

国家藻类产业技术体系 (CARS-50)

工作简报

(2018 年第 1 期, 总第 1 期)

国家藻类产业技术研发中心
中国科学院海洋研究所

主办



国家藻类产业技术体系工作简报·

2018年11月

目录

1、藻类产业技术体系简介.....	1
2、我国的海带栽培产业.....	2
3、我国的裙带菜栽培产业.....	4
4、我国的条斑紫菜产业.....	8
5、我国的坛紫菜产业.....	18
6、我国的江蓠产业.....	21
7、我国的淡水微藻产业.....	26
8、藻类栽培的病害问题.....	30
9、藻类养殖模式.....	33
10、我国海藻收割情况现状和机械化研发进展.....	36
11、产业经济.....	38

1、藻类产业技术体系简介

藻类存在于地球上几乎所有的水环境中。同陆生绿色植物在陆地一样，藻类在水环境中和形形色色的水生动物、微生物一起构成了丰富、健康的水生生态环境。人类以藻类为食或者对其有治疗特殊疾病的认知有上千年的历史，但是我们将藻类作为被生产的对象进行大规模的人工栽培/养殖则是近几十年的事情。中国的藻类产业始于大型的褐藻-海带。建国之初，中国需要花费宝贵的外汇资源进口海带，提取重要的战略资源碘、甘露醇以及褐藻胶等。这些资源是无法从任何陆地作物中获得的。彼时，海带的人工养殖尚没有开始，世界各国也只全部依赖自然生长的海带，捕获量严重受限，价格高昂。随着系列关键技术的突破，我国海带人工栽培获得成功，面积在南北获得大规模推广。再后来，随着我国经济技术的发展、科研水平的提高、科研力量投入的加大以及科研人员持续不断的努力，加上市场力量的推动，其它经济海藻物种的人工栽培包括裙带菜（辽宁、山东）、紫菜（山东到广东）、江蓠（山东到福建）、麒麟菜（广东和海南）、羊栖菜（浙江）等陆续在我国南北开花结果。具有经济、药用价值的淡水藻类物种比如螺旋藻、小球藻和雨生红球藻等也大致是在同一时期开始逐渐被认知和开发利用。到今天，我国的藻类产业在栽培面积、产量、栽培物种多样性、栽培技术、育种技术方法和使用地域范围都雄踞世界各国之首多年。

一旦将藻类作为一种被规模化开发和利用的对象，我们就面临像开发其它农业产品一样的产业化问题：从品种培育、养殖（栽培）技术、病害防治到产品加工等。这些环节需要有机串联。通常一个好的栽培品种的诞生，需要相配套的收获和加工技术跟进。如前所述，我国藻类产业同世界诸国相比规模大，从业人数多，但是我们在藻类自然资源保护、收获的机械化、产品的自动化加工、精细高附加值产品的开发、初级产品加工过程的环境保护等诸多方面存在短板，也制约着未来进一步的发展。2017年9月，农业农村部科教司正式组建和启动了第五

十个现代农业产业技术体系-藻类产业技术体系。分布在全国各地的 19 个岗位科学家团队以及分布在我国藻类主产区的 11 个综合实验站团队上岗，开启了新时代推进我国藻类产业大发展的新征程。藻类产业技术体系的这第一份简报分别由藻类产业技术体系部分相关岗位科学家和综合试验站站长执笔，概要介绍了我国主要经济藻类产业情况。

2、我国的海带栽培产业

海带 (*Saccharina japonica*) 被认为是在 1927 年前后由日本北海道引进，并非是我国原产物种。新中国成立后，在我国老一辈海藻科学家的自主创新和联合攻关下，先后突破了自然光夏苗培育技术、筏式养殖技术和施肥方法问题，建立了海带全人工养殖技术体系，使得国际海洋渔业领域首次实现了从自然采捕和增殖向全人工养殖的发展，开创了全球海水养殖业的先河。我国海带年产量也从 1952 年的 22.3 吨快速增长至 1958 年的 6253 吨，同期中国海藻产业对全球海藻产量贡献达到了 15% (FAO, 2004); 1958 年，我国开展的“海带南移养殖”进一步把海带养殖区域从辽宁、山东向南拓展至江苏、浙江、福建和广东，至今仍保持着海带最低纬度养殖纪录。20 世纪 50 年代，中国科学家首次开展了海带遗传学和育种研究工作，并于 1962 年培育出国际上第一个海水养殖新品种“海青一号”海带，开辟了中国海带良种化栽培的历程。此后，选择育种、单倍体育种、杂交育种和远缘杂交育种、杂种优势利用等育种技术的建立以及“单海 1 号”、“单杂 10 号”、“860”、“远杂 10 号”和“901”等海带新品种培育，进一步提升了中国海带养殖产量，并为中国海藻工业化发展提供了重要优质原料保障。由于中国海带人工栽培技术的发展以及优良品种的应用，我国海藻产业于 80 年代首次超过日本，成为全球第一大海藻养殖国，至今一直保持着全球领先地位。近年来我国海藻工作者培育的“荣福”、“东方 2、3、6、7 号”、“爱伦湾”、“黄官”、“三海”、“205”等海带新品种以及若干正在进行规模化栽培测试的众多优良品系，成为我国海带产业可持续发展源源不断的新动力。

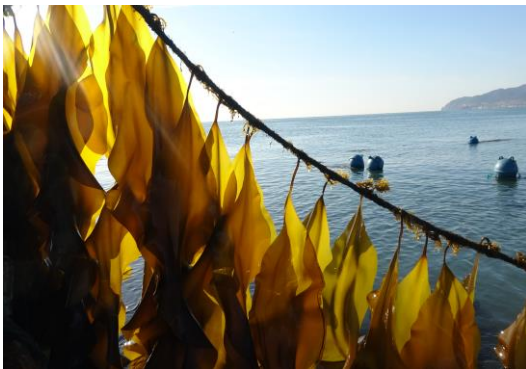
到 2016 年，我国海带养殖面积 44,398 公顷，养殖产量 1461,058 吨（中国渔业统计年鉴，2017）。海带具有生物量高的特点，虽然养殖面积占海藻总养殖面积的 31.5%，但产出了 67.4% 的生物量（根据 2017 中国渔业年鉴，海带产量占比为 67.4%，同样图 3 各种海藻比例稍有偏差）。联合国粮食与农业组织 (FAO) 《世界渔业和水产养殖状况 (2014)》指出“在中国，从 2000 年到 2012 年海藻养殖产量增长近一倍，人工培育的高产品种的使用发挥了重要作用。海带是养殖最多的冷水海藻，由于开发了耐温品种，在中国南部相对温暖的沿海省已很好地开展了养殖。目前南方的养殖多于北方”。我国开展规模化栽培的省份按照产量贡献率依次为福建 (47.47%)、山东 (36.51%)、辽宁 (14.97%)、浙江 (0.71%); 此外，江苏、广东也有少量养殖。

海带的人工栽培促进了海藻加工行业的技术发展及系列产品开发。高技术含量的新型海带产品逐渐进入市场。目前除传统的海带丝、海带片、海带卷及干制品外，还有海带软包装产品、海带方便调味菜等。新型系列产品包括膨化食品、面条、调味品和剖削产品等。新型产品入市给整个海带行业带来了生机，丰富了消费者的菜篮子。

海带营养丰富，含有包括海藻多糖、碘、甘露醇、膳食纤维、蛋白质、多种微量元素、等要素。每 100g 成分包括：蛋白质 8.2g，碳水化合物 56.2g，钙 117mg，

铁 150mg，碘 100~300mg，还含有胡萝卜素、硫胺素、尼克酸等维生素。国内外海带加工品有 40 多种，包括盐渍海带、调味海带、海带饮料、海带提取物等。新鲜海带含水量较高，因其富含蛋白质、氨基酸等多种营养成分，非常有利于微生物生长、繁殖，使海带在干制、贮存过程中易发生腐烂变质。海带系列产品不仅可以作为食品，也具有保健作用。有益于健康的食用海藻概念现在在许多国家盛行，如日本人餐食中海藻成分较多，韩国、菲律宾、印度尼西亚等国家也具有食用海藻的传统。在美国市场上，以海藻为原料制作的海藻饮料、海藻色拉、紫菜卷等也开始流行。研究发现每天食用海藻的普通人，患高血压、便秘、肠癌等疾病概率低于不食用海藻食品的人。海藻中蛋白质、可溶性纤维素与不可溶性纤维素含量高，脂肪含量低，属于低热量食品。当前，高血压、心脏病、便秘等老年性疾病越来越多，因此，老年人食物应当减少脂肪与糖类含量，适当增加食物纤维组分。海藻纤维虽然不能被人体吸收，但它能促进肠道蠕动，促进消化液分泌。另外海藻纤维素与血浆中游离脂肪酸结合可以有效防止胆固醇的形成。海藻中含有丰富的维生素与矿物质，若每天食用 100g 海藻，可以补充满足一个成人每天所需维生素和无机元素。

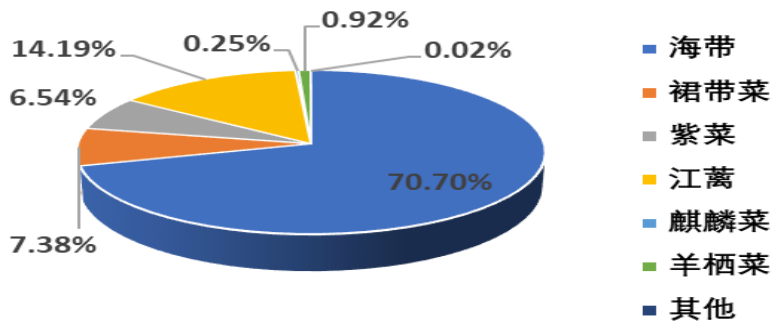
加工海藻食品的重要环节是处理好产品的色、味，食用海藻都有自己独特的风味。海带干制品为传统加工食品，也是简单加工产品。由于大部分海带精深加工产品以干海带为原料，干海带原料的质量直接影响其加工品质量，因此，规范的前处理干燥加工工艺是生产优质海带加工产品的前提。海带丝软包装加工产品是通过将海带切成 5 毫米宽、5~6 厘米长丝状，然后加热调味、完成软包装和杀菌制成产品。海带酱是将海带磨碎后经炒制、熬制或发酵后调味、杀菌制成的酱。海带面条是近几年开发的新型产品，是通过破碎海带，经过钙化、挤压成型的产品，食用方便，营养健康。海带调味料是将整棵海带绞碎，加入 10-20 倍的水进行熬制，离心获得的汤汁，汤汁可直接喷雾干燥或调味后喷雾干燥获得海带调味料。海带剖削产品是通过干海带浸醋软化，可除去部分腥味，软化后的海带即可剖削，形成厚度极薄的海带丝绵作为食品。



辽宁筏式栽培的海带



山东荣成万亩海带栽培区



中国海藻主要栽培种类产量比例（数据来自中国渔业统计年鉴，2017）



自然干海带



海带扣



海带丝



海带头



烘干海带产品



调味海带产品

海带各类产品

3、我国的裙带菜栽培产业

裙带菜(*Undaria pinnatifida*)属褐藻门，褐藻纲，翅藻科，裙带菜属，是重要的养殖、贸易水产品之一。裙带菜在我国的养殖最早开始于上世纪三十年代，只能进行投石养殖。上世纪五十年代末，南方和北方都开始了养殖实验。上世纪六十年代解决了自然条件下的人工育苗问题。上世纪七十年代裙带菜的大规模养殖基本处于停滞状态。由于对日本出口的增加，我国辽宁大连地区从1984年开始进行大规模裙带菜栽培生产，当时所用苗种是采用半人工育苗(人工采孢子、海区育苗)方式培育的。由于育苗是在夏季(7-9月)的自然海区进行,杂藻、贻贝、海鞘等附着生物的大量附着和海况复杂变化及高温的影响，育苗生产极不稳定，加之在海区育苗中优良栽培品种易与当地野生种自然混杂，导致优良性状难以维持，严重地影响了栽培裙带菜的产量和质量。因此，国内开展了裙带菜室内人

工育苗的研究,用全人工种苗替代半人工种苗进行裙带菜的栽培生产。随着中日双方技术交流的增加,日本先进的栽培加工方法被引进到大连,使我国大连地区裙带菜产量和质量大幅度提高。

据统计,1990年中国产裙带菜占日本市场供应量的10%。但由于中国菜的毛多、口感差,售价只有日本菜的1/4。当时我国主要的养殖区辽宁省面临养殖品种退化的问题。每年的12月份叶片开始局部腐烂,到4月份叶片上出现软毛,影响了收获裙带菜的品质。针对国内裙带菜收获期短、藻体小、丛生毛长等问题,国内采用了引进日本良种和将栽培浮筏向水深流大海区发展等措施,使裙带菜栽培产业出现了新的飞跃。进入上世纪九十年代后,我国进行了较大规模的裙带菜室内全人工育苗试验并获得成功,改变了裙带菜栽培生产种苗单纯依赖半人工育苗、种苗生产不稳定和栽培裙带菜种质混杂的状况,极大提高了栽培裙带菜的产量、质量,提升了产品在日本市场的竞争力,为我国裙带菜产品大量进入日本奠定了良好的基础,实现了国内裙带菜栽培的第二次飞跃。

裙带菜筏式养殖有单养和间养两种形式,其中筏式养殖是目前裙带菜人工养殖的主要方式。单养与海带筏式养殖方法基本一致。间养是在两行海带养殖架子中加架子的方法。在裙带菜筏式养殖过程中要做好分苗、架子设置、放养形式、调节水层、合理施肥等环节。裙带菜一般在下海3个月后就达到商品规格,即1~1.5m时开始收割。养殖时间一般为3-4个月,即自11月初至翌年的2-3月份收割,养殖周期比海带短3个月左右。在生长期长的海区可以分批收割。养殖过程,中育苗技术与良种选育是高品质裙带菜生产的关键。我国裙带菜的大规模栽培是在日本市场需求的驱动下诞生的,虽然近年来国内市场逐渐打开,但是日本市场依然是影响我国裙带菜栽培和加工产业的关键。因为日本市场对裙带菜质量的要求较高,所以我国从最初开始便需要从日本引进种苗进行栽培。

由于传统的裙带菜育苗主要采用半人工的方式,导致海上栽培品种和野生群体的混杂;同时少数种菜的逐年反复利用导致近交衰退的产生。因此,裙带菜栽培品种在使用几年之后就会失去原有的商业性状。但是裙带菜的育种工作却一直没有开展,引进的日本种苗也没有及时进行种质的收集和保存,所以大连地区的栽培企业需要持续不断地从日本或者韩国引进种苗,造成养殖成本的升高,也带来了外来物种入侵问题。针对上述问题,近些年来我国的藻类工作者逐渐开展了裙带菜的育种研究。

与海带类似,裙带菜育种技术主要包括两种:一种是配子体克隆杂交子一代的直接利用;另一种是配子体克隆杂交与累代定向选育相结合。第一种技术的思路是首先从栽培或野生群体中选择性状优良的种菜,分离单倍体克隆,建立种质库。然后进行单倍体克隆的两两多组合杂交,在海上进行栽培测试,选择性状优良的杂交组合。该技术的优势在于育种周期短,只需一代就可产生表型和基因型高度一致的子一代孢子体;同时品种的维持可以通过保存亲本配子体克隆得以实现。但是,受限于亲本配子体克隆的生物量,这种技术目前仍难以在产业中进行大规模推广和应用。第二种技术是在第一种方法的基础上建立的,即获得优良的杂交子一代孢子体后,进行累代近交和高强度的定向选育,直到目的性状趋于稳定。目前裙带菜育种主要采用第二种方法。利用游孢子采苗的室内常温全人工育苗技术和配子体克隆杂交结合定向选育的育种技术作为业已成熟的技术手段,在很长一段时期内仍将会在裙带菜栽培产业中占据主导地位(中国水产流通与加工协会编制的“裙带菜产业发展报告”)。

据2017中国渔业统计年鉴统计结果显示,我国裙带菜年产量15万吨(干

品)左右, 养殖面积 6431 公顷。主产地集中在辽宁和山东, 福建、广东、浙江和江苏有少量养殖, 但是不成规模。辽宁裙带菜产量占全国总产量 70%, 养殖面积占全国总面积的 80%, 其主要栽培去分布在大连北部金普新区大李家、金石滩黄海沿岸及南部的旅顺柏岚子沿海。除辽宁以外, 山东威海的荣成人和镇沿海也常年进行裙带菜的栽培生产, 产量占据全国的 30%左右。

2016 年我国裙带菜养殖产量 (干重, 吨)

全国总计	辽宁	山东	江苏	福建	广东
166795	116277	49514	4	/	1000

2016 年我国裙带菜养殖面积 (公顷)

年份	全国总计	辽宁	山东	江苏	福建	广东
2015	6908	5653	1230	3	12	10
2016	7274	5889	1363	0	12	10
2017	6431	5102	1313	0	0	16

裙带菜产品的加工分为盐渍和干燥两种, 主要产品为盐渍裙带菜叶、盐渍裙带菜茎 (梗)、干制裙带菜、调味裙带菜, 以及少量的冰鲜孢子叶和孢子叶丝。盐渍裙带菜产品是目前加工量最大的裙带菜加工品, 也是干制裙带菜叶加工的原料。其工艺流程包括: 原料收割→原料处理→漂洗沥水→漂烫→冷却→二次冷却→沥水→拌盐→盐渍→脱水→去茎→再次脱水→去盐→选择修正→装袋→成品。裙带菜的主要产品形式包括: (1) 裙带菜茎 (梗)。是在裙带菜叶片加工时, 利用撕下来的中肋和茎生产的裙带菜产品。中肋一般是切成长条的盐渍品在市场贩卖, 很受欢迎。另外, 还有将中肋和茎切成小段做成各种小菜上市。其生产的工艺流程包括: 裙带菜→切茎 (梗)→烫漂→冷却→盐渍→脱盐→调味→产品; (2) 干制裙带菜。其加工生产与盐渍品不同, 一般是在年初裙带菜收获上岸时期开始大量收购储存盐渍菜, 加工过程一般可以常年进行, 其生产工艺流程包括: 漂烫盐渍裙带菜→去杂质→脱盐→离心脱水→一次干燥→切割→整形→二次干燥→二次整形→选拣→成品; (3) 调味裙带菜。是用酱油、酒精性调味料香料以及砂糖为主的调味液, 对漂烫盐渍的裙带菜进行调味, 最后产品为色泽美观, 质地柔软, 适口的调味食品, 其生产工艺流程包括: 漂烫盐渍的裙带菜→洗净→沥干→干燥→调味→二次干燥→冷却→成品; (4) 速冻孢子叶。孢子叶是裙带菜的繁殖器官, 位于裙带菜茎的基部靠近假根的地方。近年来发现其富含褐藻酸和岩藻聚糖硫酸酯, 具有保健效果, 食用的人迅速增加。其生产工艺流程包括: 收割后的孢子叶洗净处理后直接进行速冻保鲜, 包装为成品。

目前裙带菜鲜菜采收后, 除孢子叶外, 首先全部进行盐渍处理, 加工为盐渍裙带菜叶和茎, 部分盐渍裙带菜叶再进行干燥加工为干制裙带菜叶。因此裙带菜加工的两大类主要产品为盐渍裙带菜 (叶和茎) 和干制裙带菜叶, 其中盐渍裙带菜叶和干制裙带菜叶为主要的出口产品, 主要出口方向是日本和韩国, 少量出口欧盟、巴西和俄罗斯。

以全国最大的裙带菜生产和出口基地辽宁大连为例, 裙带菜产业大多处于初

级加工阶段，以盐渍裙带菜和干裙带菜原料出口日本为主。这一程度限制了产业规模化发展。近年来在企业研发人员的不断努力下，逐渐开发出了裙带菜新型即食产品，拓展了国内市场，开辟了新的食用方法。裙带菜即食产品利用调味、干燥、盐渍、发酵等工艺对裙带菜叶和茎进行加工处理，生产出的产品一般开袋即食，口味鲜美，在逐步打开国内裙带菜销售的瓶颈。越来越多的国内消费者开始接受和食用这些裙带菜产品。

新型即食产品以调味系列为主，主要分为调味速冻系列和调味常温系列两大类产品。调味速冻系列产品包括：调味裙带菜（海藻沙拉）、调味裙带菜茎（梗）、蛤肉梗丝等；调味常温系列产品包括：调味裙带菜、调味梗段（香辣、酸甜等口味）、裙带菜汤料、裙带菜酱菜、裙带菜酱等。其他还有裙带菜发酵饮料、火锅调料、孢子叶丝等产品。



裙带菜加工流程

自上至下，自左至右分别为：收割吊装；鲜菜上烫菜线；烫菜；拌盐；盐渍过程；盐渍叶片；叶梗分离；分拣过程。



盐渍叶片



盐渍梗



烘干叶



盐渍叶产品



新鲜孢子叶



孢子叶烫后



盐渍梗产品



盐渍梗产品



裙带菜干叶产品



速冻孢子叶产品



调味即食茶品



调味即食产品

裙带菜各类产品

4、我国的条斑紫菜产业

条斑紫菜栽培历史：

我国条斑紫菜人工栽培试验最早在原产地青岛、大连一带开始，受环境条件等影响，栽培试验面积未能得到扩展。上世纪 70 年代初，在坛紫菜全人工栽培技术取得成功的影响下，藻类工作者在江苏启东开始条斑紫菜的栽培试验并取得了成功。至 70 年代末，栽培面积发展至 330 多 hm^2 （约 5000 亩），主要集中在毗邻长江北岸的启东、如东沿海。因加工设备及技术落后，加工制品质量低下，主要内销。进入 80 年代，生产发展速度依旧缓慢，期间引进了第一条日本全自动加工机组，产品质量明显提高并开始外销。80 年代后期，通过补偿贸易方式又引进了数台加工机组，使产品的外销渠道开始通畅。至 80 年代末，栽培面积突破万亩。

90 年代是生产的快速发展期。由于冷藏网技术、种质改良技术、栽培作业技术的形成与建立，以及作业所需机械设施的逐渐配套，对生产起到了强劲的推动作用，栽培区迅速拓展发展至海州湾沿岸和苏中辐射沙洲，形成了黄海南部海域的条斑紫菜中心栽培区。特别是 90 年代后期，第一台国产全自动加工机组的研发成功并迅速推广，形成了以产品加工为中心的产业体系，栽培面积迅速扩大。至 90 年代末，面积达 5660 多 hm^2 （约 85000 亩）。

2000 年以来，产业发展趋向成熟。一是条斑紫菜各主产区的格局已经形成，近岸滩涂与海区利用基本饱和，江苏外海独特的辐射沙洲栽培区的生产发展迅速，产业抗波动、抗风险的能力增强。二是生产企业资金积累和实力得到较快提升，

栽培生产与加工为一体的企业增加。龙头企业、骨干企业迅速增加并壮大，对产业发展的引领作用日益增强。三是产业配套趋于完善。紫菜种苗培育室、专用冷库、专用船舶、作业机械、物流、市场建设等条件齐备，为主产业服务的技术与市场体系正在形成，产业日臻成熟。四是产业组织化程度明显提高。在江苏省政府和省海洋与渔业局等相关部门的支持与帮助下，按照市场经济模式运作的要求，于 2003 年 2 月正式成立了江苏省紫菜协会，协会组建了统一的按市场经济模式运作的干紫菜交易市场，协调了生产与国内外两个市场的需求关系。

条斑紫菜产业现状：

我国条斑紫菜栽培区域主要分布在长江口以北的黄海南部沿海，由于 99% 以上生产企业分布在江苏省沿海，因此江苏沿海成为了我国条斑紫菜的主产区。长期以来，江苏条斑紫菜产业已形成了种质保存、制备、良种选育、种苗培养、海上养殖、产品加工、机械制造、市场营销和标准化管理等配套齐全的产业化体系，造就了一支具有一定技术素质和水平的产业队伍。在依靠政府支持、科技进步和生产企业的共同努力下，经过 40 年的发展，江苏紫菜产业规模和产量已占全国条斑紫菜的 97% 以上，紫菜产品的出口外销率达到 60%，在国际紫菜市场的贸易份额占 60% 左右，造就了中国条斑紫菜在世界紫菜业中的强势地位。

2018 年江苏条斑紫菜栽培面积达到 65 万亩，育苗生产面积 64 万平方米，各类加工机组 960 套（台），干紫菜加工机组 776 台，二次加工生产线 180 条以上。各类作业船 500 多艘，拖拉机收获机械等专业机械 1000 台以上，从业人员 5 万多，年产 65 亿枚紫菜制品，产品已经出口到 5 大洲 70 多个国家和地区。干紫菜销售额平均 20 亿元，行业年总产值 60 亿元左右。

另外，随着全球气候变暖，我国坛紫菜、条斑紫菜栽培区域向北推移趋势明显，2018 年山东省沿海条斑紫菜栽培规模已达 5 万亩。

条斑紫菜的栽培地域：

条斑紫菜主产区在江苏省沿海，主要为南通、盐城、连云港近岸滩涂和辐射沙洲地区。另外，随着全球气候变暖，我国坛紫菜、条斑紫菜栽培区域向北推移趋势明显，2018 年山东省烟台、荣成、文登、乳山等沿海条斑紫菜栽培规模已达 5 万亩。

条斑紫菜的加工与销售

1、原藻加工

将采摘的新鲜条斑紫菜叶状体制成干紫菜的过程为紫菜的原藻加工又称一次加工。目前我国条斑紫菜的原藻加工均为全自动机械加工。紫菜原藻加工有其相应的加工工艺要求和加工操作执行的相关标准，其工序包括原藻存放、洗菜、切菜、浇饼与脱水、烘干、剥菜、分级、再干和包装等。

2、紫菜贸易

条斑紫菜原藻加工都采用全自动机组加工，自动化程度高。干紫菜制品采用国际标准（国际紫菜贸易标准规格，每枚紫菜制品尺寸为 29×31 厘米，重量 3 克/枚），产品均一规范，质量稳定。

条斑紫菜干紫菜一般不直接进入消费市场销售，而是按照国际化经营方式运作，在专门的紫菜交易市场通过招投标竞争买（卖）方式进行规范化交易。目前，我国江苏省紫菜协会在条斑紫菜主产地分别建有 6 个紫菜交易市场，这些

市场实际是国际化的干紫菜交易平台，每年根据紫菜协会预先公布的交易日程公告，中外客商可直接去对应的交易会招标采购干紫菜。因此，条斑紫菜生产制品贸易是其产业链中的一个重要环节，也是条斑紫菜产业的重要特色。

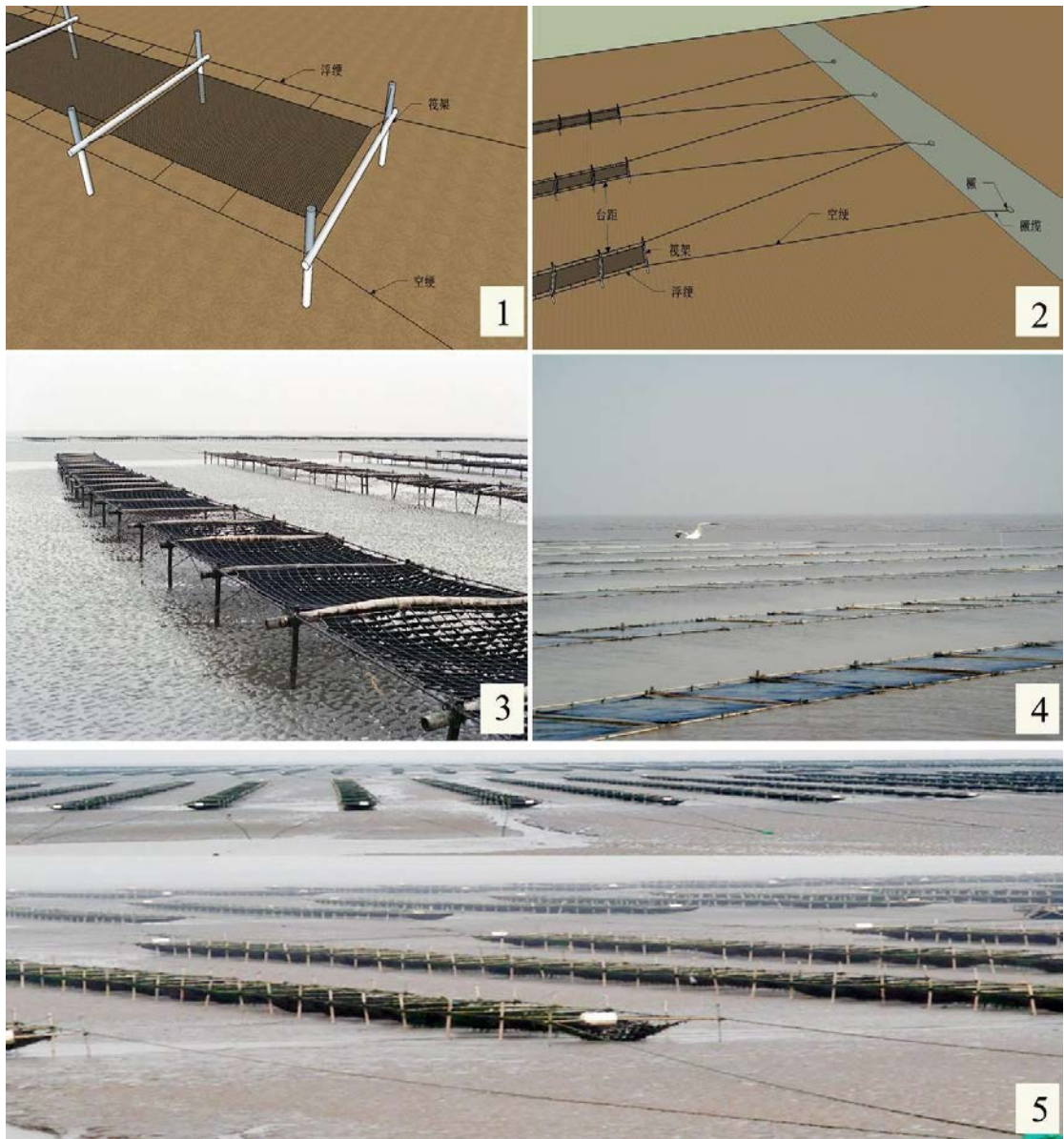
3、紫菜食品加工

紫菜食品加工也就是通常从业者所说的二次加工，即以条斑紫菜原藻加工成的干紫菜为原料，通过专用的紫菜食品加工设备，按商品销售要求，分别加工成为烤菜、调味紫菜等最终产品。并且在加工过程将紫菜的颜色、光泽、显味成分等都较好地保存下来，使人们能够充分享受品尝到紫菜的独特风味。

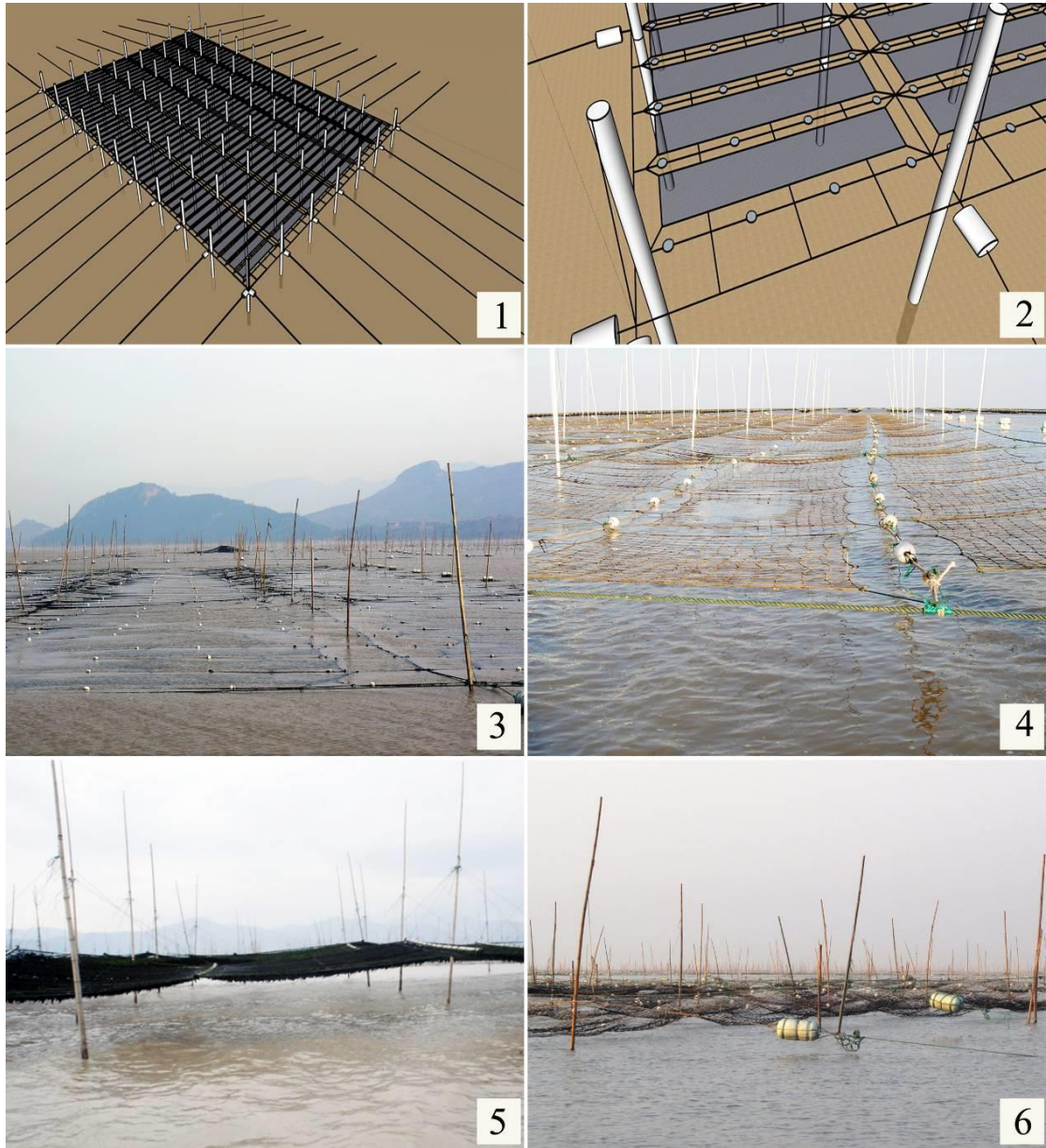
条斑紫菜产品十分丰富，有做寿司、包饭团的烤紫菜、作为休闲食品的各种口味的调味紫菜，紫菜卷、紫菜酥、紫菜条、紫菜糕点，还有作为调料的紫菜酱、紫菜汤料、紫菜饮料、紫菜茶和保健产品紫菜胶囊、片剂等。随着人民生活水平及对食品营养结构认识的提高，紫菜作为一种营养丰富的天然海洋健康食品，对提高我国民众的健康和和生活质量具有深远意义。



条斑紫菜的人工育苗



半浮动筏式栽培模式生产场景



支柱式栽培模式生产场景图



条斑紫菜原藻加工流程



条斑紫菜原藻加工的分级、再干和包装储存



条斑紫菜干紫菜交易市场及交易场景



条斑紫菜食品加工



各种条斑紫菜产品

5、我国的坛紫菜产业

坛紫菜的栽培历史：

坛紫菜(*Pyropia/Porphyra haitanensis*)原产于我国南方沿海潮间带的岩礁上,是我国特有的暖温带性品种,味道鲜美,在中国饮食文化中,自古便是制汤上品和佐餐佳品。早在一千多年前,世界农学史上最早的专著之一《齐民要术》就在其第十卷中引用《吴郡缘海记》中的记载“吴都海边诸山,悉生紫菜”,并且提到了油煎紫菜和紫菜汤的烹饪方法。随后的隋唐时期,孟诜在《食疗本草》一书中指出:“紫菜生南海中,正青色,附石,取而干之则紫色。”而早在宋朝太平兴国三年,坛紫菜就被列为贡品上贡朝廷。

我国劳动人民栽培坛紫菜已经有相当长的历史,积累了丰富的生产经验,最原始的办法是采用简单工具清除或火把烧除的方法,清除岩礁上的杂藻和野贝来增殖坛紫菜,但这种方法只能清除大的杂藻和野贝,小型藻贝类仍可生长,影响壳孢子附着,坛紫菜的产量很低。大约在 300-400 年前,在福建平潭发展出了用石灰水处理岩礁的杂藻、野贝来增殖坛紫菜的方法,利用石灰水把岩礁上生长的藻类、贝类杀死,给坛紫菜壳孢子的附着提供良好的生长基。这一方法后来传至福建莆田、东山和广东汕头等地,直至上世纪 60 年代,坛紫菜栽培一直沿用这种传统方法。当时人们虽然还不清楚坛紫菜的生活史,但是,劳动人民在长期生产实践中却积累了丰富的经验,在特定的季节人工处理岩礁而获得自然孢子的附着,这虽然有一定的科学性,但在很大程度上仍然是靠天吃饭。紫菜种子(孢子)的来源没解决,严重影响了坛紫菜生产的发展。

1949 年,英国的藻类学家 Drew 发现了壳斑藻是紫菜果孢子萌发的产物。随后,我国藻类学家曾呈奎、张德瑞、日本的藻类学家黑木宗尚在上世纪 50 年代几乎同时在实验室内完成了紫菜生活史的研究,开启了现代紫菜人工育苗和栽培的大门,并逐步形成了规模巨大的紫菜人工栽培产业。1950-1958 年,浙江、福建和广东等省开展了以自然附苗为主的实验,创造了浮动式竹帘栽培坛紫菜的方法。1964 年,由国家科委水产组和水产部(现在的农业部渔业局)领导的黄海水产研究所、中国科学院海洋研究所、福建省水产研究所、福建省晋江紫菜试验场等 12 个单位的科研人员参加的“紫菜歼灭战小组”宣告成立,1964-1969 年在福建沿海现场开展了坛紫菜人工育苗与栽培的攻关实验研究,主要进行了野生紫菜的生态调查和丝状体生长发育同环境的关系、壳孢子成熟、放散、附着等实验生态学的系统研究,解决了坛紫菜丝状体大面积培养、叶状体半人工与全人工采苗栽培的整套技术措施,将坛紫菜的苗种生产提高到了全人工控制的水平。在生产上推广后,在南方沿海形成了大批量育苗室网点,同时将菜坛式附礁生产推进到了网帘式半浮动式生产,扩大了可养水域,取得了坛紫菜半人工与全人工育苗、栽培的成功。

坛紫菜产业现状和栽培区域：

从上世纪 60 年代全人工育苗和半浮动筏式栽培技术取得成功以来,坛紫菜的栽培生产经历了提供沿海居民生产就业途径、保障从业区域民众生活的初步开发阶段,提高从业区域经济发展水平、丰富优良海洋食品供应、农(渔)业产业结构调整等的发展阶段,直至进入当今发展沿海特色产业、增加出口创汇、建

设具有现代沿海农（渔）业特点的链式产业时期。目前我国坛紫菜产区主要分布在福建、浙江南部和广东北部沿海，栽培面积约 46 万亩，年产量超过 10.5 万吨干品，占全国紫菜总产量的 75%以上（中国渔业统计年鉴，2017）。近年来，坛紫菜在江苏沿海的栽培面积也呈逐年扩大的趋势，据不完全统计，2016 年江苏沿海的坛紫菜栽培面积近 8 万亩。经过近半个世纪的发展，我国已经形成苗种培育、海区栽培、加工、贸易、旅游休闲配套齐全的产业，仅福建省 2016 年整个坛紫菜产业链的总产值就接近 100 亿元，从事坛紫菜生产的人员超过 10 万人。新世纪以来，伴随着新品种和栽培新技术的推广应用，我国的坛紫菜产业快速发展，取得了令人瞩目的成绩，但目前产业链中仍然存在野生资源被严重破坏、良种覆盖率低、栽培生产无序、生产技术水平落后、加工粗放、产品单一、能耗高等诸多问题，还有很大的提升空间。

坛紫菜的采收、加工与产品形式：

紫菜细胞内，伴随着潮汐变化，物质经常不断地发生变化，一天之内也有一定的周期性变化，含水量和呈味氨基酸含量在明期和暗期也有很大差异。据报道，紫菜在黎明前采收，味道最好，现在一般认为坛紫菜的最佳采收时间在上午，这样当天就可以完成加工，保证紫菜质量；应尽量避免下午采收，第二天加工。为了便于后期加工，采收紫菜的时候还要密切关注天气，晴天可以多收，阴雨天少收，大风前要及时抢收，收获的紫菜如果不能及时加工，应用干净的海水将原藻洗净，沥干水，放置于通风处阴干，等待天气晴朗时再加工。采摘回来的坛紫菜应在 24 h 内完成加工或是冷藏保鲜，切勿带水堆放，以免引起紫菜腐烂、变质，影响紫菜质量。采收方式以手工采收为主，近年来机械采收也在生产上逐步推广。

头水（第一次采收）坛紫菜藻体薄，蛋白质、氨基酸含量高，纤维素含量低，口感和风味最好，价格也最贵；随着采收次数的增加，藻体变厚，蛋白质、氨基酸含量降低，品质逐渐变差。坛紫菜产品基本上都是内销，加工成品较为单一，多为直径 20 cm 的圆饼菜和长 30~50 cm 的方饼菜，加工方法基本采用手工操作或半自动机械加工，加工工序大致可分为：洗菜、制菜饼、干燥、包装与保存等几个环节。也有少数坛紫菜进一步加工成调味烤紫菜、海苔片、紫菜酥、火锅紫菜等。但是，作为休闲食品，紫菜产品的销售价格较高，大部分消费群体难以接受；而且消费者购买坛紫菜主要用于煮汤，用量小，导致市场消费需求不高。因此，研发生产适合国内居民消费水平和饮食习惯的坛紫菜产品，并按原藻的级别和功能进行细化和分割，生产出更多满足消费者个性化需求的产品，是今后我国坛紫菜产业提升产业产值，打开国内市场的重要方向。



岩礁上生长的野生坛紫菜



古代壁画中描述紫菜采收和晾晒的场景



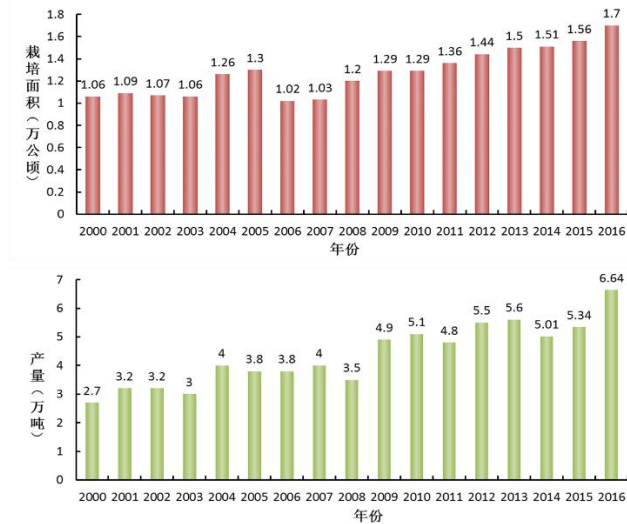
渔民采用简单工具和石灰水清除岩礁上的杂藻及野贝来增殖紫菜



坛紫菜育苗室和立体吊挂育苗



坛紫菜海上规模化栽培



福建省坛紫菜栽培面积 (上图) 及产量 (下图)
(中国渔业统计年鉴)



坛紫菜加工产品

6、我国的江蓠产业

江蓠栽培简短历史:

江蓠在我国的人工栽培可追溯至上世纪 50 年代, 从无至有发展迅速, 70 年代探索出江蓠的半人工育苗技术和网帘夹苗栽培, 80 年代全浮筏栽培技术的成功应用, 极大促进江蓠栽培发展。

我国江蓠栽培主要的是龙须菜, 龙须菜种属地位曾一直存在争议, 但近年来分子生物学的证据一致表明龙须菜应归属 *Gracilarariopsis*。龙须菜在我国悠久的海藻栽培历史中留下了浓墨重彩的一笔, 成为江蓠栽培产业化中规模最大且栽培最为成功的物种, 历史的传承保留了龙须菜作为江蓠属物种的认知, 其也成为“江蓠属”中较为特殊的物种。

栽培龙须菜已初步实现良种化。迄今为止, 我国成功选育的龙须菜国家级水

产品种已有 3 个，分别为：1998 年审定通过的龙须菜“981”，2014 年审定通过的龙须菜“2007”和 2015 年审定通过的龙须菜“鲁龙 1 号”。三个品种均以 DNA 序列的非定向改变为基础，并通过人工选育，筛选出性状优良且遗传稳定的四分孢子体作为良种，其在生长、抗逆等经济性性状上的表现，成为规模化栽培的首选。

目前龙须菜的栽培主要基于营养繁殖，通过藻段夹苗、水平挂养，采用“全浮筏式”栽培技术，栽培遍布我国各大沿海城市（海南岛除外），且基于有性生殖，通过采孢子育苗进行龙须菜栽培的方式也在逐步探索发展，相关研究已有报道并在小规模范围内试验成功。龙须菜在北方较为适宜栽培时间为 5 月中下旬-11 月中旬，在南方是当年 11 月中旬至次年 5 月中旬，其一直面临着北方不能度冬、南方不能度夏的问题，因此长期以来形成了“南用北调”、“北用南调”的南北互调种苗的格局。

江蓠栽培规模现状：

2003 年，江蓠栽培的规模及年产量数据被收录至《中国渔业统计年鉴》（农业部渔业局，2004-2015），统计表明：2003 至 2014 年全国江蓠栽培规模及产量呈整体上升趋势，尤其是 2010 年以后线性趋势更为明显，累计栽培面积及产量分别为 75,007 公顷和 1,654,119 吨；栽培规模超过 5 千公顷的年份有 10 个，面积最低值出现在 2007 年仅有 3,830 公顷，比 2003 年减少~11%，面积最高值出现在 2014 年，高达 9,697 公顷，预计未来两年栽培规模将突破 10,000 公顷；栽培年产量~10 万吨以上的年份有 10 个，产量最低值为 2003 年，~50,536 吨，仅占 2014 年产量的 19%，自 2013 年我国江蓠年产量突破 20 万吨，发展前景看好。

江蓠栽培地域：

《中国渔业统计年鉴》（农业部渔业局，2004-2015）数据显示：我国江蓠的人工栽培主要集中在南方，北方相对较少，其中产量和栽培规模较大的省份是广东、福建和海南岛；近年来，由于龙须菜“北移度夏”的栽培需要，自 2013 年山东省江蓠栽培也开始占有较大份额，成为江蓠栽培大省。海南省与广东省江蓠栽培面积多年来保持在较为平稳的水平，分别为~550 公顷和~2 千公顷；福建省江蓠栽培规模发展迅速，呈逐年上升的趋势，且增幅显著，至 2014 年规模发展至 6,237 公顷；福建、山东、广东和海南岛四省江蓠栽培总面积占全国的 99.7%，沿我国海岸线，栽培分布具有明显不均衡性（图 3）。2003 年江蓠的产量以广东和海南省为主，两省栽培产量占全国 87%；福建省自 2004 年开始大面积栽培江蓠，产量逐年提高，至 2014 年产量突破 13.7 万吨，是 2003 年全国江蓠总产量的 2.7 倍；作为江蓠主产地，2014 年福建、广东、山东和海南四省江蓠总产量占全国 99.4%。

江蓠产品形式：

江蓠主要作为提取琼胶的原料，部分江蓠鲜藻在养殖地区作为海洋蔬菜食用，也有少量江蓠经过除杂、干制、包装加工成“海发菜”，但基本未形成商品化产品。因此，琼胶是江蓠加工的代表性产品，琼胶有琼胶粉和琼胶条两种形式。中国琼胶生产规模大，中国养殖江蓠已无法满足国内加工厂的需求，每年需要从印度尼西亚等东南亚国家进口大量江蓠原料。

琼胶生产企业大约有 30 多家，主要集中在广东、福建、山东、海南等省。2016 年，中国琼胶产量近 2 万吨，占世界产量的 65%以上，产值约 3.6 亿美元，

出口琼胶 5500 吨，出口金额 8110 万美元。我国琼胶加工产业的发展，对江蓐养殖及其相关产业的发展起到很大的促进作用。

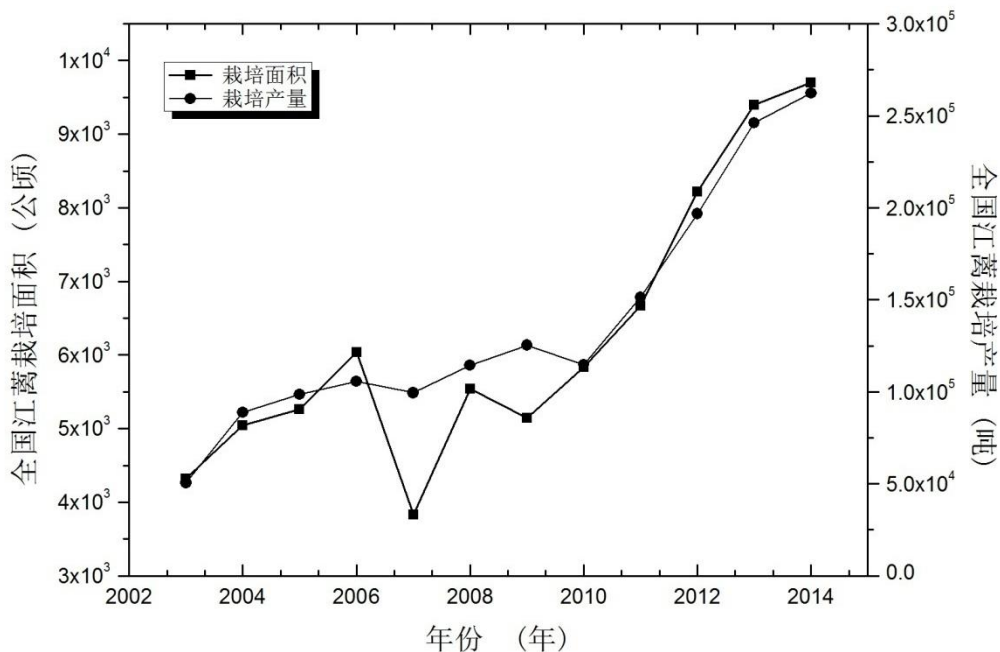
江蓐加工方式：

琼胶加工方式已向节能减排、机械自动化和海藻原料综合利用方向发展。随着琼胶品质要求、生产产能、经济效益和环境保护要求的提高，琼胶加工工艺和技术也不断提高。目前，我国大型琼胶加工企业已完成了小作坊式的生产工艺和设备更新换代，采用了中碱、机械或半机械化生产，并自建污水处理厂，改变了设备陈旧、效率低下、劳动强度和污染大等问题，基本实现了生产连续化、自动化、琼胶品质和安全性也有大幅提高，产品标准均达到或超过国际标准。

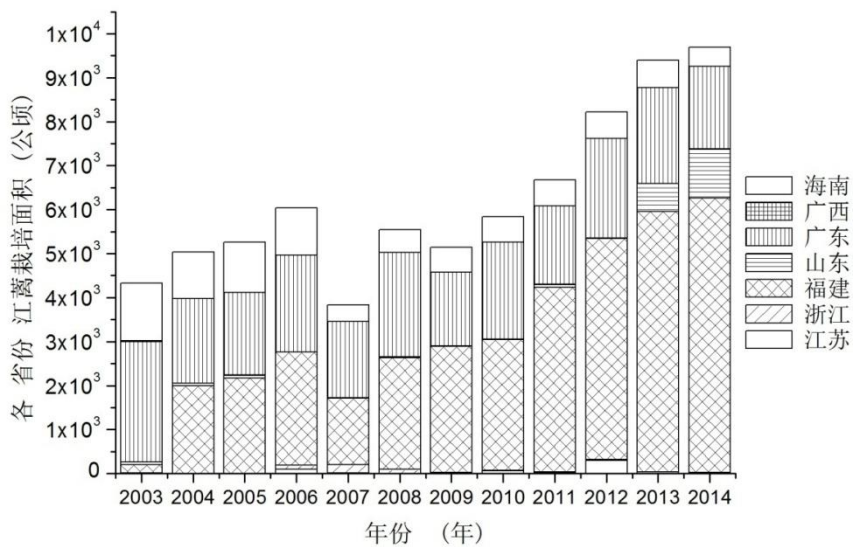
目前，广东和福建省的大型琼胶厂主要优化了江蓐的碱处理工艺，升级了机械自动化生产设备，回收并利用海藻副产物。碱处理工艺，采用了中碱中温法或中碱常温法，可使碱液得到循环利，降低了碱液消耗和化学排放，同时也节省了能源消耗；海藻化学处理后的废水通过污水处理系统，部分得到重复利用，降低加工用水量；琼胶凝胶工艺采用机械自动预凝胶技术、凝胶脱水采用程控自动压榨脱水法、干燥工艺采用封闭干燥设备；对生产琼胶后产生的主要副产物藻渣进行回收利用，研制成海藻肥或藻渣纤维。通过工艺改进和机械自动化设备的应用，有效提高了生产效率和产品品质，减少人力、生产空间和加工废弃物的排放，逐渐向现代海藻加工方向发展。



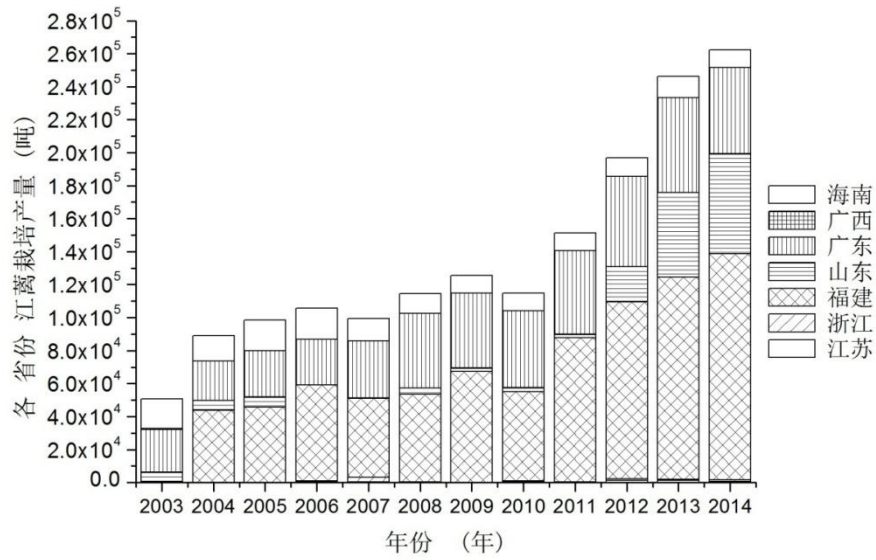
龙须菜“981”（左）、“2007”（中）和“鲁龙 1 号”（右）



2003-2014 年我国江蓠栽培规模及产量变化趋势
(中国渔业统计年鉴)



2003-2014 年我国江蓠栽培规模各省份分布情况
(中国渔业统计年鉴)



我国江蓠栽培产量各省份分布情况
(中国渔业统计年鉴)



琼胶粉

琼胶条

琼胶产品形式



煮胶



精滤



凝胶



脱水

琼胶加工过程

7、我国的淡水微藻产业

微藻种类繁多，其细胞代谢产生的多糖、蛋白质、色素、酯类等，在食品、医药、基因工程、液体燃料等领域具有很好的开发前景。我国的微藻开发应用最早追溯到上世纪五六十年代，经过半个世纪的发展，以螺旋藻为代表的淡水微藻产业化在我国兴起和发展壮大，我国微藻养殖产量已达全球的三分之二，从单一的螺旋藻产业，已经发展成集螺旋藻、小球藻和雨生红球藻“三驾马车”并步发展的趋势，同时其它多种微藻业务逐渐出现，呈现多元化发展的格局。多种微藻已被列入我国新资源食品和普通食品行列。下面着重介绍我国螺旋藻、小球藻、雨生红球藻三大微藻产业发展概况。

表 1 中国卫生部批准的新资源食品的微藻名单

藻种	批准年份	批准文件	纳入
螺旋藻	1990	--	新资源食品
杜氏盐藻	2009	2009 年第 18 号公告	新资源食品
雨生红球藻	2010	2010 年第 17 号公告	新资源食品
小球藻	2012	2012 年第 19 号公告	新资源食品
裸藻	2013	2013 年第 10 号公告	新资源食品
螺旋藻	2004	2004 年第 17 号公告	普通食品

螺旋藻产业发展概况：

自上世纪 70 年代我国引入螺旋藻研究后，螺旋藻先后被列入“七五”“八五”科技攻关项目和国家“火炬计划”“重大星火计划项目”，90 年代起，我国的螺旋藻养殖业逐渐兴起。1990 年 3 月 24 日国家卫生部批准螺旋藻可作为新资源食品。经过近三十年的发展，螺旋藻养殖业已经成为我国最重要的微藻产业，据不完全统计，我国目前有螺旋藻养殖基地 60 余家，养殖面积约 7500000 平方米，

年产量 11000 吨，年产值估计超过 40 亿。我国的螺旋藻产业发展迅速，从南到北，在海南、福建、广西、江苏、内蒙等省建立和发展螺旋藻养殖技术产业，生产规模以内蒙古和云南省居多，分别占比 28.5%和 24.5%。内蒙古的鄂尔多斯螺旋藻产业园为全国最大的螺旋藻产业基地，藻粉产量居全国之首。云南依托程海湖独特的地理资源条件，发展了一大批螺旋藻生产厂家，如绿 A、程海保尔等，其中绿 A 目前螺旋藻的年产量可达 3000 吨。而江苏赐百年生物工程有限公司是位于我国中部的一家集螺旋藻研究、开发和养殖的大型企业，年产螺旋藻粉 600 余吨。此外福清新大泽螺旋藻有限公司、海南迪爱生微藻有限公司等也都是我国重要的螺旋藻养殖研发基地。目前生产的螺旋藻仍以螺旋藻藻粉作为主要销售的主打类型，占据市场的 70%以上，但近年来螺旋藻在保健品、化妆品、护肤品和食品工业中的比重也在逐步上升，主要产品包括螺旋藻藻片、螺旋藻胶囊、藻胆蛋白、螺旋藻面条、饼干以及螺旋藻精油皂等。

小球藻产业发展概况：

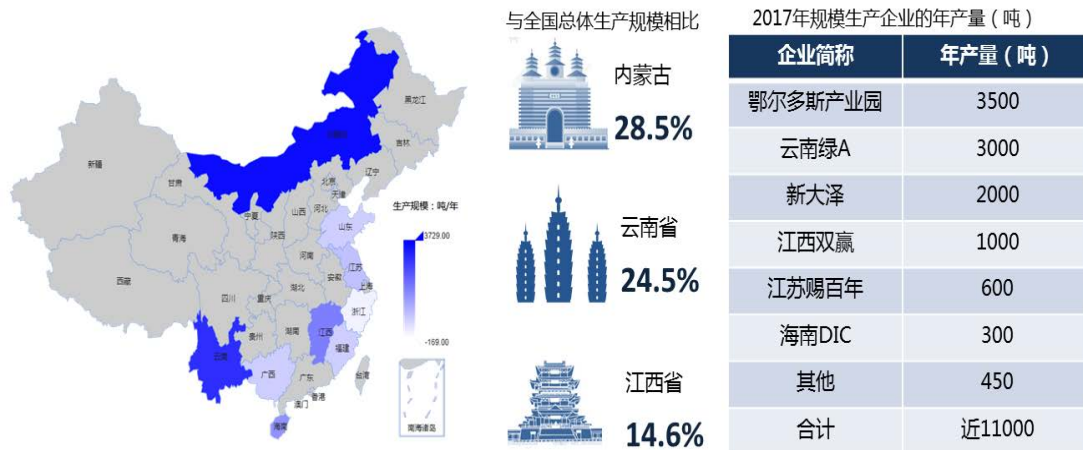
小球藻产业化生产最早可以追溯到二十世纪五六十年代。当时由于世界性的食物短缺日益严重，单细胞蛋白的开发被认为是一个有前景的解决蛋白源缺乏的途径。小球藻的培养及营养价值的研究列入重点研发行列，并成功研制出了“高蛋白食品”小球藻饼干等。这也是我国小球藻研发产业的雏形。2012 年，小球藻被国家卫生部批准为新资源食品。经过数十年的发展，我国的小球藻产业已具有一定规模。从地域分布上看，小球藻生产企业主要分布于东南沿岸、华东及内蒙古等地，生产规模以台湾地区及江西省居多，分别占比 43.1%和 21.6%。大陆地区的产量已近 3000 吨。大陆地区的小球藻生产已形成了内蒙、广东和福建、江西和山东等地的格局。从 2010 年以来，我国小球藻行业运行态势良好，市场需求量增长至 1580 吨，市场规模已增长至 2.0 亿元。主要产品以小球藻粉为主，占据销售市场的 78%以上，而其它形式的产品如小球藻压片、小球藻口服液以及小球藻提取物等比重逐渐上升。

雨生红球藻产业发展概况：

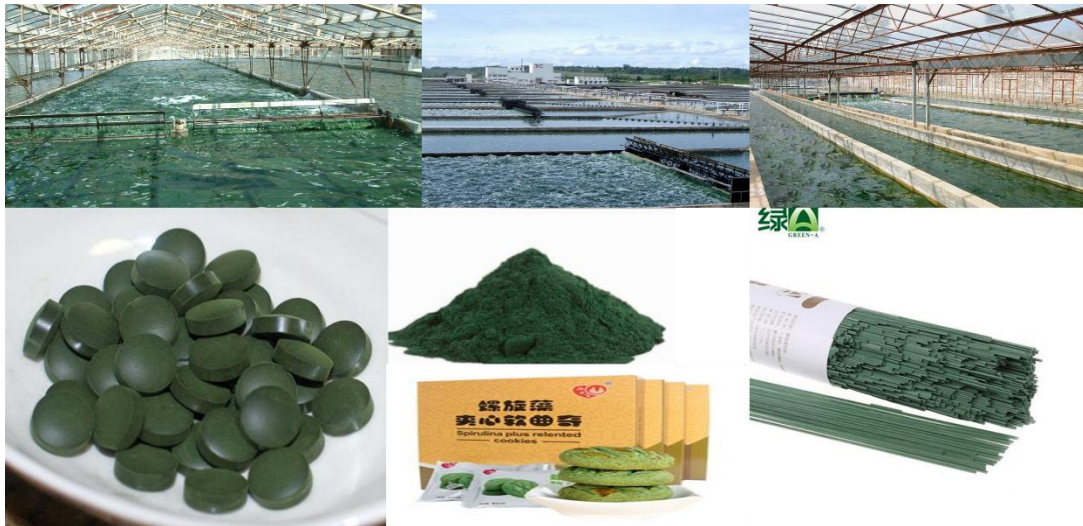
雨生红球藻的经济价值早被人们认识，但其产业化相对较晚。20 世纪末，红球藻通过 FDA 认证可以作为水产养殖的颜色添加剂。20 世纪 90 年代，雨生红球藻开始在中国规模化培养。2010 年 11 月 11 日，雨生红球藻被国家卫生部批准为新资源食品。经过近十年的发展，雨生红球藻养殖业已经成为我国重要微藻产业之一，仅次于螺旋藻、小球藻。我国目前的雨生红球藻养殖企业已超过 20 多家，总养殖面积超过 1000000m²，年产雨生红球藻粉 800 吨，预计年产值超过 10 亿。我国的红球藻生产企业主要聚集于云南，其生产规模占全国总体生产规模 75%。北京绿色金可公司在云南设立的云彩金可、云南爱尔发生物技术股份有限公司、云南绿 A 生物工程有限公司、昆明白鸥微藻技术有限公司等都是我国红球藻生产的重要企业。红球藻在市场上除了以藻粉形式进行提供，其产品还是较为多样化，如保健品的软胶囊，用于化妆品和护肤品行业，如抗氧化的柔肤水、精华液、滋养霜等，此外也用于饲料中。

以上着重介绍了我国的淡水微藻产业的简短历史、规模、养殖地域和产品形式等情况，文中有些资料来源于调研或个别交流，可能有不准确之处。需要指出的是，我们淡水微藻产业的发展，得益于国家对该产业的重视，得益于科技人员深入基层与企业合作推进。近年来，微藻产业的进一步发展也面临新的挑战：包

括如何扩大产能、如何引导消费者的需求，如何提升行业的整体水平等等。



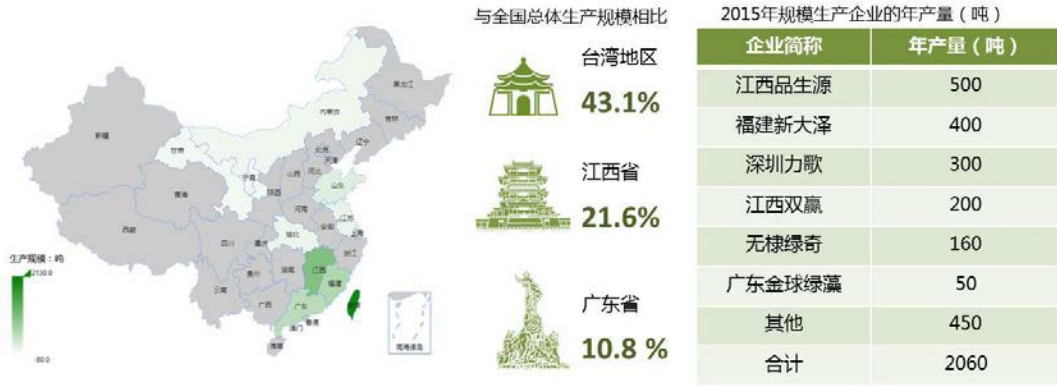
螺旋藻企业在国内的分布及产量



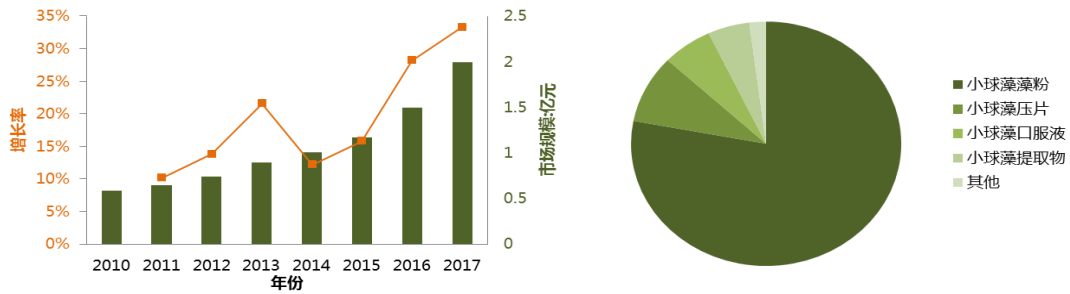
螺旋藻养殖及主要产品形式



中国科学院水生生物研究所 60 年代培养的小球藻 (左); 生产的小球藻饼干和糖果 (右)



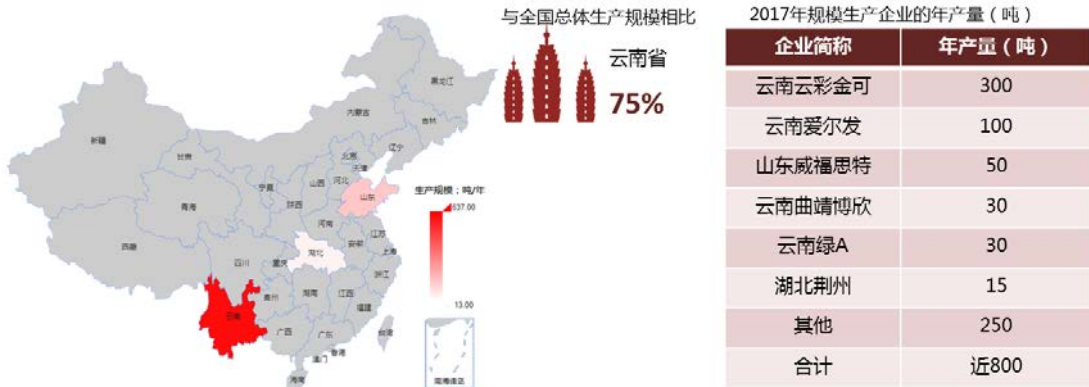
小球藻企业在我国的分布及产量



小球藻的市场需求及产品形式



小球藻的养殖方式及主要产品形式



雨生红球藻企业在中国的分布与产量



雨生红球藻养殖及主要产品形式

8、藻类栽培的病害问题

我国海藻栽培品种主要有海带、紫菜、江蓠、裙带菜、麒麟菜、石花菜、鼠尾藻、礁膜等，以海带、紫菜的栽培产量最大。由于养殖面积和密度无序增加、养殖环境污染等原因，藻类栽培的频繁发生，造成产量和品质严重下降，极大地影响了藻类产业的高质量发展。总体上，藻类病害研究历史不长、相关研究资料较少，主要集中于栽培产量较大、经济价值较高的海带、紫菜等少数种类上。

海带病害：

海带是我国海水养殖的重要经济藻类，在育苗期间和养成期间均有病害发生。育苗期间的病害分两类：①传染性病害，有脱苗与烂苗、幼体畸形病、幼孢子体畸形分裂症、②生理性病害，有幼孢子体绿烂病、幼苗白尖病、变形烂。当藻类处于不合适的温度、光照、营养、水质等环境时，容易发生生理性病害，通常在生理性病害发生后，容易发生微生物引起的传染性病害，加重了病害的损失。褐藻酸降解菌是一类能够降解褐藻酸、以褐藻糖胶和海带多糖为

营养物质的海洋细菌，常从溃烂的海带中分离得到，被认为是侵染海带的病原。研究人员已从海带中分离得到了多种细菌具有褐藻酸降解能力，包括假交替单胞菌(*Pseudoalteromonas* sp.)、交替单胞菌(*Alteromonas* sp.)、黄杆菌(*Flavobacterium* sp.)、弧菌(*Vibrio* sp.)、糖嗜胞菌(*Saccharophagus* sp.)等，通过实验室人工感染实验，证明了这些褐藻酸降解菌都可以不同程度地引起海带发病。

海带育苗周期比较长(通常为2-3月)，幼苗抗病能力较弱，病害发生也较频繁，脱苗、烂苗、白尖病成为危害海带育苗最严重的病害。病害防控的措施，首选要改善育苗环境，根据不同的生长阶段提供合适的温度、光照、营养，保持水质的清洁；此外要探明病害成因，明确生理性病害还是微生物引起的病害，查明是否生理病害发生之后引发微生物病害；进而有针对性地建立病害监测机制，探索病害防治方法，提供可以在生产中实施的病控方案。

海带养成期的病虫害有绿烂病、白烂病、孔烂、柄粗叶卷病、叶片卷曲病、黑斑病、黄斑病、水虱病等；另外海上的海带经常遭受其他敌害生物的危害，如海鞘、石灰虫、苔藓、藻钩虾、麦杆虫等大量附着于藻体表面，严重影响海带的生长和品质。预防生理性病害的措施，通常采取早分苗、分大苗、加大伐距、流通透光、合理密植、调整养育水层、追施肥料、清除病烂海带等途径；预防微生物病害的措施，通常在海带苗下海前，用药物浸泡海带苗绳，在一定程度上可减少微生物、水虱和其他敌害生物的危害。

紫菜病害：

紫菜是我国海水养殖的另一个重要经济藻类，在育苗期的丝状体和养成期的叶状体有不同的病害发生。紫菜丝状体常见病可分为三类：①传染性病害，有黄斑病、泥红病、色圈病、白圈病和龟纹病；②生理性病害，有乙型泥红病、绿变病；③与贝壳质地有关的病害，有白雾病、沙皮病。目前黄斑病是危害育苗期丝状体最大的病害，该病害的病原种类还不明确。

紫菜叶状体病害分三类：①传染性病害，有赤腐病、拟油壶菌病、链格孢菌病、丝状细菌病、缩曲症、绿烂病、孔洞症、白腐病；②生理性病害，如色落症；③生物敌害，如硅藻、绿藻大量附着，造成成品价值下降；另外，黑鲷、黄鲷、海鲫、鲮鱼、篮子鱼等集群吞吃紫菜，造成紫菜产量损失。

目前赤腐病是对我国紫菜养成期危害最严重的病害之一，该病蔓延速度极快，在适宜条件下，在一周之内导致整个紫菜网帘变成空帘。赤腐病的病原属于卵菌(Oomycetes)，为腐霉属(*Pythium*)成员，日本和韩国学者报道了两种腐霉(*P. porphyrae* 和 *P. chondricola*)。中国藻类体系病害防控研究室的研究表明，近期在山东日照、江苏连云港大面积暴发的条斑紫菜赤腐病的病原为 *P. chondricola*。

拟油壶菌病是另一种对我国养成期紫菜影响较大的病害，该病的病原也属于卵菌，由拟油壶菌(*Olpdiopsis*)引起。该菌为内寄生菌，侵染紫菜产生黄绿色、淡黄色病斑，引起叶状体溃烂，最终导致紫菜空帘。我国学者报道了腐霉和拟油壶菌可同时侵染条斑紫菜的事件，在流行病学调查中，我们在江苏栽培的条斑紫菜中也发现了腐霉和拟油壶菌共感染的病例。

为减少养成期的病害，一般通过选择海水交换充足海区、减少密度、增加干露时间、网帘适时冷藏、及时施肥等方法；另外，根据病原的生理特性选择特殊的病害防治措施，如通过酸洗治疗赤腐病，通过碱洗去除硅藻。

其他藻类栽培病害：

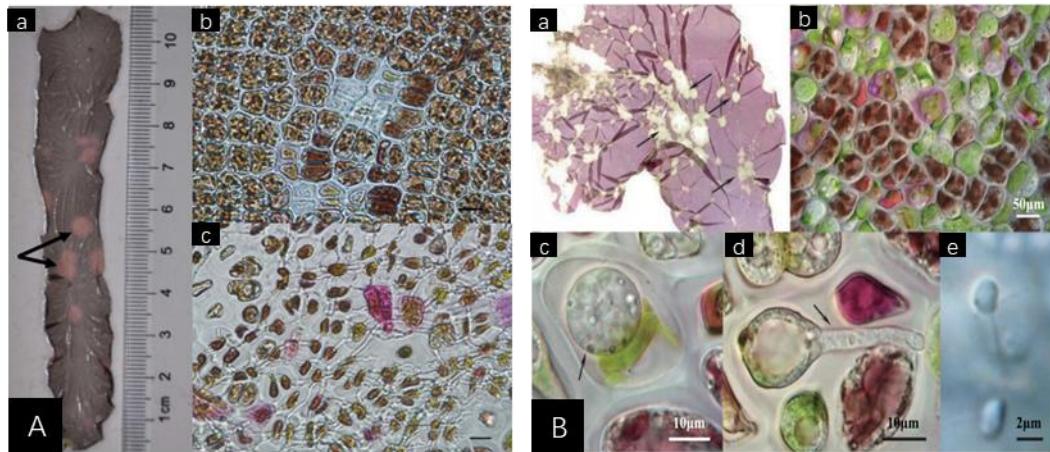
江蓐、麒麟菜、羊栖菜、礁膜、石花菜等是经济价值较高的海藻，在栽培期间主要遭受各种敌害生物的侵扰，主要有杂食性鱼类、甲壳动物、多毛类动物、杂藻等。如蓝子鱼以江蓐为食物，大量吞食江蓐，藻钩虾和团水虱等甲壳动物吞食江蓐藻体的嫩芽，不仅影响江蓐的正常生长，还使江蓐的伤口发生溃疡而大量脱落，造成江蓐减产、失收；此外，浒苔、刚毛藻、多管藻等杂藻与江蓐竞争营养盐和空间，影响江蓐的生长。

在麒麟菜栽培过程中，除了杂藻和食草动物的侵害，冰样化疾病是主要的病害。造成该病的主要原因是不合适的温度、光照强度和盐度等生态条件。另外，日本学者发现某些细菌，如藻胶弧菌的感染会引发冰样化疾病。针对冰样化疾病发病的原因，在栽培过程中要注意保持生态条件的适宜和稳定。



海带病害

(A) 幼体烂苗 (红色箭头指示); (B)幼体畸形病 (红色箭头指示畸形幼体); (C) 成体孔烂病 (红色箭头指示病烂部位)。



紫菜病害

A 赤腐病症状 (Qiu et al.,2018)。(a) 患病紫菜叶片上可见明显的红色斑点(箭头所示)；

(b&c) 患病紫菜细胞被紫菜腐霉菌丝穿过，部分细胞红色素溶出；

B 拟油壶菌典型症状(Kim et al., 2014)。(a) 拟油壶菌侵染紫菜叶片(箭头所示为侵染形成的烂斑)；(b) 紫菜细胞内包含大量拟油壶菌游动孢子囊；(c) 拟油壶菌寄生于紫菜细胞内(箭头所示)；(d) 成熟游动孢子囊形成释放管向细胞外释放游动孢子(箭头所示)；(e) 拟油壶菌

双鞭毛游动孢子。(标尺为 10μm。)

9、藻类养殖模式

海藻栽培历史:

海藻栽培是大量获得海藻产品的有效手段,在生产过程中,人们逐渐认识到增加海藻附着基可以提高海藻的产量,因而出现了人工投石,绑苗投石、采苗沉筐等原始的海藻栽培方法。现代海藻栽培业是在 20 世纪中叶才开始形成和发展起来的,在藻类生活史、栽培生物学研究基础上,结合应用海洋、水文、气象及海洋工程等方面的知识,经过大量的试验研究进入了实用化,发展历史虽不长,但发展速度快,产生的经济和社会效益巨大。

藻类养殖模式及现状:

基于海藻栽培的地理位置及栽培技术,可将大型海藻栽培简单区分为潮间带养殖、浅海筏式养殖及离岸式养殖三种。

潮间带养殖

针对潮间带自然生长的大型藻类,利用其生活习性研发的适合其生长的养殖模式,主要包括支柱式栽培,半浮动筏式栽培及全浮动筏式栽培。这三种栽培模式设置的核心均是可提供藻体干露与海水浸没两种不同的环境条件,以达到杀灭其它附生藻类及清除污损生物的目的。

支柱式栽培法:这种模式是在半浮动筏式的基础之上发展出来的一种新型的栽培方式,适合在不能干露的海区栽培潮间带海藻。将较长的支柱(竹杆或玻璃钢撑杆)插入海底构建生产单元,支柱间以缆绳连接。苗帘水平张挂于缆绳,其高度可通过支柱上的高度调节绳进行调节,在需要干出时使网帘悬于水面,不干出时网帘浮于水面。这种方式可依据生产实际情况的需要,人为调节网帘干出时间,使得藻体具有更长的生长时间,在冬季有短期冰冻的海区,还可通过降低网帘高度至水面以下的方法渡过冰冻期。属于紫菜等潮间带海藻栽培的较为理想的一种模式。

半浮动筏式栽培法:在所栽培海区,根据当地潮差,选择潮间带合适的地点,通过在海区设置橛缆,沿与涨落潮方向垂直的方向设置木桩或竹杆作为支柱,支柱间以粗的纜绳相连,长方形苗帘张挂于支柱的纜绳上。涨潮时,整个苗帘漂浮在海面上,落潮时,网帘露出水面,借助网帘下设置的支腿站立在海滩上。由于网帘低潮时能干出,因而硅藻等杂藻不易生长,而高潮时,网帘浮于水面,故能接受更多的阳光,藻类生长也较快。是目前辐射沙洲紫菜、红毛菜生产最常使用的一种栽培模式。

全浮动筏式栽培法:通常设置在不能干露的较为开阔的海域,采用藻类筏式养殖类似的方法,通过浮桶的设置,使得网帘在正常情况下浮于水面,如将阀架水平翻转,则可使得苗帘位于浮桶之上而被托出水面,达到干露的效果。这种方法在韩国的紫菜栽培中被广泛应用。

浅海筏式养殖

浅海筏式养殖是伴随我国海藻养殖的发展而逐渐成熟的一种养殖模式。浮筏是主要的养殖设施。浮筏包括浮纜、橛缆、苗绳和橛子等,通过橛子固定筏身,浮梗和橛缆的直径可根据海区风浪大小而定。海带筏式养殖技术的完善与成熟,引领了我国第一次海水养殖热潮,带动了整个沿海渔业经济发展。目前,我国大

多数海藻的栽培或多或少具有筏式养殖的特点，包括海带、紫菜、裙带菜、羊栖菜及龙须菜等。

离岸式养殖

在水产养殖领域，目前国内外对“离岸水产养殖”尚未有明确、统一的定义。在海水养殖初期，养殖活动大多集中在内湾或近岸浅水区，随着养殖规模不断扩大、养殖技术持续发展，海水养殖活动不断向离岸、开放的深水区发展，人们为区别二者，遂将内湾和离岸较近的养殖活动称为“近岸水产养殖”（inshore aquaculture）或“浅海养殖”，将距岸较远、开放深水区的养殖活动称为“离岸水产养殖”（offshore aquaculture）或“深远海养殖”。目前，二者没有明确的区分界线，只是相对的两个概念。美国把离岸水产养殖作为一种泛指在“近岸”（inshore）之外、200 海里专属经济区（EEZ）水域范围之内的养殖活动（U.S. Department of Commerce, NOAA）。欧洲也把“离岸水产养殖”（offshore aquaculture）称为“开放海域水产养殖”（Aquaculture in the open sea/ocean）。结合我国水产养殖的实际情况，可根据养殖区的离岸距离和水深来界定离岸养殖，即养殖海区的离岸最短距离大于 6 海里或水深大于 20 米的，定义为离岸养殖。

海藻栽培现状及发展方向：

目前海藻栽培大多采取单养的方式，单养的优势在于便于管理和收获，但容易造成养殖水体的资源浪费。由于单品种的养殖过分强调单一生物因子，容易导致养殖水体的物种组成失衡，物质和能量的转化效率较低；另一方面，我国海水养殖发达，随着养殖规模扩大，近岸养殖密度增加，病害频发，养殖效益降低，这不仅表现在海水经济动物的养殖，海藻栽培业也出现同样的情况。这些固有的缺陷，将导致海藻单养不再是主流方向。同时，政府为加强海洋生态保护与修复而提出的相关政策法规，也驱动了海藻养殖向更加环保高效的方向发展。

多营养层次综合养殖是逐渐兴起的一种养殖模式。其理论基础在于：由不同营养级生物组成的综合养殖系统中，投饵性养殖单元（如鱼、虾类）产生的残饵、粪便、营养盐等有机或无机物质成为其他类型养殖单元（如滤食性贝类、大型藻类、腐食性生物）的食物或营养物质来源，将系统内多余的物质转化到养殖生物体内，达到系统内物质的有效循环利用，在减轻养殖对环境压力的同时，提高养殖品种的多样性和经济效益，促进养殖产业的可持续发展。而随着化学纤维绳（聚乙烯绳、聚丙烯绳等）的应用和普及，以及养殖技术的成熟和优化，已为海藻养殖向离岸方向发展提供了物质和技术保障。

海藻栽培发展对策分析：

离岸深水区的高海况条件对传统养殖浮筏的安全性提出了严峻挑战，大风浪会造成拔槓、断绳、苗绳缠绕等灾害，严重影响海带的养殖生产活动。故此，需进一步研发新型绳索材料，进一步开展筏架结构与布设优化、养殖筏架水动力学与安全性能等研究，开发安全、高效的离岸式海藻浮筏养殖设施。

我国从事海水养殖的人员严重短缺，且呈现老龄化趋势。为了保障我国水产养殖业的可持续发展，机械化和自动化作业迫在眉睫。如何进行海藻养殖技术的改进和标准化，直接决定了机械化的设计和应用。下一步需要明确海藻和海水经济动物筏式养殖的标准化模式与技术的方案，按照标准化技术方案对传统养殖筏架进行升级改造，推动我国高效生态养殖可持续发展。



A 支柱式栽培法； B 半浮动筏式栽培法； C 全浮动筏式栽培法



海藻浅海筏式养殖

10、我国海藻收割情况现状和机械化研发进展

我国海藻收割情况现状及采收流程：

我国是海带养殖第一大生产国，占世界海藻产量的一半，海带养殖和加工为主的海藻产业也是山东等沿海渔业经济的支柱产业。而海带的采收是一项高强度的体力劳动，目前基本上都是采用人工完成。采收工要在凌晨一、二点钟进入采收区，人工摇动舢板进入筏架绳之间，将绑在筏架绳上的苗绳捞起，解开绳两端将苗绳及苗绳上的海带拖到舢板上，连接海底木桩的绳和浮球仍然留在养殖区，留给下次接种时继续使用。采收工需要控制舢板，不停地更换位置解绳子，然后将解下的带有苗绳的海带（每根约重 50 斤）拖拽到舢板上，舢板空间有限，需要不时回岸卸下采收的海带。远的采收区离卸货码头甚至超过 30 海里，有的舢板每天只能完成采收两次。舢板采收满后，用缆绳连接在一起，由带有动力的“拖头船”拉到码头，通过码头上的吊车吊到运输的拖拉机上，由拖拉机负责拉到指定地点晾晒。

机械化研发进展：

国内的一些研究机构之前也做过一些类似的海带采收设备的研制，由于海况和海带生长环境复杂，前期研发设备都没有能进入设备推广阶段。最具代表性的设备是链驱动式海带收割船，设备利用链轮勾住浮球拖动绳将海带苗绳拖入船舱，再利用两侧切刀将苗绳切断。由于海况复杂，瞬间受力大导致仅有 5mm 厚的 HDPE 浮球破损；切断后的苗绳不利于回收使用；且采收过程中两侧绳松紧不同导致船不正向行驶，至采收受阻等问题得不到解决，最终设备无法实现市场化。过去采收设备也为我们提供了宝贵的经验，我们研发的海带采收分切一体机在分析先前存在问题的基础上，与多年从事海带采收的试验站合作设计研发，对采收中遇到的筏架结构尺寸不标准；筏架生长野生藻类多导致影响设备采收使用；风浪及涌流影响船的行驶方向和采收的稳定性等问题从设计角度分析解决，采用稳定船体不进筏架，复制筏架拖拽式采收的方式，避免和解决海带筏式养殖现状而带来无法稳定采收的问题。在海带采收完成的同时进行海带分切分类，提高生产效率，降低了劳动成本。

2018 年 6 月 25 日复制筏架拖拽试验装备完成，进行首次海试，主要试验目的是为了验证复制筏架的可行性和降低劳动强度的问题。试验分别选择 15 根和 5 根苗绳复制扯拽，试验达到预期目标，全过程分别用时 22 分钟和 8 分钟，除挂钩解绳等轻微工作外其余所有动作都由设备完成，最大限度的减少劳动强度。因为采收时船体固定不动，采用筏架外拖拽采收，避免了海上种种环境因素导致的采收问题。采收完后的海带排列错落有序，无破损质量高证明此采收方式的合理性。

7 月 17 日复制筏架拖拽试验优化改进方案二次测试。此次测试的目的是验证较大风浪（试验为 6 级风）时采收的稳定性，解决海带离水时的阻力问题，采收后打包的合理性验证和复制筏架工艺流程效率等验证。分别进行了 20 根苗绳和 10 根苗绳的拖拽试验，确定了复制筏架海带不聚堆，间隔上船的方式，采用设备拖拽也可以实现网包打包，采用复制筏架拖拽采收可以实现较恶劣环境下的海带稳定采收。

复制筏架拖拽采收完成海带上船第一道工序，上船后将海带分切，海带的上半部分约 1.5~1.8 米为精华部分，用于制作附加值高的副食品，剩余的海带梢价

值低，一般用于饲料喂养鲍鱼、海参等海产品。采收过程直接分切可以提高劳动效率的同时，减容也提高了运输效率。设计方案经过3次大的优化修改后于5月17日定稿，功能样机加工完成，并于8月14日空载试验和8月17日功能测试，存在一些加工缺陷目前在进行返修优化，计划9月完成优化功能测试，12月完成整体海上模拟测试。



筏式海带养殖方式



海带人工采收方式



小舢板回岸卸货



码头吊运

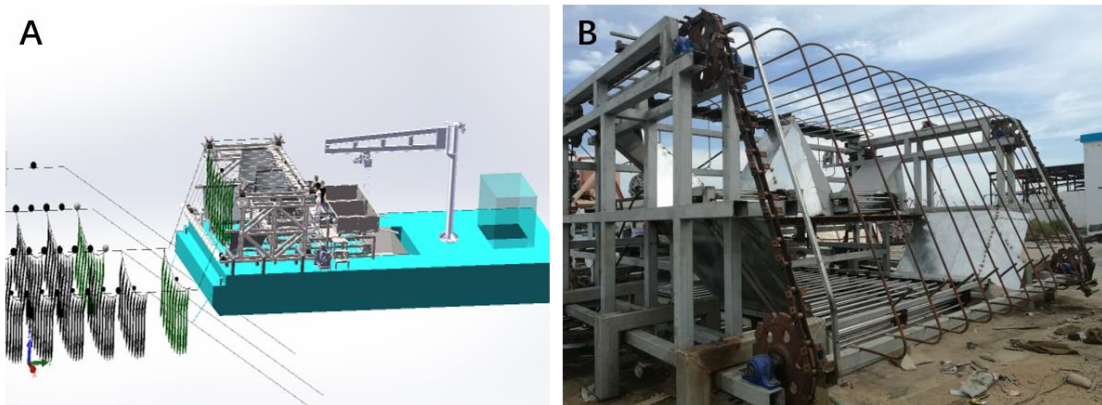
我国海藻收割情况现状及采收流程



链驱动式海带收割船



机械化研发进展



A 海带采收分切一体机设计方案；B 海带采收分切一体机样机

11、产业经济

藻类产业经济发展历程：

我国是藻类生产和消费大国。2015 年我国藻类产量为 210 万吨，大约占全球藻类总产量的 50%左右。我国藻类生产以海带、江蓠、裙带菜和紫菜为主，2015 年海带产量为 141 万吨，江蓠产量为 27 万吨，裙带菜产量为 19 万吨，紫菜产量为 12 万吨，四大主要产品产量占比达到 95%。福建省、山东省和辽宁省是我国藻类主产区，2015 年三个地区产量占比分别为 42%，31%和 16%，区域集中度高达 89%。近五年（2011-2016 年）我国藻类消费量年均增长率为 5%，2016 年藻类消费量达到 234 万吨。

从改革开放以来，我国藻类生产大约经历了三个阶段：

低端徘徊阶段（1978-1990年）。从生产规模来看，这一阶段我国藻类生产规模非常小，产量由1978年25.9万吨增长到1990年27.5万吨，增长缓慢，20多年里产量一直在30万吨以内徘徊。从生产装备来看，藻类生产的机械化程度很低，设备落后，基本以人工为主，科技含量不高。从种植品种来看，这一阶段海藻种植以海带为主，占海藻产量的95%左右，种植品种较为单一。

蓄势待发阶段（1991-2010年）。这一阶段藻类产量增长较快，由1991年的37.5万吨增长到2010年的157.9万吨，年均增长率达到8%。从藻类产区分布来看，低端徘徊期，藻类生产主要集中在山东和辽宁等低温海区，随着育种技术的升级，这一阶段我国藻类产区也开始向福建、广东、江苏、浙江和海南等温带和热带海区扩张，并且新产区的产量增长非常迅速，其中，江苏省成为全国紫菜的主要产区。与此同时，藻类加工业也得到了发展，海藻加工量由2003年的35.2万吨增长到2010年的94.6万吨。

快速发展阶段（2011-至今）。进入21世纪，我国藻类产业规模持续扩大，藻类产量由2011年163.9万吨增长到2015年212.4万吨，年均增长7%。其中，2014年产量达到203.8万吨，首次产量突破200万吨。藻类养殖技术也得到快速发展，从近海养殖向深海扩张。据有关数据统计，2011年我国从事藻类养殖的渔民达到30万户。从养殖品种来看，我国海藻产业形成了以海带为主，紫菜、裙带菜、江蓠等品种多元化发展的格局，并且海藻产业由养殖和加工向第三产业延续，海洋牧场、海洋餐饮业蓬勃发展。此外，海藻产业的科技含量也大大提高，海藻机械化收割机械在局部地区运用，运输设备动力显著提升，加工设施显著改善。

藻类产业发展现状：

新时代我国海藻产量全球第一，产业强国地位基本确定；产业布局从辽宁到海南，良性布局基本完成；有国家到地方的科研机构，科技支撑体系基本形成；2011年海藻食品市场容量达到110亿元，产品市场基本成熟；形成政府、企业、科研机构、行业机构等多元治理体系；海藻生产能力强大，已经到了提质增效的关口。具体来看，海藻产业呈现“六化”：

需求绿色化。海藻是海洋里的蔬菜，生产过程无污染，是绿色食品。根据课题组对全国503个消费者的调查结果显示，绿色、安全是消费者食用藻类产品的首要原因。74.3%的消费者认为海藻食品是安全和非常安全的，只有3.4%的消费者认为海藻产品可能存在安全隐患。

认知品牌化。品牌是产品质量的保障。调研数据显示，38.1%的消费者认为海藻产品缺乏可靠的品牌，这是他们不愿意购买海藻产品的主要原因之一。

竞争国际化。海藻产量主要包括捕捞量和养殖量。从捕捞量来看，本世纪初以来全球产量基本维持100多万吨/年。以2012年数据来看，智利捕捞量最多，达到43.9万吨，中国捕捞量为25.8万吨，占全球的23%，挪威捕捞量为14万吨。从养殖量来看，全球海藻养殖主要集中在亚洲，我国2012年的产量占全球的50%，其次是印度尼西亚，占全球种养殖量的30%，菲律宾、日本和韩国也是海藻的主要养殖国。

产品标准化。根据课题组调查数据显示，消费者认为海带、紫菜和裙带菜这三种常见藻类的包装为散装和筒包装的比例高达70%，海藻食品、食品包装以及海藻加工均需要标准化。日韩两国海藻食品以及包装有明确的行业标准，欧盟规定了海藻提取物列入新食品成分的具体标准。

作业机械化。当前我国海藻机械化程度仍然不高，尤其是海藻收割环节，以人工为主，一亩海带生产成本中人工成本占70%左右，尤其是收割环节人工短缺现象明显。而挪威的海藻机械化收割技术起步于1976年，一台具有3米长的铁排的机器，一天能收割150吨左右的海藻，而且主要收割长于20厘米的海藻，较短会被保留下继续生长。

科技市场化。海藻传统加工以制碘、甘露醇、褐藻胶、琼胶、卡拉胶为主，但是目前海藻加工已经扩展到食品、医药、化妆品等领域。海藻可以提取用于治疗肾病、心血管病的药物。此外，日本水产综合研究中心海藻提炼乙醇；西班牙用海藻炼油；美国蓝宝石从藻类提取的燃油外观呈绿色、成品的效果相当于“超洁净版本”汽油或柴油。

藻类产业未来发展的动能：

我国藻类产业发展面临科技投入不足、机械化程度低、纵向产业化发展不足、产品安全评价与标准化滞后等限制因素。同时，消费者对藻类产品营养认知不足、对品牌熟识度低、对产品包装满意度不高。因此，在供给侧结构改革背景下，振兴藻类产业需要以消费者需求为核心，产品定位中高端，走食品与非食品并重的道路，同时要认清三个短板，发挥五个支撑的作用，即一核、一端、两路、三个短板和五个支撑。

一核：以满足消费者需求为核心

藻类产业发展要以满足消费者需求为核心。在供给侧结构性改革背景下，要以消费者为王。防止出现消费者需要的我们不生产、消费者不需要的我们生产一大堆的结构错位难题。生产要瞄准消费者的需要，形成市场——产业的良性互动，让市场利润回流藻类产业，以充裕资金促进产业快速发展。把握消费者需求要做三件事：

一是应对消费升级，把营养、健康作为产业发展的根本方向。要时刻回答：我们的产业能为消费者的营养、健康诉求提供什么具体解决方案。消费者在食品产品无比丰富的市场中，选择我们产品的理由是不是充分，如何才能充分，要把为消费者服务进行到底。

二是做好藻类产品营养健康功能的权威认证。以科学的方式证明其营养、保健功能，最好在国家层面进行权威发布，并打通消费者了解藻类营养价值信息的渠道。一杯牛奶强壮一个民族，藻类产品也可以健康一个民族。

三是开发新时代消费群。80后、90后和00后消费群有不同产品需求、不同购买行为，他们是藻类产品潜在消费群体。要注重把电商和藻类产品嫁接起来。比如建立由藻类产品消费者组成的网络群体和网络虚拟社区，注意培养网络意见领袖，引导新时代消费群。

一端：产品定位为中高端

藻类产业是小产业，要诀是产品定位为中高端，“短小精悍”是中国藻类产业发展的秘密。产业发展有两种基本策略，一是围绕钱来做（以中高收入人群为目标顾客群），二是围绕人来做（以普通大众为目标顾客群）。小产业最好围绕钱来做，不能靠大路货赚取微薄利润。

两路：走食品和非食品并重的道路

一是食品之路。食品之路不能丢，这是藻类产业的基础。但同时要看到，食品之路短时间内大幅度扩展比较难，因为改变人们的饮食习惯、饮食文化比较难。要注重新的藻类食品开发，瞄准快速食品、零食、娱乐食品、运动食品市场，开发藻类的新型功能食品。

二是非食品之路（燃料、饲料、保健品、医药、化妆品等）。非食品之路发展潜力巨大，美国、日本、欧盟等发达国家均增加投入，研发藻类潜在价值、开发藻类新用途。我国是藻类生产与消费大国，有条件也有能力占据藻类非食品用途开发的制高点。

三个短板：认知不足、成本上升、品牌薄弱

藻类产业的短板较多，目前迫切需要解决的有以下三个：

一是认知不足：做好针对消费者的藻类产品宣传、广告、沟通，尤其要把藻类产品的特色与优势，比如营养丰富、天然绿色等讲清楚，培育庞大的藻类消费群。

二是成本上升：调研发现，藻类种植、生产环节机械化程度不高，劳动力成本上升推动生产成本上升，近年来藻类产品价格不理想，海带价格甚至明显下降，打击了藻类种植积极性。出路在于开展规模化生产经营，提高藻类产业的机械化水平，以先进技术和先进的生产经营方式降低生产成本。

三是品牌薄弱：目前藻类产业知名品牌不够。要注意打造藻类的地理标志品牌、区域品牌，提出各个地域的产品特色。品牌的要害是定位鲜明而且单一，实现与众不同。比如“王老吉”的定位是防止上火，因此某一藻类产品可明确定位为“防止白发”或者“降低血脂”，集中兵力打歼灭战，一个藻类产品聚焦一个核心点。此外，品牌培育起来后，要发挥藻类行业协会的功能，防止内部恶性竞争，共同维护品牌。

五个支撑：政府、科技、龙头企业、质量监控、新一代从业者

一是政府的支撑作用。相对弱小的藻类产业离不开政府支撑。但是，藻类要发挥政府的支撑作用，要害是突出藻类产业的“小中见大”。目前藻类产业的产值虽然不大，但是它的间接经济效益大，是涵养其他产业（如海洋养殖业、海产品深度加工业）的产业；它的生态效益大，是海洋生态的保护者；它的发展潜力大，是 21 世纪的朝阳产业。在争取政府扶持时要讲清藻类产业的这些特点，政府不会支撑一个没有前途的产业。

二是科技的支撑作用。新时期振兴产业的关键靠科技。发挥科技支撑作用，要害是找准制约藻类产业发展的少数核心技术，评估这些技术的市场潜力和经济效益，做到创意科技化，科技产品化，产品货币化。

三是龙头企业的支撑作用。大型龙头企业能够起到稳定产业、带动示范、抗击风险的重要作用。一个产业没有龙头企业就没有重心，容易被颠覆。发挥龙头企业的支撑作用，要害是聚焦藻类产业，打通藻类产业链条的上、中、下游，以整个产业链条而不是单个企业对抗市场竞争。

四是质量监控的支撑作用。要设立严格的行业标准，保障藻类产品质量安全。发挥质量监控的支撑作用，要害是运用信息技术、建立藻类产品的质量可追溯体系。

五是新一代从业者的支撑作用。藻类产业发展要“眼中有人”，调动藻类产业从业者包括生产者、经营者、研发者等的积极性。发挥新一代从业者的支撑作

用，要害在于提高他们的收入水平。比如，藻类生产第一线人员劳动强度大，工作条件艰苦，其工作收入应该略高于城市打工者的收入。

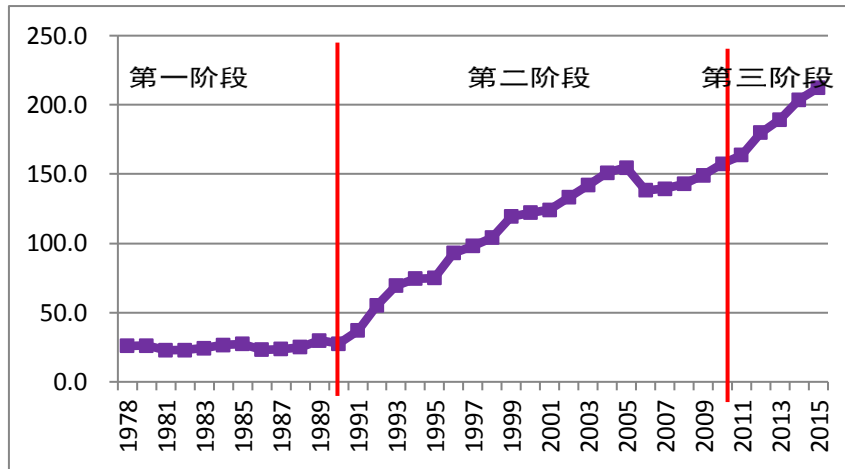


图 1. 1978-2015 年我国海藻产量

数据来源：中国渔业年鉴（1999-2015 年），中国农业年鉴（1978-1998）