

海藻栽培——传统方式及其改造途径*

费修缙 鲍 鹰 卢 山

(中国科学院海洋研究所实验海洋生物学开放研究实验室 青岛 266071)

提要 目前所有的海藻栽培技术和方法都是以在对藻类个体和群体的了解为基础的,这就是传统海藻栽培业的基础和出发点。现代生命科学和生物技术的进展和进步已使陆地的农业和医学大为受益,但传统海藻栽培业还很少应用这些最新的科技成果。实际上自从建立以来最基本的栽培技术没有发生大的变化,这是因为在相当长时期内海藻栽培在技术上比较保守,有许多有待解决的问题,其中最主要的有六个方面。新的栽培种类需要增加,新的技术需要发展和应用,存在的问题需要得到解决和改进。本文就传统海藻栽培业中当前存在的主要问题,可能的改造途径以及它未来的发展方向进行了讨论。

关键词 海藻栽培 紫菜 海带 裙带菜 江蓠 麒麟菜

学科分类号 S932.7

海藻栽培是大量获得海藻产品的最有效的手段。它的发展历史虽不长,但发展速度快,经济和社会效益巨大(Fei, 1996)。目前世界人工栽培的海藻总产量按鲜重计,约为 635 万 t,其中海带 310 万 t,裙带菜 220 万 t,紫菜 75 万 t,江蓠 10 万 t,麒麟菜 10 万 t,其他海藻 10 万 t。世界人工栽培海藻的总面积估计有 20 万公顷(300 万亩)。栽培海藻初级产品的总产值约在 30 亿美元以上。海藻栽培业是劳动密集型产业,它为沿海地区创造了众多的就业机会,社会经济意义巨大(Jensen, 1993; Merril, 1993; Miura, 1992; Ohno *et al.*, 1993; Radimer, 1996; Tseng 1990; Tseng *et al.* 1987)。另一方面,在大规模栽培海藻的生长过程中,大量吸收 CO₂、N、P 等生原要素,释放 O₂ 并合成和累积有机物质,在改善海洋环境方面还有着十分重要的作用和意义。

现代海藻栽培业在本世纪中叶才开始形成和发展,近年来的发展尤其迅速。藻类分类学、形态学等的研究,特别是和藻类栽培有关的生态学、生理学、遗传学等现代实验藻类学研究,结合应用农、渔业技术,应用海洋水文、气象、物理、化学以及海洋工程等方面的研究成果和知识,经过大量的试验研究进入了实用化,为现代海藻栽培产业的建立和发展奠定了基础(中国科学院海洋研究所藻类实验生态组等, 1976, 1978; 费修缙, 1978, 1988; 曾呈奎, 1994; 曾呈奎等, 1962, 曾呈奎等, 1985; 郑宝福等, 1980; Fei, 1983, 1996; Miura, 1992; Ohno *et al.*, 1993; Tseng *et al.*, 1987; Tseng, 1990; Van der Meer, 1990)。

必须指出,目前世界海藻栽培业还处在初级的阶段,这可以从以下三个方面来说明:

* 国家攀登计划 B 资助项目, PD-B6-4-3 号; 国家自然科学基金资助项目, 39770593 号。费修缙, 男, 出生于 1932 年 4 月, 研究员, E-mail: fei@ms.qdio.ac.cn

收稿日期: 1998-01-20; 收修改稿日期: 1999-12-13

(1) 世界上还只有少数国家,对少数种类的海藻开展了人工栽培;

(2) 世界上人工栽培海藻的总面积和陆地农业或者和任何一种经济作物的栽培面积相比几乎是微不足道的。与可利用的海域面积相比,也只是利用了其中极小的一部分;

(3) 目前采用的海藻栽培技术和方式基本上是在对海藻个体和群体开展的一系列研究和实验的基础上,属于一般性的常规技术,从细胞到分子的层次上的进一步研究虽然已经起步,但还远未达到实用化的程度。

总之,新的海藻栽培对象有待继续研究开发;已有的栽培技术和方式有其成功和可行的一面,也存在着不少问题。不可否认,尚处在初级阶段的海藻栽培业有着极大的发展潜力,但必须作进一步的改造才能继续发展。本文就现有的海藻栽培技术和栽培方式中比较普遍存在的问题,探讨其改造的途径。

1 当前海藻栽培生产的主要技术和方式

当前已经进入商业化或小规模栽培生产的海藻,按藻类分类地位来分有3大类11个种属(Miura, 1992; Ohno *et al.*, 1993; Tseng *et al.*, 1987):

褐藻类(Division Phaeophyta),包括海带 *Laminaria*、裙带菜 *Undaria*、洋栖菜 *Hizikia*。红藻类(Division Rhodophyta),包括紫菜 *Porphyra*、江蓠 *Gracilaria*、麒麟菜 *Eucheuma*、卡巴藻 *Kappaphycus*。绿藻类(Division Chlorophyta),包括石莼 *Ulva*、礁膜 *Enteromorpha*、浒苔 *Monostroma*、蕨藻 *Caulerpa*。其中,年产量超过10万t鲜重的只有海带、裙带菜、紫菜、江蓠、麒麟菜和卡巴藻6个种属。

1.1 主要技术

海藻栽培生产包括育苗、栽培、收获和加工四大步骤。育苗是栽培的第一步,是决定栽培成败的前提条件;栽培是海藻生产活动的主体;收获是栽培活动的目的和结果;加工则是和收获相衔接的另一种性质的生产工序,作者暂时不把它放在海藻栽培范畴以内。前三个步骤实际上是海藻栽培的全部内容,是一个不可分割的整体。

1.2 栽培方式

海藻栽培方式从藻类生活史的角度来分,主要有两大类:

(1) 从微观的孢子开始,以栽培对象的生活史各个时期或阶段发育生长的全面调控为基础的全人工栽培方式,海带和紫菜是这种人工栽培方式的代表。

(2) 从宏观的海藻植株片断开始,以生活史某个或某几个时期的发育生长的人工调控为基础的营养枝繁殖栽培方式。江蓠和麒麟菜是这种人工栽培方式的代表。

按栽培环境来分主要有五大类:

(1) 以沿海陆地为基础的室内水池集约式培养,如角叉菜。

(2) 以沿海陆地为基础的室外水池开放式培养,如江蓠。

(3) 以潮间带为基础的筏式人工栽培,如紫菜。

(4) 以潮下带浅海为基础的筏式人工栽培,如海带,裙带菜和紫菜。

(5) 以潮下带浅海为基础的固定式海底栽培,如麒麟菜和海带。

2 传统海藻栽培方式存在的问题

如前所述,目前海藻栽培还处在初级阶段,它是可行的但还不够完善。海藻栽培业面临的任務主要有两大方面,即:新栽培种类、新技术、新栽培方式的研究、开发和创建;已有

传统栽培方式和技术的完善和改造。由于栽培海藻的种类、栽培环境和栽培方式的不同, 存在的问题也不同。问题的数量既繁多而且性质各异, 需要逐个地作具体研究和解决(丁美丽等, 1990, 1991; 任国忠, 1979; 李世英等, 1979, 1992; 张学成等, 1993; Brawley *et al.*, 1988; Fei, 1996; Fei *et al.*, 1991; Fei *et al.*, 1984; Fei *et al.*, 1988; Lewis *et al.*, 1994; Zhang *et al.*, 1990; Zhang *et al.*, 1997)。

2.1 海藻栽培仅限于少数海藻种类及有限的栽培面积和产量。

2.2 已经培育了少数的优良品种和品系, 但栽培生产上仍以野生的或混杂的品系为主, 基本上还没有建立起健全的良好海藻导入生产的技术体系和制度。

2.3 各类海藻的育苗技术仍不完善, 育苗效果的不稳定性普遍存在, 严重影响着栽培生产的成败和持续健康的发展。

2.4 现有的栽培技术基本上是对海藻个体和群体水平上的科研成果为基础, 从细胞到分子水平的最新科技成果还较少, 且都停留在实验室阶段。

2.5 主要生产过程大部分依赖人力, 缺少机械化, 劳动生产率和劳动附加值偏低。

2.6 育苗到栽培都由各地的栽培者分散经营, 缺少专业化分工。

3 传统海藻栽培方式的改造途径

本文仅就上述问题, 从以下 4 个方面进行原则性的讨论。

3.1 目前栽培海藻种类只有 10 种左右, 与丰富的海藻自然资源相比实在太少, 许多市场需要的原料海藻, 尚不能进入大规模的商品化栽培生产, 而是主要依靠采集野生的资源供市场所需, 其自然资源由于过度的采捕, 正面临资源枯竭和不易恢复的危险。解决这一问题的唯一出路, 是发展这些海藻的人工栽培生产, 增加栽培海藻种类是今后海藻栽培业继续发展的必然趋势。

开发一项新的海藻栽培产业必需根据市场前景、科技基础、自然环境和社会经济的全面情况, 慎重选择合适的栽培种类, 经过研究、试验、开发和试生产等步骤后才能投入正式生产。一项新的海藻栽培产业是否具有生命力不单决定于它的科学技术, 还决定于它在市场和社会经济方面的全面基础。只有在这些问题全部得到解决的情况下, 才能使新的海藻栽培业得以实现健康、稳定、和持续的发展。

3.2 对于海藻栽培业来说, 良种栽培从来都是生产者十分关注的问题, 也是许多科技工作者多年来努力研究的方向。中国、日本和韩国的藻类学家已经培养和选育了相当数量的海带、裙带菜和紫菜的良种, 其中有的已经应用于生产。但是已培育出不同海藻良种的保存、增殖和有效的导入生产的一系列关键技术尚未建立, 还须要开展许多试验研究并通过生产的不断检验才能进入实用化。只有在建立起一整套完整有效的良种培育和应用体系的基础上, 才能真正把培育的良种应用于栽培生产。例如, 海带育苗是由大量的叶状体(孢子体)获得游孢子开始育苗的, 紫菜则是由大量的成熟的叶状体(配子体)获得果孢子开始育苗, 这种由大量藻体植株出发得到苗源的人工育苗技术本身就不是一种完善的良种体系, 因为由众多的个体产生孢子得出的后代, 只能是易变和容易退化的混杂栽培种群。因而, 必需尽早研究解决好海藻良种种质的分离、纯化、保存的问题, 解决好良种种质的扩大培养和有效地导入生产的关键技术, 是当前海藻栽培研究工作的当务之急。

3.3 有了优良品种和品系之后, 继而培育出数量众多、价廉、健壮的优良种苗, 是建立有

活力的海藻产业的前提条件。苗种的数量和质量状况对于海藻栽培的成败优劣关系重大,而苗种培育则是一个包括多个步骤的比较复杂的过程,涉及到一系列的技术措施。由于中国海藻育苗和栽培的技术基础大部分是以 60 年代初创时期,对海藻个体和群体开展的海藻实验生态学研究成果的基础上建立起来的,多年来一直没有根据新的科研成果得到修改或得到改进,属于还不够完善的技术体系。中国海带育苗是专业化经营的大规模产业,紫菜育苗则大部是由农户分散经营的中小规模生产,由于产生幼苗的病烂等原因造成供苗不足的情况在不同的年度和地区频繁出现,在大面积育苗生产条件下,优质苗育成率通常只有 30%,中等质量和劣质苗各占 35%。造成的原因除了海况、气象的反常以外,主要是因为海藻育苗技术体系不完善,由科研到应用开发的渠道不畅,一些新的海藻育苗科技成果却受到传统习惯的束缚得不到应有的推广应用,采取了一些不合理的育苗技术措施。当务之急是必须大力开展把科研成果转化为生产力的应用开发研究,把传统育苗技术中的落后部分改造成为先进合理的技术,并尽快创建一批专业化的海藻育苗高新技术产业,成为向生产者提供海藻良种的基地。由于海藻生命形态的多样性,加上藻类生物技术的易操作性,在这方面有着巨大的潜力和机会。

3.4 海藻的海上栽培是栽培生产活动的主体,也是消耗物资、器材、劳力和资金最多的环节,在海况气象条件没有问题的前提下,栽培效果的好坏主要受栽培技术的制约。中国的传统海藻栽培技术十分适合于大规模的海上栽培,具有自己的特色。只是数十年来少有改进,仍有不足之处,需要作进一步的改造并向更高的层次发展。根据中国的现实情况,最少有以下三个方面的技术需要得到改造:(1) 海藻栽培是一项比较费力和艰辛的工作,是属于劳动密集型的产业,对于人口众多的发展中国家来说是很适合的,但是当扩大为大规模栽培时,也会产生劳力不足的问题,是要考虑改进的。(2) 海藻的人工栽培的机械化程度不高,导致劳动生产率低下,海藻栽培设施的构建、海上栽培、收获、产品的运输等还很少使用机械,尽快实现各个生产环节的机械化是今后改造的主要内容。(3) 海藻栽培的对象实际上是一个庞大的不断变化着的海藻群体,它由众多的个体所组成,随着个体的生长,群体也在不断发展,群体的生物量不断增长的结果是与之伴随的是生理生态条件的变化,这种变化如果超过了一定的限度就要出现病变,许多人对此还没有引起足够的重视,今后应加倍关注群体的变化,并采取相应的预防措施。

致谢 本文曾于 1997 年 9 月 26 日在韩国釜山釜庆大学举行的第十五届韩国植物学学术讨论会“藻类、多样性和人类活动”上报告过,发表前作了修改。曾呈奎先生对本文提出的一系列具有指导性和建设性的意见;韩国釜山釜庆大学洪龙基教授以及韩国植物学会给予了大力支持,为作者创造了去韩国进行报告交流的机会,谨致谢忱。

参 考 文 献

丁美丽,蒋本禹,费修纭,1990. 海带育苗水系微生物的检测与控制. 海洋科学, 1: 29—34

丁美丽,费修纭,蒋本禹,1991. 三沙育苗室海带育苗水系中微生物数量的监控. 海洋与湖沼, 22(4): 309—314

中国科学院藻类实验生态组,藻类分类形态组,1976. 条斑紫菜的全人工采苗养殖. 中国科学, 1976(2): 212—

216

中国科学院藻类实验生态组,藻类分类形态组,1978. 条斑紫菜的人工养殖(7, 8, 9, 10 章) 北京: 科学出版社.

- 任国忠, 崔广法, 费修绶等, 1979. 温度对条斑紫菜丝状体生长发育的影响. 海洋与湖沼, 10(1): 28—38
- 李世英, 崔广法, 费修绶, 1979. 光强对条斑紫菜壳孢子附着的影响. 海洋与湖沼, 10(2): 183—186
- 李世英, 郑宝福, 费修绶, 1992. 坛紫菜北移研究. 海洋与湖沼, 23(3): 297—301
- 张学成, 王永旭, 仵小南等, 1993. 不同产地龙须菜光合作用色素比较研究. 海洋湖沼通报, 1: 52—59
- 费修绶, 1978. 海带和紫菜实验生态学研究的主要成果. 海洋科学, 增刊: 55—56
- 费修绶, 1988. 海洋生物的种质资源研究. 见: 中国科学院地学部第二次学部委员会大会文集. 北京: 科学出版社, 240—243
- 郑宝福, 陈美琴, 费修绶, 1980. 培养光强对条斑紫菜丝状体生长发育的影响. 海洋与湖沼, 11(4): 362—369
- 曾呈奎, 1994. 栽培及栽培生物学. 见: 曾呈奎文选. 北京: 海洋出版社, 1—1 279
- 曾呈奎, 吴超元, 1962. 海带养殖学. 北京: 科学出版社, 1—336
- 曾呈奎, 王素娟, 刘思俭等, 1985. 海藻栽培学. 上海: 上海科学技术出版社, 1—277
- Brawley S H, Fei X G, 1988. Ecological studies of *Gracilaria asiatica* and *Gracilaria lemaneiformis* in Zhanshan Bay, Qingdao. Chinese J Oceanol Limnol, 6(1): 20—34
- Fei X G, 1983. Macroalgal culture in California and China. In: Laura McKay ed. Seaweed Raft and Farm Design in the United States and China. New York Sea Grant Institute, 301—308
- Fei X G, 1996. Domestication and Cultivation of Seaweed. In: Li Deshang ed. Proceedings of the International Symposium on Aquaculture. Qingdao: Qingdao Ocean Univ. Press, 31—37
- Fei X G, Neushul M, 1984. The effect of light on the growth and development of giant kelp. Hydrobiologia, 166/117, 456—462
- Fei X G, Jiang B Y, Ding M L *et al*, 1988. Light demands of juvenile *Laminaria japonica*. Chinese J Oceanol Limnol, 7(1): 1—9
- Fei X G, Huang L J, 1991. Artificial sporeling and field cultivation of *Gelidium* in China. Hydrobiologia, 221: 119—124
- Jensen A, 1993. Present and future needs for algae and algal products. Hydrobiologia, 260/261: 15—23
- Lewis R J, Jiang B Y, Neushul M *et al*, 1994. Haploid parthenogenetic Sporophytes of *Laminaria japonica*. J Phycology, 29: 363—369
- Merril J E, 1993. Development of nori markets in the western world. J Appl Phycology, 5: 149—154
- Miura Aki, 1992. Cultivation of edible algae in Japan. Serial in Fisheries(88) (in Japanese)
- Ohno M, Critchley A T, 1993. Seaweed cultivation and Marine ranching. Kanagawa International Fisheries Training Center, Japan International Cooperation Agency(JICA)
- Radimer J R, 1996. Algal diversity and commercial algal products. Bio Science, 45: 263—270
- Tseng C K, 1990. The Theory and Practice of Phycoculture in China. In: Rajaram V N ed. Perspectives in Phycology (Prof. M. O. P. Lyenger centenary celebration volume). New Delhi, India: Today and Tomorrow's Printers and Publishers, 227—246
- Tseng C K, Fei X G, 1987. Macroalgal commercialization in the Orient. Hydrobiologia, 151/152: 167—172
- Van der Meer J P, 1990. Genetic Contributions to the Development of Marine Crops. In: Yarish C ed. Economically Important Marine Plants of the Atlantic——Their Biology and Cultivation. The Connecticut Sea Grant Program. The Connecticut Sea Grant College Program
- Zhang X C, Fei X G, 1990. Cultivation and Hybridization Experiments on *Gracilaria tenuistipitata* (Rhodophyta). In: Current Topics in Marine Biotechnology, Proceeding of the 1st International Marine Biotechnology Conference on Sep. 4—6, 1989 in Tokyo, Japan, 213—214
- Zhang X C, Brammer E S, Pedersen M *et al*, 1997. Effects of light photon flux density and its spectra quality on photosynthesis and respiration in *Porphyra yezoensis* (Rhodophyta). Phycological Res, 45: 29—37

SEAWEED CULTIVATION — TRADITIONAL WAY AND ITS REFORMATION

FEI Xiu-geng, BAO Ying, LU Shan

(*Experimental Marine Biology Laboratory, Institute of Oceanology, The Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071*)

Abstract Seaweed cultivation has been developed rather fast in recent years. The total production of cultivated seaweed at present is about 6350×10^3 tons fresh weight. The total cultivation area is estimated as 200×10^3 hectare. The annual total value of cultivated seaweeds has been placed at more than 3 billion US dollars. It provides many job opportunities for the coastal region people and is potentially important in the improvement of ocean environments and global change. All cultivation methods and techniques are based on or start from individual plants or the population of the seaweed cultivated. These are the bases of traditional way of cultivation. On land, modern biological science and biotechnology achievements have benefited agriculture a lot. But the traditional seaweed cultivation has not benefited much from these achievements. In fact, it has not changed much since its founding because seaweed cultivation has been quite conservative for a long period. It has accumulated many problems. Six main problems might be the most universal ones hold back the further development of the industry. New species need to be established, new techniques to be developed and problems to be solved. This paper mainly discusses the main problems of traditional seaweed cultivation at present and its possible further development and reformation in the future.

Key words Seaweed cultivation *Porphyra* *Laminaria* *Undaria* *Gracilaria* *Eucheuma*

Subject classification number S932.7