过实验,采孢子长出来是一个盘状体,再到直立体大约需要半年时间(曾呈奎、陈椒芬,1959)。时间太长,实验允许,但企业就不行了。所以只好采取个体分离的栽培办法,用藻体繁殖。江蓠藻体生长很快。我们现在培养的江蓠有两大种,一种是池养的,在海南岛规模养殖生产。这种江蓠称细基江蓠繁枝变型(*Gracilaria tenuistipitata var. liui*)。但细基江蓠做的琼胶不够好。做琼胶比较好的是青岛产的一种称龙须菜的江蓠(*Gracilaria lemaneiformis*),产量也比较大(张学成等,1999)。所以我们将龙须菜作为培养对象来养。根据费修便教授的实验,在福建、广东,它的产量在一个生产季节可增加 200 倍,一般也可达 100 倍以上。在青岛龙须菜的产地也可以增产,但每一个生产季节只能长 20 倍。最近在广东汕头南澳岛做了一个适温生长实验,龙须菜生长达到 1000 倍。因此,将来江蓠大规模生产很大部分要把北方的苗运到南方来养。

5. 琼枝的栽培研究及事业 海南岛的琼枝栽培工作还是用几十年前创造的老方法,用个体分离方法,不是用孢子的方法。琼胶的栽培生产在我国海南岛琼海及文昌 2 县 1960 年就开始进行,由潜水人员将琼枝一段种植在潮下带的珊瑚礁上。从 1974 年改用先采琼枝,在陆地切为若干段,用橡皮圈或绳子绑在小块珊瑚枝上然后扔到海底,再由潜水人员下海将它们排列次序。在这种情况下,这 2 处年产琼枝在 300 吨以上(Tseng, 1981)。十几年前,吴超元教授从菲律宾引进一种卡帕藻(*Kappaphycus alvarezii*)用浮筏养殖,因小鱼食用卡帕藻而放弃了,但别人继续在海南省养殖生产这种藻类。

6. 微藻的栽培研究及事业 我们培养的海藻还有 2 种微藻。一种是盐藻(杜氏藻)(*Dunaliella*),是提取胡萝卜素的原料,在天津塘沽盐场进行。培养方法是利用室外大池以卤水为培养基。卤水是从晒盐场得到的逐级蒸发浓缩的海水,水池长 47m,宽 35m,深 1.2m,可容纳 1600m^3 的卤水。保种池建立在玻璃房内,共有 5 个池子,各 60m^2 。保种池全部用水泥铺底。中继培养池建于塑料大棚内,有 2 个, $8\times 20\times 0.5\text{m}^3$ 池底,全部用钢筋混凝土铺就并配以叶轮搅拌装置及 pH 控制仪。生产池有 8 个,长方形排列,池与池间有 2m 宽的过道,并在池前有一条通用的排水沟。池子 $135\times 100\times 0.5\text{m}^3$,各为一个独立的生产系统。生产池总面积为一万余平方米,每年生产能力为 100 Kg 胡萝卜素(Guo, 1991)。另外一种螺旋藻(*Spirulina*)。螺旋藻在我们国家绝大部分及全世界是在淡水培养的,海水养的在海南岛只有 2 个工厂生产,一个是海王公司的,一个是中科院南海海洋研究所的。培养方法都是池养。根据测试结果,海水螺旋藻质量很好,产量很高。在热带、亚热带地区培养螺旋藻,一年可培养 10~11 月,产量也比较高。比如在大陆培养螺旋藻好的, 1m^2 最高产量是一天 7~10g,海水螺旋藻在海南岛三亚培养,好的时候一天可以达到 20g 左右或更高,一般也可达 10g 以上,而且质量要比淡水培养的好一些,特别是某些污染物质少很多(Wu, Tseng and Xiang, 1993)。

(二) 关于海藻工业及产品的研究

1. 褐藻胶工业 1946 年我从美国回到中国就下定决心为海藻的人工栽培及海藻产品的

生产而努力。海藻人工栽培事业在前面已经提到了。海藻产品首先是建立藻胶工业,尤其是褐藻胶。我们1953年完成了以青岛盛产的一种马尾藻—海蒿子为原料提取出了良好的褐藻胶。这是我国第一次自己生产的产品,国内还没有用途,必须找出其特别用途才能成为一种工业。从我所了解的用途中,我挑选了浆纱这种性能。我们就在青岛的棉纺厂进行浆纱试验,结果成功了。计算起来,一斤褐藻胶可以代替七八斤粮食,而且结果比用淀粉还要好,所以就向青岛市建议生产褐藻胶作为浆纱的胶质。经过几年的研究,青岛市终于同意并下令青岛酒精厂开辟一个车间生产褐藻胶。到了20世纪50年代后期或60年代初期,青岛沿海的马尾藻原料几乎被采光了,幸亏海带大规模人工栽培生产已经开始,所以原料就转为海带。记过几十年的努力,我国褐藻胶的生产已达到年产13,000吨,可与褐藻胶产量最大的美国相比。

2. 其他藻胶工业 我国还有2种藻胶工业,即卡拉胶工业和琼胶工业。卡拉胶工业的原料是海南省生产的琼枝(*Betaphycus gelatinum*)。海南省每年生产的卡拉胶在市场上称为“琼胶”。旧中国生产的琼胶在原料上也利用了少量的琼枝,但实际上它产生的是一种贝塔型卡拉胶,物理性质比较接近琼胶。中科院海洋所吴超元教授还从菲律宾引进另一种“阿氏卡帕藻”(*Kappaphycus alvarezii*)生产卡帕型卡拉胶,这两型的卡拉胶年产量都不高,只有2500吨。琼胶的生产在新中国成立之前已经有了几十年的历史,提取方法是根据日本人的传统方法。而以石花菜为原料的生产停滞不前。利用江蓠为原料采用新方法才有了进一步的发展,产量达到600吨。

五、今后的研究

(一) 海藻学基础研究

《中国海藻志》是我负责编写的。目前,红藻和褐藻已各出版了1本专著,另交稿了2本;正在编写中的有6本,其中红藻2本,褐藻1本,绿藻1本,硅藻1本,甲藻1本。我们做志的目的是把我们国家所知道的海藻做一个详细的目录和描述。编志的第一步工作就是调查采集大量的标本。我们现在已拥有大量的底栖海藻标本。仅海洋所一个单位就有12万号之多。浮游微藻类也有几万号标本。目前,浮游硅藻和甲藻材料已经采到了不少,但黄藻、隐藻及其他海洋微藻类尚需作进一步的努力。

(二) 海藻栽培研究

海藻栽培的研究,一方面是要把现有的方法改进。比如说培养海带夏苗用的大玻璃房,有改进的必要,需要用生物技术方法来处理。紫菜的生产技术比20世纪50年代已经改进了不少,但仍有改进的余地。另一方面,我们有几种很好的海藻还没有人工培养,比如说海萝,还是用的老方法培养,浒苔、礁膜、鹧鸪菜、马尾藻等迄今还没有栽培良方,这些都需要在今后几年的努力中加以解决。

(三) 海藻生物技术研究

海带已成为我国的高产稳产海洋作物,高产可达到亩产2吨干品,可与陆地高产作物,如甘蔗相比拟。但迄今海带的生产基本上仍然是40多年前的模式,养育的种类仍然是用混杂培

育,据说良种的使用不超过 30%。我们必须利用高新的生物技术选育良种,使我们培养的海带比日本海的原种更为优越。优良品种之一是高蛋白的海带。海带一般蛋白质含量只有 8% 左右。如果我们能通过基因工程改进其蛋白质含量,这对我国将来的食品结构的改革将会起到很大的作用。现在我们已初步建立海带遗传转化模型并克隆了螺旋藻的别藻蓝蛋白(APC) 基因(秦松等,1999)。我们相信在不久的将来我们会培养出蛋白质含量高出原种一倍以上更适宜为人类的食品。我们还认为,作为一个优良的载体,将药物基因转到海带将会产生良好的药物。对其他海藻,基因工程也会发挥类似的作用。

(四) 海藻化学及药物工业的研究

褐藻胶工业,我们在产量上已经接近,甚至超过美国,但在质量上还较差,还需进一步努力。我们的琼胶工业和卡拉胶工业还相当落后,琼胶素(Agarose)仅生产十几公斤,还需从国外进口,这不利于我国科学的发展。从海藻提取药物及健康食品的工业还很初步,目前只有少数几种,如 PSS、FPS 等,尚需大力发展。

(五) 中国蓝色农业的研究

根据许多科学家的意见,21 世纪是海洋世纪。海洋比陆地大两倍多,占整个地球面积的 71%,我们的国土不止 960 万平方公里,还有 300 多万平方公里的蓝色国土。但现在我们海洋的事业还很小,只占陆地事业的小部分,因此,我们的海洋事业一定要发展。从海洋生物学的角度,我们应当发展海上农业,帮助陆地农业解决我国不断发展的人口吃饭问题。发展我国的蓝色农业就是发展我国的海洋农业和海洋牧业。有蓝色国土就应当有蓝色农业。我们现在只依靠陆地的 16~18 亿亩土地吃饭,我们今后还要发展蓝色农业。蓝色农业的主体是藻类,所以我们学藻类的不是没有前途,而是很有前途,在 21 世纪要发展我们的特点。我们要把海藻的生产变成农业生产,像现在的海带生产一样。将来我们在蓝色农业中还要有很多种人工栽培的海藻类,我们藻类应当是后来居上占领一定的科学地位,特别是微藻方面,我们现在已经作了不少工作了。

参考文献

1. 戴继勋,包振民. 坛紫菜原生质体的发育研究. 遗传学报,1988,15(4):299~302
2. 方宗熙. 我国海带的遗传学研究. 海洋学报,1983, 5(4):500~506
3. 方宗熙,唐延林. 用酶法分离紫菜营养细胞和原生质体获得成功. 海洋通报,1982 (5): 94~96
4. 方宗熙,阎作美,王宗诚. 海带和裙带菜组织培养的初步观察. 科学通报,1982 (11): 690~691
5. 方宗熙,吴超元,蒋本禹,李家俊,任国忠. 海带“海青一号”的培育及其初步的遗传分析. 植物学报,1962,10(4):197~209
6. 费修缙. 紫菜的育种生物学基础. 曾呈奎主编经济海藻种质种苗生物学. 山东科学技术出版社,1999. pp. 50~90
7. 郭玉洁,杨则禹. 1976 年夏季东海陆架区浮游植物生态的研究. 海洋科学集刊,1982. 19:11~32
8. 郭玉洁,叶嘉松,周汉秋. 西沙、中沙群岛附近海域浮游硅藻分类的研究. 我国西沙、中沙群岛海域海洋生物调查研究报告集. 科学出版社,1978. pp. 11~53

9. 纪明候. 海藻的综合利用. 科学通报. 1959, (4): 8~9
10. 纪明候. 马尾藻褐藻胶的研究 V. 温度、光、盐类和金属对褐藻胶粘度的影响. 海洋科学集刊, 1962, 1: 180~187
11. 纪明候. 我国经济褐藻的化学成分研究 II. 北方产海带、海蒿子和海黍子的主要化学成分季节变化. 海洋与湖沼, 1963, 5(1): 1~10
12. 纪明候. 海藻化学研究的进展. 海洋与湖沼, 1965, 7(3): 305~307
13. 纪明候, 史升耀. 马尾藻褐藻胶的研究 IV. 海藻的前处理以及海藻和褐藻酸盐的贮存条件. 海洋科学集刊, 1962, 1: 170~179
14. 纪明候, 史升耀. 海带褐藻胶提取条件的研究. 海洋科学集刊, 1962, 1: 188~195
15. 纪明候, 张燕霞. 海藻微量元素的研究. 海洋与湖沼, 1962, 4(1~2): 38~48
16. 纪明候, 张燕霞. 我国经济褐藻的化学成分研究 I. 各种经济褐藻的主要化学成分. 海洋与湖沼, 1962, 4(3~4): 161~168
17. 纪明候, 史升耀, 刘万庆. 江蓠琼胶的研究 I. 琼胶的提取与处理. 水产学报, 1963, 2(2): 1~10
18. 纪明候, 史升耀, 曾呈奎. 马尾藻褐藻胶的研究 II. 海蒿子褐藻胶的质和量的季节变化. 海洋科学集刊, 1962, 1: 159~164
19. 纪明候, 史升耀, 曾呈奎. 马尾藻褐藻胶的研究 III. 我国沿海产几种马尾藻所含褐藻胶的质与量的测定. 海洋科学集刊, 1962, 1: 165~169
20. 纪明候, 史升耀, 蒲淑珠, 张燕霞. 海带综合利用的进一步研究. 海洋科学集刊, 1963, 3(1): 77~101
21. 纪明候, 张燕霞, 蒲淑珠, 史升耀. 新鲜海带盐腌过程中的化学成分变化. 科学通报, 1959, 1959(21): 666~667
22. 褐藻胶试验成功. 科学通报, 1953, 1953(7): 98
23. 林永水, 周近明主编. 南海甲藻(一). 科学出版社, 1993. pp. 1~115, 图版 1-100
24. 秦松, 曾呈奎. 海藻分子遗传学和基因工程研究. 曾呈奎, 周海鸥, 李本川主编. 中国海洋科学研究及开发. 青岛出版社, 1993. pp. 105~108, 487~489
25. 秦松, 姜鹏, 白逢伟, 李新萍, 武建秋, 李文彬, 王希华, 曾呈奎. 海带蛋白质改良基因工程技术. 曾呈奎主编. 经济海藻种质种苗生物学. 山东科技出版社, 1999. pp. 1~25
26. 孙爱淑, 曾呈奎. 紫菜属(*Porphyra*)的细胞学研究—丝状体阶段的核分裂. 科学通报, 1987, 32(9): 707~710
27. 孙爱淑, 曾呈奎. 紫菜属的细胞学研究—膨大细胞和壳孢子萌发核分裂的观察. 海洋与湖沼, 1987, 18(4): 328~332
28. 王素娟等. 坛紫菜营养细胞和原生质体培养的研究. 海洋与湖沼, 1986, 17(3): 217~221
29. 吴融. 海藻生物技术研究. 曾呈奎, 周海鸥, 李本川主编. 中国海洋科学研究及开发, 1993. pp. 7~9, 411~413
30. 吴超元, 侯和胜, 李大鹏. 裙带菜的人工养殖及新品系培育. 曾呈奎主编. 经济海藻种质种苗生物学, 山东科技出版社, 1999. pp. 26~49
31. 曾呈奎, 陈椒芬. 真江蓠的繁殖习性和幼苗的室内培育. 科学通报, 1959 (6): 202~203
32. 曾呈奎, 纪明候. 马尾藻褐藻胶的研究 I. 海蒿子(*Sargassum pallidum*)褐藻胶的提取