

研究工作成果

海帶的養殖與存在的問題

曾呈奎 吳超元

(中國科學院海洋生物研究室)

海帶含有大量的碘、鈣、鐵、維生素及其他人體上所需要的物質⁽¹⁾。千百年前，遠在碘被化學家發現以及碘和甲狀腺腫的關係被生理學家證明以前，我國的勞動人民通過了多年的實踐，就已經知道海藻類食品，特別是海帶，在預防和醫療甲狀腺腫上的價值。我國古代藥用植物書籍上就記載了很多關於這類的知識。但是抗戰以前我國人民消費的數千萬斤海帶都是從日本進口的。

海帶原產於日本、朝鮮與蘇聯遠東區沿海發源於白令海及鄂霍茨克海的寒流流域，移種於我國雖然已有二十多年的歷史，然而由於養殖上存在着許多困難，一直停留在小規模的試驗階段中。⁽²⁾解放以後，由於我人民政府的重視，迅速地恢復了旅大水產養殖場並建立了山東水產養殖場，進行海帶養殖工作，在短短的幾年內，海帶的養殖已經由小規模的試驗轉入企業性的階段。雖然目前的產量還很少，離開羣衆的要求還很遠，但是由於人民政府的正確領導和養殖業工作同志的努力，已經奠定了這個新事業的基礎。

但是，不能否認，海帶養殖業還很幼稚，還存在着許多問題需要解決。海藻的養殖，特別是海帶的養殖，如能成功地提高到現代農業科學的水平，這就意味着人類在同大自然的鬥爭中獲得了一個新的勝利，在征服海洋的過程中又邁進了一大步；在經濟意義上，我國沿海海灣無數萬畝的“荒海”就有開墾起來種植海帶、裙帶菜、紫菜以及其他人民所需要的食品與工業原料的可能。因此，我們特向全國科學界介紹一下目前我國在

海帶養殖業上所應用的方法和存在的問題，以引起有關同志們的注意。

一 海帶的養殖方法

海帶是由單細胞的孢子來繁殖的。孢子的構造非常簡單，沒有抵抗惡劣環境的能力，一離海水就會乾死；因此，必須在它們大量放散出來的時候，立刻用種種方法創造條件，讓它們有合適的機會順利地附着在一定的基層上。

藻類生活在海水裏，其中水份、氧氣和二氧化碳是很充足的，至於溫度與光照，如在一定的季節和一定的深度種植，也可以滿足植物的要求，但無機養分，例如氮（硝酸鹽）和磷（磷酸鹽）的存在量，除了一些海灣因城市污水排洩的影響而較高外，並不豐富。在今天的海產養殖科學技術的條件下，我們還不能夠像改造土壤那樣去改造海洋，因此現在海藻養殖比較成功的只限於某些所謂優良海區。近幾年來，我國勞動人民已經創造了一些良好的海帶養殖方法，這些方法儘管還是相當簡陋，缺點還很不少，但是比較其他海藻的養殖，可以說是相當科學化的了。

海帶的養殖可以分爲三個階段：

• 這篇文章是根據 1953 年的資料而寫的。我們感謝山東水產養殖場與旅大水產養殖場的工作同志們供給我們許多有關的資料，並提供了許多寶貴的意見。

(1) 參看中央衛生研究院營養學系編著：“食物成分表”，商務印書館出版。

(2) 曾呈奎：海帶和海底森林，生物學通報，1953 (9)，320—325。

(一) 種海帶的準備：雖然在農業上，選種老早就是天經地義的事情了，但是在海帶的養殖業方面，選擇體形較大、生活力較強的藻體作為養育下一代的種海帶還是近年內的事情。在山東沿岸，夏天的海面水溫到達 27°C 以上，因此，種海帶的渡夏是一個重要的任務，否則過了夏天，種海帶有大部份腐爛、遺失和死亡的可能。^(1,2) 夏季種海帶葉片上常附着一些生物，必須經常洗除，否則會影響到孢子囊的形成。

(二) 生長基層的選擇：天然的生長基層主要是海底的岩石和石塊，在這些基層上的海帶的生長是不易控制的。人工的生長基層一般都是應用培養架在海面養殖，培養架用竹子及繩子編織而成，架子兩端分別用長繩聯於鐵錨或石塊以便固定於海底，竹架則任其漂浮水面，所以也可以叫做“浮架”。這種方法在操作上較為輕便，而且收效也較大，人工能夠控制成分也較多。

(三) 繁殖與養育：已經有了種海帶，並且也已經選擇了生長的基層，進一步的工作就是海帶的繁殖與養育。

(1) 自然繁殖法：

在自然的情況下，海帶孢子囊成熟後，就在海水中陸續放散孢子，放散期間有一個多月。孢子一離開母體，立刻在海水裏尋覓它們所需要的生長基層；如果在一定的時間內（平常只一、二天）尚不能找到基層，它們就會死亡；即使找到了基層，但基層的位置及環境不一定能適合於孢子的萌發與生長。因此，在自然的情況下，絕大部份的孢子沒有機會可以完成它們繁殖個體的使命。在這裏，如果加以人力的干涉，將海帶孢子體安置在有很多的岩石而且深度也很合適的地方，那麼，成熟的時候，孢子一放散就有地方可以附着，萌發，生長了。

過去，各地養殖場曾用過下列兩種方法：

(1) 將海帶綁在石塊上，然後養育於適當的海底（綁苗增殖法）；(2) 將養育在繩子上的海帶用石塊壓在海底岩石上（壓苗增殖法）。這兩種方法都需要潛水員在海底進行工作，藉以擴大海帶在海底生長的面積，但方法粗笨而且並不能保證孢子一定有附着的機會，實踐證明，應用這種方法作為繁殖海帶的結果都不很好。

(2) 人工繁殖法：

這方法的基本特點就是利用人工方法刺激孢子的放散，使我們能夠在一定的短時間內收集大量的孢子。人工繁殖法的步驟如下：

一、人工刺激：一般是應用乾燥法，就是選擇具有成熟孢子囊的海帶，從海水裏取出，放置於陰暗而溫度較低的地方。刺激的時間從幾小時到一、二天不等，只要不過份地乾燥，藻體不致乾死，就可以達到刺激的目的。在刺激的過程中，時常滴海水於小部份孢子囊羣上，把水吸至玻片，在顯微鏡下檢查孢子的放出量；到了孢子大量放出時，就可以進行下一步驟。

二、採孢子：事先在船艙或水池裏注滿了海水，然後將準備為養育海帶用的生長基層（石塊、繩子或竹片）放在水中，最後才把已經刺激過的海帶放到水裏。海帶暴露在空中一定的時間後，孢子囊就失掉了一部分的水份，因而增加了它的滲透壓力，再放進海水的時候，孢子囊因突然吸收大量的水份而裂開；因此，在一定的短時間內，很多的游動孢子就放散出來。船艙或水池裏的海水並不流動而且也很少，因此，絕大多數的孢子都能够有附着在我們替它們準備好的基層上的機會。有孢子附着的生長基層就可以放在海面或海底進行海帶養育的工作。

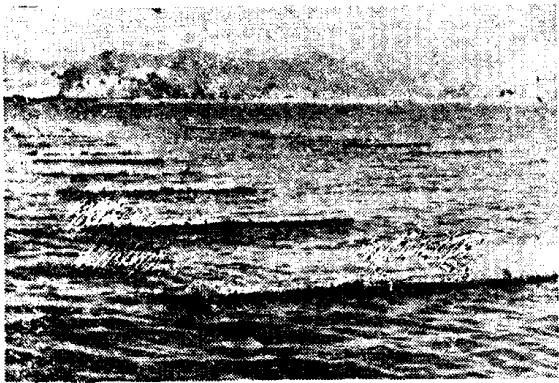
三、養育：生長基層的選擇係根據養育海區的情況而決定。風浪較大的海區不適於浮架式的養殖，可以利用石塊作為基層。採孢子後，要在短時間內將石塊投在所選擇的海底，然後遣派潛水員下海整理，否則，如果這些石塊被投在不適當的地點，或者互相重疊，就會影響到海帶的生長與發育，失去了投石增產的意義了。這種增產方法可以叫做“採孢子投石法”（山東稱為“跑苗投石”），適用於還沒有生長海帶的海底的養殖。

在風浪較小的海灣裏，浮架式的養育最為適宜。旅大地區自然條件較為優越，海帶的自然繁殖和生長已經有了一定的基礎，海帶的養育方法亦可以簡化。將乾燥刺激後的海帶孢子體掛在浮架上，孢子就會自然放散在架子上，而在同一地方長成為大型海帶，沒有分為育苗與培養兩階段

(1) 大槻洋四郎：山東沿岸海帶（昆布）繁殖的研討，華東水產，1952（11—12），49—56。

(2) 李宏基：山東海帶腐爛問題的初步研究，華東水產，1952（11—12），57—66。

的必要。旅大養殖場 1952 年秋用這方法作了試驗，成績很好，因此 1953 年秋季採孢子時就大



大連老虎灘海面浮架

量應用這種浮架。

青島和其他山東養殖區自然條件較差，因此所用方法較為複雜，在採孢子後，得分為育苗和培養兩個步驟進行養育工作。

二 海帶的收穫

(一) 收穫期：到了夏季，海帶一般有 2—3 米長，25 厘米寬，少數有 5—6 米長，達到了商品標準，可以進行收穫工作。收穫時間各地不同。收穫時間的掌握和產品的品質有很大的關係，因為收割如太早，則藻體薄，但如過晚，就有大量生物附着於葉片上，腐爛的情況亦較為嚴重。

(二) 收穫方法：在海底自然繁殖或採孢子投石的海帶的收穫可以由潛水員在海底用手或鐮刀收割，也可以用四角小鐵錨拋到海底拖拉，把海帶從柄部或固定器部拉斷，海帶自然就漂浮水面。浮架上培養的海帶在收穫時連繩一齊拖到陸地。

(三) 生產量：我國海帶的養殖是在解放後才有計劃地走向企業化的道路的，因此生產量還很低。但從這幾年來的年產量看，海帶養殖業的進展是非常迅速的。1949 年剛解放後，山東沿海海底人工繁殖的海帶生長的面積還不到數百平方米，1952 年發展到 1 萬平方米，1953 年增加到 2 萬 6 千餘平方米，在產量方面，1952 年山東沿海收割了 13 萬斤鮮海帶，1953 年的生產量增加到 47 萬斤。1952 年旅大區的產量為山東的兩倍多，1953 年的產量估計亦比例增加。

海帶單位面積生產量的估計沒有像農作物那麼準確，特別是在海底的自然繁殖。在大連的幾個自然繁殖區中，產量較高的海區，每平方米的

乾品產量約為 3 市斤，如以每畝海底只有一半生長海帶計算，約等於一畝地 1,000 市斤；產量較差的地區，平方米的產量只有 1 市斤，每畝地的產量約為 300 市斤。青島的生產絕大部份依靠浮架的養殖，單位面積的生產量的估計是比較準確的。用線形浮架的，海面一畝可以生產乾海帶 427 斤；用梯形浮架的一畝可以生產乾品 960 市斤。

從表面上看，每畝海區在不加以人工改造的條件下，能產 1,000 斤乾海帶應當可以算是豐產了，但是海帶的產量是全植物體的重量，不像大米、小麥或棉花的產量只是植物體的一部份而已，所以海帶的可能產量還應當大幾倍。1953 年在旅大養殖場的一個試驗浮架上，60 平方米的面積就生產了 3,000 斤鮮海帶，折合乾品也有 450 斤。如以每畝地放 5 台浮架計算，則每畝的產量應有 2,250 斤。如果進一步改善養殖技術並進行人工施肥，我們估計每畝海面的海帶乾品產量應當可以達到 3,000 斤。

三 存在的問題

(一) 掌握海帶的生活條件和生長與發育規律的問題：

目前海帶工作者還沒有掌握海帶的生活條件和生長與發育的規律。我們和山東水產養殖場曾經做了一些實驗，得到了幾項初步的結果。例如海帶配子體階段在弱光或高溫就不能發育為孢子體；但配子體的抵抗力却很強，在 31—32°C 高溫及惡劣環境還能維持生活；相反的，幼孢子體的抵抗力較差，到不了 26—27°C 就死亡；另外在硝酸鹽和磷酸鹽的濃度同配子體的生長與發育和幼孢子體的生長的關係上也有些認識。但這些問題的研究還很表面、片面，離開我們的要求還甚遠。目前很多有關於生活條件和生長規律的問題尚未能得到科學上的答案，因而一些養殖上的困難至今未能解決。

(1) 孢子囊的成熟：在養殖操作上，海帶的採孢子是一個基本的工作，這項工作的大前提就是孢子囊的成熟；因此掌握孢子囊的發生和成熟的規律是海帶養殖業的一個重要問題。根據高等植物的階段發育的理論，我們可以推測海帶孢子體必須獲得了某些環境因子，特別是溫度和光

照的滿足才能產生孢子囊，但我們在這方面的知識目前還極貧乏。

根據我們的經驗，青島一些地區的海帶到了四月間就有一部份開始產生孢子囊，這些海帶都是生長在浮架的最上層，因而也是接受最多的光照的；孢子囊的產生都是從葉片的頂端開始的。很明顯的，這些產生孢子囊的部份已經獲得了溫度和光照的滿足。但這種現象並不普遍，而且在1953年四、五月間，雖然青島的海帶已經有許多產生了孢子囊，但在大連，到了五、六月間，海帶產生孢子囊的現象還是非常的少。所以，單純用溫度和光照來解釋這種現象還是不能令人滿意。

在青島地區，到了夏天，孢子囊的產生就停止了；過夏以後，到了十月間，所有的海帶普遍地產生孢子囊，發生的地點不僅是葉片的頂端，而是在整個葉片上。孢子放散後1—2個月，海帶就開始衰老而死亡；因此，在青島基本上就沒有二年生海帶。在日本北海道原產地和旅大地區，海帶在第二年秋天也普遍地發生孢子囊，但一般均在葉片的頂端，到了第三年的秋天，孢子囊才普遍地在整個葉面發生，然後才衰老死亡。我們對於海帶的希望是能夠改變為多年生，最少也能够像原產地和旅大地區一樣，可以保持二年生的習性，能夠從第二年的秋天繼續生長到第三年，因為第二年生的海帶生活力較強，藻體亦較為寬厚，因而商品價值亦較高。但是，在我們沒有掌握孢子囊發生和成熟規律以前，我們還無從抑制孢子囊的產生或者加速其成熟。

(2) 幼苗的發生：從孢子附着在生長基層到肉眼能看出的幼苗的出現，是海帶養殖上一個重要的關鍵階段。這期間雖然很短，只有一個多月，但在生活史上，海帶却渡過了孢子萌發成為配子體，配子體發育產生卵和精子以及卵受精後發展為孢子體這樣三個階段。在理論上，這三個階段應當各有其特殊性，對於環境因子亦各有其特殊的要求，但目前我們所能了解的還是太少，還沒有控制各個階段的生長和發育的能力。

經驗告訴我們，在晚秋初冬期間的山東海區，海帶配子體需要一定強度的陽光才能發育為孢子體，因此孢子體發生早的，都是接近水面的。孢子體如不能發生出來，時常是因為浮架上生長了

許多附着物遮着光線的緣故。但也有同一來源的孢子在一個海區正常發生幼苗；而在光線很充足但無機養份較差的另一個海區，却長不出孢子體來。這種現象似乎不應當僅是光照的問題而同時也是營養的問題。在另外一些實驗，我們又證明了海帶配子體在20°C以上就不能正常發育為孢子體。

根據上面所提的事實，我們認識到：海帶幼苗的發生是通過了許多因子，包括溫度、光照和養份的複雜錯綜的關係的，而不是單純某一個因子，如光照的問題。我們還認識到，如要保證海帶配子體能夠勝利地發育為孢子體，就必須滿足它的各個發育階段的要求。但是我們現在所能掌握的這方面的知識還很少。

(3) 藻體的白爛：單純從病態的表面現象看，海帶的白爛很像是因為光綫過強所致。海帶在日本北海道原產地的最適宜生長水層在乾潮下10米以下，但在我國養殖的水層却為乾潮下1—3米；從這一點看，強光引起海帶的白爛似乎是正確的解釋，但是有些海區，海帶在3月間就開始白爛，5—6月間最為嚴重；而同一時間，在另外一些海水透明度相似的海區，海帶的白爛現象甚為輕微，或者完全沒有。以前，山東水產養殖場認為白爛是“強光病”，因此，在渡夏期，曾經將海帶沉入10米以下的海底，但白爛的現象並不因此而停止或減輕⁽¹⁾。在某些無機養份較多的“肥海”區，培養在海面的海帶不但不發生白爛，却反而長得特別強壯。通過了許多具體的例子，海帶工作者現在都認識到，不能用單純的光綫強弱的影響去解釋這種病態現象，而必須從環境因子綜合的錯綜關係去看，才能够得到正確的答案。

(二) 選種育種的問題：

海帶的人工養殖歷史太短，選種和育種還未得到應有的重視，現在各地所培養的海帶是否有不同品種的存在還不能肯定，因此，不管海洋環境是多麼不同——內海灣和外海區，肥區和瘠區，都千篇一律地應用同樣特性的海帶。

據我們觀察，在大連生長的和在青島生長的海帶是有些相當顯著的差異的，雖然青島的海帶也是從大連移種過來的。但這些區別是代表品種

(1) 李宏基：山東海帶腐爛問題的初步研究，華東水產，1952 (11—12)，57—66。

上的不同或者僅是因爲環境的不同而致，由於缺少經驗，還不能下結論。我們去年曾做了一些大連的和青島的海帶的雜交試驗，沒有成功。今年重複了同樣的試驗，初步的結果還好，但孢子體還很幼，是否能夠得到預期的結果尚難預測。爲了獲得一個抗溫力較強的品種，去年我們曾經用海帶的配子體和產於福建沿海的一種昆布類植物鵝掌菜(*Ecklonia Kurome* Okam.)的配子體雜交，結果也失敗了。我們的目的，是希望通過海帶的選種和育種能夠獲得一些適合於我國各個地區的特殊的海洋環境的品種，但目前還存在着許多需要克服的困難。

(三) 外海養殖問題：

目前我國海帶的人工養殖一般都在海灣內，特別是在城市污水經常流出的海區進行。這種海區不但風浪較小，可以應用浮架式的養殖方法，而且無機養份的含量較高，海帶生長較爲迅速，因此這種海區稱爲“肥區”。相反的，一般的外海區不但風浪較大，而且所含無機養份也較少，海帶生長不良，故稱爲“瘠區”。我國北部沿海絕大部份屬於瘠區；如果我們不能使海帶在這種海區生長良好，我國海帶養殖業的前途是不能樂觀的，生產量是不能滿足人民需要的。因此，如何在瘠區施肥，讓海帶正常生長，這是海帶工作者當前的一個主要任務。我們和中央水產實驗所的同志們已經開始分別應用不同方法去解決這個問題。

(四) 有害生物的問題：

海帶夏季的腐爛是養殖上一個大問題。有的是自然的腐爛，是海帶一個正常自然衰老的現象，只限於頂端老成部。有的是因爲環境不適合而引起的生理病現象，具體表現爲“白爛病”。有的是因爲其他生物的直接爲害而引起的病害現象，一般的表現爲局部變綠然後腐爛，故稱爲“綠爛病”。據我們的觀察，這種病多數是由於生物的機械傷害以及細菌侵入所致。海帶藻體在夏季生活力很低，細胞分裂基本停止，如被生物咬傷或其他原因局部細胞死亡，很不容易在短期間內癒合。在這種情況下，細菌很容易由傷口進入而引起腐爛。最嚴重的綠爛病是近假根處莖部的腐爛，主要是因爲隱藏在假根部的幾種甲壳類動物的咬傷所

致。1953年青島渡夏的種海帶因發生了這種病大部份葉片斷掉而遺失。根據我們初步的試驗，用666和除蟲菊混合劑的水溶液浸泡假根部1—2分鐘，有殺死這些有害生物的能力，藥品處理後，病害有減輕的情況。

海帶的敵人還有許多附着於浮架上或者海帶藻體上的生物。在秋季海帶浮架上的水雲及其他藻類如長得太長，會影響到海帶幼苗的發生，嚴重的時候，海帶幼苗大部份長不出來。在夏季，海帶藻體上亦常長了許多石灰蟲、苔蘚蟲、藤壺以及其他動物，多的時候不但影響到海帶品質，而且也阻止了孢子囊的發生。

這些有害生物，不論是否引起海帶的腐爛，對於海帶的養殖業都是很大的威脅。因此，如何防治這些有害生物的生長，也是目前亟待解決的問題。

(五) 提高單位面積生產量的問題：

這問題在目前雖然還不是一個主要的問題，但如果單位面積產量能再提高，成本能再減低，就有可能將海帶的養殖發展爲羣衆性的事業，這對於擴大海帶的養殖面積就可以起很大的作用。

我們認爲海帶的大量生產主要將依靠浮架式的養殖，因爲這種方法較爲科學化，人工控制的成份較高，比較接近於農田的耕種，因此，浮架式的養殖方法是改良的主要對象。有人認爲要養育健全的種苗，分散是絕對必要的。在一定的條件下，這種意見是正確的。但在生產商品海帶時，如過份的強調分散，就會影響到生產量。在自然的條件下，海帶的生長是相當的密集叢生的，但在1953年以前的浮架養殖，每一點只夾一二棵幼苗，似乎不符合於自然的生長規律。因此，我們和本單位的同志們作了一些密植的試驗，初步的結果證明了密植可以增產。當然，如果讓海帶無限制地，野草式地蔓延叢生，藻體必然較薄較小，商品價值也必然較低。科學的密植必然是適當的密植，但如何才是適當的密植，因地而異，需要海帶工作者根據就地的情況，通過具體的試驗才能決定。

密植不過是很多提高單位面積生產方法之一。這方面的工作做得太少，應當是海帶工作中的一個重要方向。