

海藻的喷雾养殖现状

THE PRESENT STATUS OF SPRAY CULTIVATION FOR SEAWEADS

周光正

(山东省海水养殖研究所 青岛 266002)

海藻喷雾养殖是很有发展前途的集约化手段。本文综述和归纳了最近几年内海藻喷雾养殖的现状。特别是对比分析了最近形成的瑞典型和新西兰型海藻喷雾养殖法。

1 海藻喷雾养殖设施的结构

喷雾养殖法最早由 Chapman (1973) 提出, 由 L. Hamic 设计。藻类放在排水箱底部, 养殖在几层网片上进行, 水经带孔的管子, 一滴滴通过各层形成滴灌。目前所使用的喷雾技术已经有了很大的改进和发展, 它是 1982 年美国 H. Moeller 教授在纽约州 Shelter 岛精心设计的。H. Moeller 等报道褐藻 (*Ascophyllum nodosum*) 产量 (干重) 可达到 $143\text{t}/\text{ha} \cdot \text{a}$, 因此喷雾法引起了广泛的注意。1983 年 Rhealt 和 Ryther 报道, 该法产量高于任何光合作用的植物。

1984 年瑞典 K. Haglund 和 M. Pedersen 在上述基础上喷雾养殖海藻, 于瑞典哥得兰岛沿海东北的小岛 Furillen 上建造了面积为 $9\text{m} \times 2.5\text{m}$ 的温室。框架由防腐木材制作, 覆盖有特殊的塑料。室中建有 7 个 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 的小室, 小室由 300L 玻璃缸水槽组成, 槽上装有 3 层聚氯乙烯网片, 最上层以上 30cm 处装有 4 个喷嘴的管道使水均匀喷散开来。所用的材料都是防腐材料、聚氯乙烯、聚乙烯、氯丁橡胶、泡沫聚苯乙烯等以避免毒性物质进入藻体培养中, 只有螺丝和钉子是用金属的。每个喷雾

水用 65W 的泵使其循环。供水是用海水从沿海 3~4m 深的海中抽起经塑料管, 通过过滤器达到比试验室地面高的 1m^3 蓄水池中来进行。顶层和中间层的距离是 30cm, 而第二层和最低层间的距离是 40cm。喷雾是均匀的, 顶层的平均流量为 $14 \sim 17\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{min}$, 最低层的流量为 $10 \sim 14\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{min}$ 。培养的藻类有: 红藻 (*Furcellaria lumbricalis* (Huds)), 皱波角叉菜 (*Chondrus crispus* Stackh), 伊谷草 (*Ahnfeltia plicata* (Huds)), 江蒿 (*Gracilaria secundata* Harv), 鸡毛菜 (*Pterocladia pinnata* (Huds)), 石花菜 (*Gelidium* sp. (Intertidal)), 褐藻 (*Ascophyllum nodosum* (L.)), 墨角藻 (*Fucus vesiculosus* L.) 和石莼 (*Ulva lactuca* L.)。

1987 年新西兰 T. D. Pickering 等对智利江蒿 (*Gracilaria chilensis*) 进行喷雾养殖试验。使用白色聚氯乙烯 (P. V. C.) 圆型塑料槽 (直径 = 3m, 高 = 1.2m) 作为培养系统 (图 1)。水槽内装盐度 33~35 的海水。水深 0.2m。海水经过离心泵实现连续循环, 并通过过滤筒过滤器构成旋转喷嘴喷雾器。喷雾器固定在水槽中心 0.5m 的垂直管子上。从喷雾器一端的弧形旋转喷雾。富含硝酸钠 (大约 $7.2 \times 10^{-5}\text{mol}/\text{L}$) 的海水以 $2\text{L}/\text{min}$ 速度流进水槽, 经溢流管流出。1mm 筛孔塑料筛绢安装在喷雾喷嘴的一侧, 使弧形喷雾达到 180° , 形成一半的水槽面积接受的喷雾密度为 $150\text{L}/\text{m}^2\text{h}$, 另一半为 $1500\text{L}/\text{m}^2\text{h}$ 。

收稿日期: 1995 年 3 月 31 日

江蕨直接置于阳光和空气中。培养了两种生态型的智利江蕨(*G. chilensis*),一种为马纳考型,另一种为 Mokomoko 型。每种生态型江蕨一部分接受高喷雾密度,另一部分接受低喷雾密度进行对比。

海藻喷雾养殖的结果:K. Haglund 和 M. Pedersen 的瑞典典型试验表明,适于喷雾养殖的藻类主要形态特征有叶状体坚硬,生长呈离散型。能够放在网上而不断裂,且在干燥时海水能在叶状体上溢流。具这个形态的品种

有:红藻(*F. lumbricatis*(海水种)、皱波角叉菜、褐藻(*Ascophyllum nodosum*)和墨角藻。这些品种上附生生物的生长相当少,而且都局限于基部。不适合喷雾养殖的品种有:红藻(*Furcellaria lumbricatis*(波罗地海种))、江蕨(*G. secundata*)、鸡毛菜和石莼菜,它们太软,而且在网上呈丛生形式。各培养品种的平均生长速度见表 1。其中墨角藻生长得相当好,在波罗地海海水中(盐度7)达到 1.1 %/d。

表 1 海藻喷雾养殖各品种的平均生长速度

品种	层次	生长(总计每天%)	生长时间(周数)
墨角藻(<i>Fucus vesiculosus</i> 波罗地海种)	顶层	0.9	8
		(1.1)	2)
红藻(<i>Furcellaria lumbricatis</i> 波罗地海种)	中层	0.6	3
		(<i>F. lumbricatis</i> 海水种)	0.1
皱波角叉菜(<i>Chondrus crispus</i>)	中层	0.5	17
褐藻(<i>Ascophyllum</i>)	顶层	0.9	8
		(2.5)	1)
伊谷草(<i>Ahnfeltia plicata</i>)	低层、顶层	0.5	10
石莼(<i>Ulva lactuca</i>)	顶层	2.5	8
江蕨(<i>Gracilaria secundata</i>)	顶层	1.3	8
		(1.9)	5)
鸡毛菜(<i>Pterocladia pinnata</i>)	顶层	0.9	3
石花菜(<i>Gelidium</i> sp.)	顶层	3.3	3

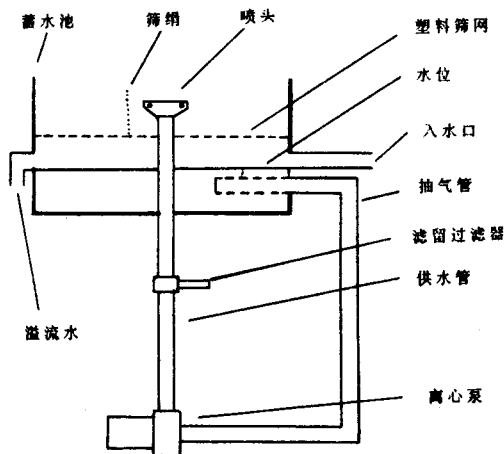


图 1 培养装置示意

T. D. Pickering 等的新西兰型试验表明,江蕨的生长速度变动于 1.0 和 1.8%/d 之间,在整个 9 周试验期间平均相对生长速度为 1.4%/d。两个植物生态型(马纳考型和 Mokomoko 型)的生长或两个喷雾密度下(150L/m²h 和 1500L/m²h)的生长并没有明显的差异。直接置于阳

光下的植物部分变成黄色,而未直射的部分则呈褐绿色。植物上没有附生藻类。按照平均相对生长速度公式:

$$\text{平均相对生长速度} = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1} \times 100$$

其中, W_1 为在 t_1 时间植物的鲜重; W_2 为在 t_2 时间植物的鲜重。

其干重是利用 10% 干成分(通过 60℃ 烘干,一些植物成为恒重来求得)的湿重来估算的。在这个试验中, W_1 为 350kg(干重)/ha·a, 平均相对生长速度是 1.4%/d, 而且每周进行收获,所以单位喷雾养殖干产量估算为 1.8t/ha·a。

2 海藻喷雾养殖的优点和存在的问题

K. Haglund 和 M. Pedersen 的瑞典典型试验表明,喷雾循环半咸水培养褐藻(*A. nodosum*)和几种其他海水藻类是可能的。从 5m 和 60m 水深处连续供应新鲜海水,褐藻(*A. nodosum*)的生长速度变化在 0.18%/d 和 2.5%/d 之间。S. M. Garber 报道,在最上层的褐藻(*A. nodosum*)生长速度是 1.1%/d, 而 Rheault 和 Ryther 则认为生长速度在 0.7% 和 1.2%/d 之间。Lignell 和 Pedersen 报道:利用 35m 深海水喷雾养殖褐藻(*A. nodosum*)9 个月,平均生长

速度为 2.8%/d。他们还曾在试验室规模下,用循环人工海水,温度 13℃,光照 3 750Lx 下进行过喷雾养殖试验,比现行的生长速度要快。

T. D. Pickering 等新西兰型试验表明,本系统的培养方法比以前有了很大的改进。培养槽空气流畅避免了高温。减少了植物的坏死数量。并且有效光照也更多了。而且蓄水池的水不断的循环,确保必要的维持其植物生长微量营养成分,且在海水蓄水池中没有毒性物质沉积。另外全部采用塑料结构,设备材料没有浸出任何有毒的化合物。然而喷雾系统养殖江蕨的生产率比池养低 2~3 倍。另一个经常出现的问题是由于水对于植物枝芽的表面张力,导致分叉丛生。这样的丛生就隐藏了细菌和硅藻激增的死水区,从而引起江蕨枝芽的坏死。

综上所述,某些海藻采用喷雾养殖有很多优点:(1) 它的生物量较大,从而单位面积的生产率较高。(2) 更大的优点是操作方便。它比浸没养殖法需要较少的水量,所以省掉了抽水和肥料的费用。(3) 因为培养槽采取的是循环水,故水温就更容易控制。(4) 植物的气体交换更有效,当一滴滴水通过各层次时,海水就获得了

更多的 CO₂。(5) 在缺乏光照过滤的海水中,可以获得较高的光照量。(6) 水滴的冲击会减少边界层阻止营养物的吸收,而且附生植物在沉积于植物体之前,孢子就被冲掉了,所以培养的海藻质量较好。喷雾养殖设施可以安装在远离海岸地区,因此就不会干扰沿海旅游区。但进一步提高它的生产率,如何解决丛生等问题尚有待进一步研究。

参考文献

- [1] Hagiund, K. and Pdersen, M., 1988. *Aquaculture* 72(1-2): 181-189.
- [2] Kuschel F. A. and Buschman A. H., 1991. *Aquaculture* 92(1): 7-17.
- [3] Pickering T. D., Gordon M. E. et al., 1995. *Aquaculture* 130(1): 43-49.
- [4] Santelices B. and Doty M. S., 1989. *Aquaculture* 78(2): 95-133.