

北方海区鼠尾藻大规格苗种提前育成技术

李美真 丁刚 詹冬梅 于波 刘玮 吴海一

(山东省海水养殖研究所, 青岛 266002)

摘要 通过连续3年的鼠尾藻生产性育苗试验,证明在北方海区提前育苗技术可行。该技术克服了鼠尾藻种苗繁育过程中难以培育出大苗的难题,通过提前50 d采苗,缩短室内培育周期,采用种菜人工促熟方法,结合室内及海上培育、管理的各种技术措施,得到的种苗健壮、均匀、整齐。共培育出鼠尾藻大规格苗种3 373.7万株,经海上中间培育3个多月后,幼苗直立枝数量3~4根、长度可达4~6 cm。

关键词 鼠尾藻 大规格苗种 提前采苗 种菜 促熟 规模化繁育

中图分类号 Q949.28;S968.42 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2009)05-0075-08

A method for early production of large-size *Sargassum thunbergii* seedling in north China

LI Mei-zhen DING Gang ZHAN Dong-mei YU Bo LIU Wei WU Hai-yi

(Shandong Mariculture Institute, Qingdao 266002)

ABSTRACT A method for early production of large-size *Sargassum thunbergii* seedling in north China was developed, which consisted of procedures such as 50 d advancement of seed collection, timesaving of indoor cultivation and accelerated artificial maturation of broodstock thalli. This method should be used in combination with a set of off-shore mariculture and management techniques. It is applicable in north China as proved by trials for three consecutive years. About 33.737 million healthy seedlings with uniform size were bred with this method, which grew into vertical young thalli (4~6 cm in length) with 3~4 branches after being cultured off-shore for over three months. This method overcomes the difficulty of breeding large-size seedlings met in previous *S. thunbergii* seedling production practice, and will certainly facilitate the large scale seedling production and cultivation of *S. thunbergii*.

KEY WORDS *Sargassum thunbergii* Large-size seedling Early seed collection
Broodstock thallus Maturation acceleration Large-scale seedling production

鼠尾藻 *Sargassum thunbergii*, 是我国沿海常见的大型褐藻,具有重要的经济价值,在海洋生态系统中占

国家高技术研究发展计划项目(2006AA10A416和2006AA10Z409)、国家十一五科技支撑计划项目(2006BAD09A01)、山东省良种工程重大项目(2005~2009)、山东省渔业资源修复计划项目(2005~2008)、国家海洋公益性行业科研专项课题(200805069)和山东省科技攻关计划项目(2006GG2205011)共同资助

收稿日期:2009-03-12;接受日期:2009-06-01

作者简介:李美真(1959-),研究员,主要从事海藻生物学及栽培技术研究, E-mail:li-meizhen@163.com, Tel:13688895515

有重要地位。另外,在医药、保健、水产养殖和化工、食品工业中也具有许多可开发的潜力(郑怡 1994;张尔贤等 1995;师然新等 1997;于广利等 2000;魏玉西等 2002;韩晓弟等 2005;邹吉新等 2005)。近年来,随着海参、鲍鱼养殖业的蓬勃发展,作为海参和鲍鱼优质饵料的鼠尾藻野生资源被过度采集,使得其自然资源量日渐衰退,满足不了各行业对其逐年增长的需求,目前国内已有多家科研单位,相继开展了鼠尾藻种苗的人工繁育技术研究(王飞久等 2006;詹冬梅等 2006;张泽宇等 2007;王增福等 2007),但因某些技术关键还没有根本解决,造成较小幼苗下海后大量脱落,难以形成较大规格苗种,限制了规模育苗和养殖的开发。

针对这一技术难题,作者从2006~2008年间,通过连续3年在山东荣成俚岛海区,对鼠尾藻规模化苗种繁育中的关键技术进行攻关,调整了常规育苗时间和方法,确定了最佳育苗路线,改进了室内和海上管理措施,提前50 d培育出鼠尾藻大规格幼苗3 373.7万株,为鼠尾藻规模化人工养殖打下了基础。

1 材料与方 法

1.1 种菜来源

种菜分别选用浙江洞头县鹿西岛海面人工养殖的鼠尾藻种菜、山东荣成俚岛潮间带野生鼠尾藻以及室内人工促熟的本地野生鼠尾藻种菜,作为采苗用种藻。

1.1.1 种菜运输

在5月中下旬鼠尾藻繁殖盛期之前,选浙江洞头县海面筏养的鼠尾藻种菜,挑选生殖托发育良好的成熟种菜,雌、雄比按10:1比例,装入塑料泡沫箱中,同时放入海水冰瓶冷却,经20余h长途运输,到达山东荣成俚岛,用于种苗繁育。

1.1.2 种菜促熟

在5月上旬左右,采集山东荣成俚岛海区潮间带野生鼠尾藻成藻,选取长势明显、藻枝粗细长短均匀、色泽鲜亮、藻体健壮以及生殖托刚刚出现的鼠尾藻,用聚乙烯纤维绳作为苗绳,将种藻每3~4株为1簇夹于养殖苗绳,夹苗间距为5~10 cm,挂养于车间水池(8 m×1 m×0.8 m),池中设浮架使苗绳始终保持在水表层,水温控制在18~22℃,采用自然光照,强度控制在20 000 lx以下。

1.2 附苗器及预处理

选用化纤布帘(2 m×0.4 m)、棕绳苗帘(1 m×0.5 m)、水泥板(0.5 m×0.5 m×0.25 m)、扇贝壳、石块和玻璃钢维纶绳等为附苗器。化纤布帘和棕帘在采苗前需经过充分浸泡或淡水蒸煮去除毒素和有害物质;扇贝壳、水泥板、石块及玻璃钢维纶绳需经长时间淡水浸泡,采苗前用 200×10^{-6} 高锰酸钾溶液浸泡0.5 h,然后冲洗干净。

1.3 采苗方法和步骤

1.3.1 直接采苗

将处理好的附苗器铺在清洗消毒后的车间水池(8 m×1 m×0.8 m)中,注入沉淀过滤后的新鲜海水至30 cm的水层高度,将清洗干净的成熟种菜均匀铺撒在附苗器上,或在水池水面上层用养殖绳夹养鼠尾藻种菜,令受精卵自然脱落并附着在附苗器上。在采苗过程中,经常翻动种菜,可加快受精卵脱落并使之附着均匀。附苗器雌株种菜用量为(0.5~1)kg/m²,雌、雄种菜按(6~10):1比例搭配。24 h后将种菜捞出,并缓慢换水。

1.3.2 受精卵喷洒采苗

将种菜集中在某个水池中集中放散,然后用300目筛绢将脱落的受精卵及幼孢子体收集,放入定量的小水体中,经计数后按拟定的采苗密度将受精卵或幼孢子体均匀地泼洒在附苗器上。

1.4 车间苗帘培育条件

选用鲍培育水池(8 m×1 m×0.8 m),水池中设置竹竿绳索将苗帘架起,使每个苗帘拉紧绷直悬浮于水表

层(图1)。培育海水为沉淀24 h砂滤后的新鲜海水,充气流水培育,自然水温范围在18~23℃,采用自然光照,强度控制在15 000lx以下。

1.5 海上幼苗培育

1.5.1 筏架设置及苗帘挂养模式

在两根浮绳之间,每隔3 m架设1根长3 m的粗竹竿(直径5 cm),使每两根竹竿之间形成3 m×3 m的水面,其间可挂养化纤布苗帘4个或棕绳苗帘6个(图2)。用吊绳将苗帘两端拉紧绷直,通常情况下苗帘悬挂于海水表层(图2),当光照强度大于50 000 lx,将苗帘下降至水下30 cm。

1.5.2 幼苗不同下海期试验

幼苗在室内培育15 d后分批下海,每隔10 d左右下海一批,部分苗帘始终在车间培育,以比较育苗效果。

1.5.3 海上培育水层试验

海上筏架培育试验中,用吊绳调节苗帘悬挂水层,分表层及不同水层的养殖(20、40、60、80和100 cm)。

1.6 苗帘洗刷

采苗2~3 d后,开始每天轻轻拍洗苗帘,7 d后采用电动压力喷水洗刷器喷刷苗帘,压力由弱到强,以幼苗不被冲掉为准,每隔1 d喷刷1次。幼苗下海后,采用柴油动力压力喷水器冲刷苗帘,隔天1次,可有效地清除污泥、杂藻孢子及无脊椎动物幼虫的附着。

2 结果与讨论

2.1 不同采苗时间对育苗效果的影响

2006年在山东荣成俚岛海区进行的规模化育苗试验,采苗时间是在7月20日进行,这是北方海区传统的采苗时间,此时正值鼠尾藻成熟盛期,利用潮间带野生鼠尾藻作为种菜采苗后,幼苗在室内培育期一切正常,室内培育30 d后幼苗长度平均达到2.5 mm。但当幼苗下海后,正值海上高温期,苗帘上附着各种杂藻、污泥和无脊椎动物幼虫,加上管理措施不当,苗帘上的幼苗被大量杂藻覆盖,使幼苗窒息死亡,最终苗帘上的幼苗大量脱落,导致育苗失败。针对以上技术瓶颈,课题组及时调整技术路线,在2007年的生产性育苗试验中,进行了不同采苗时间对育苗效果影响试验,将常规育苗时间提前50 d,利用南方成熟早的鼠尾藻种菜,以及课题组提前人工促熟的当地鼠尾藻种菜,比传统采苗时间提前50 d采苗,并采取缩短室内培育时间以及合理的室内和海上培养管理措施,最终提前50 d培育出大规模鼠尾藻健壮幼苗300多万株,至7月23日苗帘上的鼠尾藻幼苗叶片长度已达5 mm以上,并有分蘖产生(图3)。2008年又大规模培育出鼠尾藻大苗 3.072×10^4 株,表1列出了不同采苗时间对育苗效果的影响。



图1 鼠尾藻苗帘车间培育
Fig.1 Indoor seedling nursery of
S. thunbergii



图2 鼠尾藻苗帘海上养殖
Fig.2 Cultivation of *S. thunbergii*
at sea

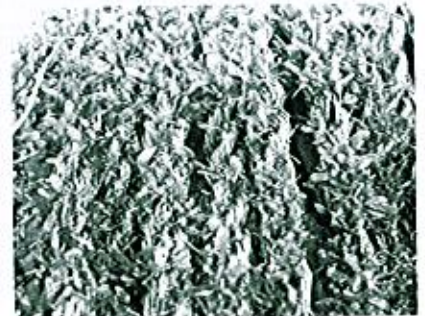
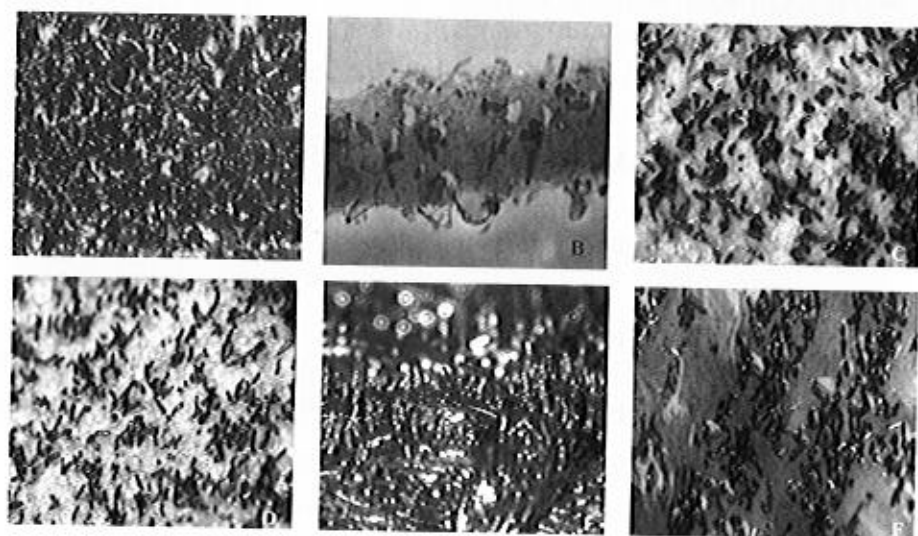


图3 附着在棕帘上的鼠尾藻幼苗
(叶片达到5 mm以上)
Fig.3 *S. thunbergii* seedlings on net
curtains with leaf lengths over 5 mm

2.2 不同附着基采苗效果比较

在大规模生产性育苗试验中,作者采用的附苗器为化纤布帘和棕帘;小型试验中共选用了6种附着基材料,以比较各种附着基的附苗效果及幼苗生长状况。图版I中展示了不同附着基用于种苗附着的生长结果。表2中列出了各种附着基质的采苗效果以及适宜的栽培模式。



A: 化纤布帘; B: 玻璃钢维纶绳; C: 水泥板; D: 石块; E: 棕帘; F: 扇贝壳
A: Chemical fiber; B: FRP vinylon; C: Cement; D: Stone; E: Coir rope; F: Scallop shell

图版 I 不同附着基采苗效果比较(采苗后 20 d)

Plate I Growth of young seedlings on different substratum in 20 days

表 1 不同采苗时间对育苗效果的影响

Table 1 Influence of seedling collection time on the growth of the thallus

采苗批次 Group	采苗时间 Seedling collection time (月-日)	种菜来源 Source of parental thalli	卵子质量、 受精卵附着率(%) Egg quality, rate of attachment	培育时间 Times of cultivation(d)	幼苗生长情况 Growth of the young sporophytes		
					下海后脱苗率(%) Rate of shed seedlings(%)	长度 Length(mm)	幼苗密度(株/cm ²) Density(seedlings/cm ²)
1	05-30 30 May	浙江海面筏养 Cultivation in Zhejiang	正常,98 Normal,98	30	5	3.2	110
2	06-05 5 June	浙江海面筏养 Cultivation in Zhejiang	正常,95 Normal,95	30	7	3.0	104
3	06-15 15 June	浙江海面筏养 Cultivation in Zhejiang	正常,86 Normal,86	30	15	2.5	77
4	06-28 28 June	人工促熟的本地种菜 Native species with artificial maturation	正常,88 Normal,88	30	12	2.5	93
5	07-10 10 July	人工促熟的本地种菜 Native species with artificial maturation	正常,95 Normal,95	30	13	2.8	103
6	07-22 22 July	本地野生种菜 Wild species	正常,95 Normal,95	30	10	2.8	83
7	07-28 28 July	本地野生种菜 Wild species	多数正常,60 Normal mostly,60	30	40	2.5	30
8	08-05 5 Aug.	本地野生种菜 Wild species	受精卵极少且发育不正常 Few zygote, abnormal	—	—	—	—

表2 不同附着基采苗效果比较(采苗后30 d)

Table 2 Comparison of different substrate applied in the seedling production

附着基种类 Kind of substrate	幼苗附着密度 (株/cm ²) Density of attached seedlings (strain/cm ²)	幼苗平均长度 Average length of seedlings(mm)	下海后脱苗率 Rate of shed seedlings(%)	适宜栽培模式 Suitable culture mode	优、缺点评价 Advantage and disadvantage
化纤布帘 Chemical fiber cloth curtain	97	2.8	5	海面筏养 Raft culture in the sea	易采苗、附着均匀、易观察和脱苗率低,但较易沉积污泥 Easy to collect, symmetrical attachment, easy to observe, low rate of seedling shedding. Much sludge deposited
棕绳帘 Palm rope curtain	68	3.0	10	海面筏养 Raft culture in the sea	易采苗、附着生长好、污泥较少;不易观察,长期浸泡易腐烂 Easy to collect, well attachment, less sludge deposited. Hard to observe, easy to corrupt
水泥板 Cement board	56	2.9	35	潮间带梯田、海底藻场 Intertidal zone terrace, algae farm	幼苗附着生长较好,笨重,采苗费力,不适宜海上筏养 Well attachment, Growth well; Hard to collect, not suitable for raft culture at sea
石块 Stones	62	3.0	32	潮间带梯田、海底藻场 Intertidal zone terrace, algae farm	采苗效果及幼苗生长状况与水泥板相似 Same effect with cement board
扇贝壳 Scallop shell	73	2.9	15	海面筏养、海底藻场 Raft culture in the sea, algae farm	幼苗附着及生长好,采苗较费力 Well attachment and growth, hard to collect
玻璃钢绳帘 GFRPV rope	24	2.5	65	海面筏养 Raft culture in the sea	幼苗附着不牢固,易脱苗,不是理想附着基 Unstable attachment, easy to shed

2.3 不同下海期育苗效果比较

在2006年的生产性育苗试验中,采苗后于车间水池流水培育30 d后才下海。此时正值8月中下旬,车间水温较高达到27℃以上,结果导致在室内培育后期幼苗生长缓慢,并有杂藻附着,有些幼苗开始出现腐烂现象,下海后导致幼苗大量脱落,最终导致育苗失败。在2007年生产性育苗试验中,进行了不同下海批次试验。结果列入表3。从表3中看出,越早下海的幼苗其生长速度越快,说明车间水池的培育条件,不能满足鼠尾藻幼苗的生长发育需要。幼苗早下海,不仅可节约育苗成本,还可使幼苗在高温季节到来之前快速生长,达到较大规格,可有效抵御各种不良环境的影响并形成种群优势,减少杂藻的附着(图4)。

2.4 苗帘不同挂养水层对育苗效果的影响

幼苗下海初期,将苗帘分5个挂养水层培育30 d后,各组试验幼苗生长情况见表4。

表3 不同下海期鼠尾藻幼苗生长情况比较

Table 3 Comparison of growth of *S. thunbergii* juvenile sporophytes which were transferred to sea at different times

室内培育时间(d) Time of cultivation indoor	下海前情况 Before being transferred to sea		下海后30 d幼苗生长情况 Growth of the juvenile sporophytes at sea for 30 days				
	叶片长度 Length of the leaf(mm)	生长情况 Growth	叶片长度 Length of the leaf(mm)	叶片宽度 Width of the leaf(mm)	脱苗率 Rate of shed seedlings(%)	初生叶片数(个) Number of cataphyll (slice)	杂藻附着率 Rate of the undesirable algae attached
15	0.5~1.0	生长快 Growth quickly	5~7	2~3	3~5	2~3	1~2
20	2.0	生长健壮 Growth well	3~5	2~2.5	5~7	1~2	3~5
25	2.0	生长减缓 Growth slow gradually	3~4	1.0~1.5	10~15	1~2	10~15
30	2.0	生长缓慢 Growth slowly	2~3	1.0~1.5	40~50	1~2	40~50

表4 苗帘不同悬挂水层对鼠尾藻幼苗生长的影响

Table 4 Influences of cultivating water depths on the growth of *S. thunbergii* juvenile sporophytes

水层 Water depth (cm)	水温 Temperature (°C)	幼苗平均长度 Average length of larva(mm)	脱苗率 Rate of shed seedling(%)	初生叶片(个) Number of primary leaves(piece)	说明 Explanation
0	16.2	—	90	—	苗帘上附着大量浒苔等绿藻, 幼苗大量脱落 A great number of undesirable algae attached to the curtains which led to the death and shedding of seedlings
-20	16.2	5.0	5	2~3	幼苗生长健壮, 色泽浓褐, 形成种群优势, 杂藻极少 Seedlings grew strong with color of dark brown and formed the dominant population. Undesirable algae were few
-40	16.1	4.5	10	1~2	幼苗生长旺盛, 色泽正常, 杂藻较少 Seedlings grew fast with normal color, Undesirable algae were few
-60	16.1	3.0	15	1~2	幼苗生长较慢, 有多管藻等红藻附着 Seedlings grew slowly, There were some red algae attached to the curtains
-80	16.0	2.8	20	1	幼苗生长较慢, 色泽较淡, 红藻类杂藻附着较多 Seedlings grew slowly with light color, There were many red algae attached to the seedlings
-100	16.0	2.0	35	1	幼苗生长缓慢, 色泽较淡, 红藻类杂藻附着较多 Seedlings grew slowly with light color, There were many red algae attached to the seedlings

从表4中可以看出, 苗帘下海初期, 由于幼苗太小(0.5~1 mm), 适应环境能力较差, 在水表层的幼苗, 由于受到光线的强烈照射, 鼠尾藻幼苗藻体受到损伤, 相反绿藻大量产生, 因此苗帘被许多浒苔等绿藻所覆盖, 对鼠尾藻幼苗的种群产生了竞争; 而在水下20和40 cm的苗帘, 由于光照强度减少, 浒苔等绿藻产生较少, 鼠尾藻幼苗得以快速生长并形成优势种群。

经下海30 d的暂养, 幼苗叶片平均长度可达到5 mm以上, 并形成2~3个初生叶片(图3); 随着苗帘挂养水层的降低, 光照强度的减小, 鼠尾藻幼苗的生长速度也逐渐下降, 幼苗叶片长度较小, 藻体相对较弱小, 叶片颜色较浅。因此推断, 鼠尾藻幼苗下海初期, 其适宜生长的水层为水下20~40 cm。当长到5 mm以上时, 可挂养在水表层, 以促进幼苗的快速生长。进入8月中下旬, 调节到水下30 cm, 以避免强光照射。图5中表示幼苗下海后90 d的生长曲线。图版II中展示了鼠尾藻各个生长阶段藻体外部形态和藻体长度照片。



A: 室内培育15 d, 海上培育45 d; B: 室内培育20 d, 海上培育40 d;
C: 室内培育30 d, 海上培育30 d

A: Cultivation 15 days indoor and 45 days on the sea
B: Cultivation 20 days indoor and 40 days on the sea
C: Cultivation 30 days indoor and 30 days on the sea

图4 不同下海期幼苗生长大小

Fig. 4 The size of seedlings transferred to sea at different times

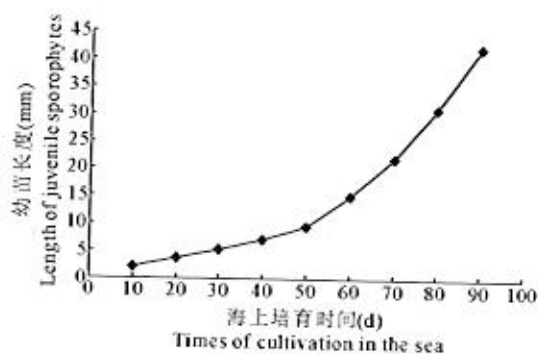
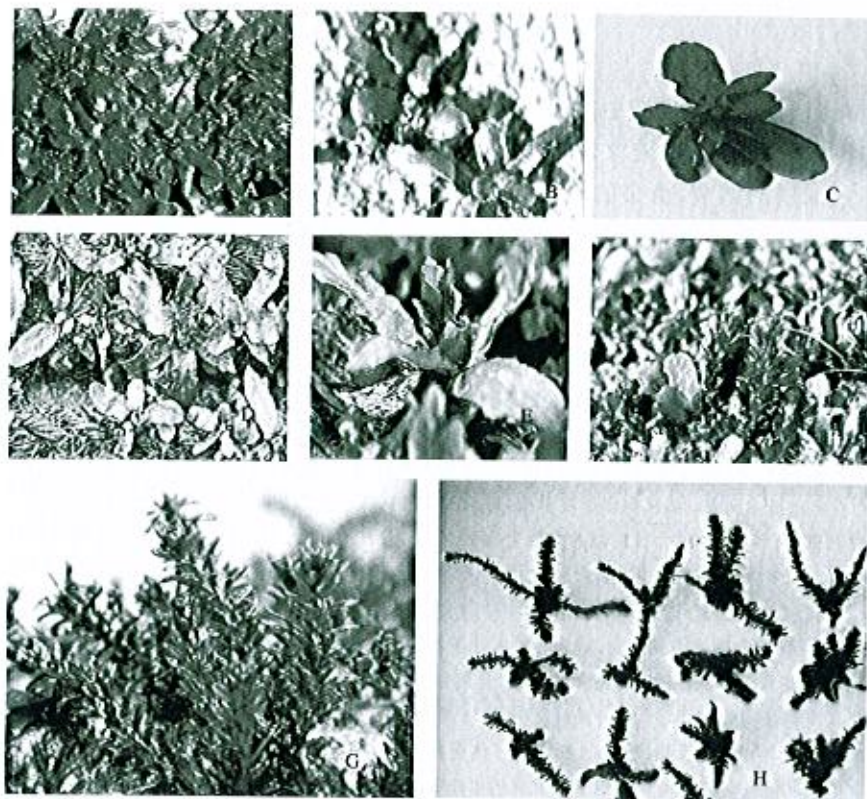


图5 幼苗下海后90 d的生长曲线

Fig. 5 Growth of *S. thunbergii* juvenile sporophytes after growing out at sea for three months



A: 培育 40 d, 叶片初生叶片 2~3 个; B: 培育 50 d, 初生叶片 4~5 片; C: 培育 60 d, 初生叶片 4~8 片; D: 培育 65 d, 直立枝开始萌发; E: 培育 70 d, 直立枝 0.5 cm; F: 培育 80 d, 直立枝 1~2 cm; G: 培育 100 d, 直立枝 3 cm; H: 培育 100 d 以上, 直立枝 3~4 根, 长度 4~6 cm

A: Cultured for 40 days, 2~3 new-born leaves; B: Cultured for 50 days, 4~5 new-born leaves

C: Cultured for 60 days, 4~8 new-born leaves; D: Cultured for 65 days, uprightbranch sprouting

E: Cultured for 70 days, uprightbranch reached 0.5 cm; F: Cultured for 80 days, uprightbranch reached 1~2 cm

G: Cultured for 100 days, uprightbranch reached 3 cm; H: Cultured for Over 100 days, uprightbranch reached 4~6 cm

H: Cultured for 120 days, uprightbranch reached 4~6 cm

图版 II 鼠尾藻人工幼苗不同生长及发育时期观察

Plate II Growth and development of *S. thunbergii*

2.5 杂藻防除方法及效果

海藻人工育苗过程中,杂藻附着是很重要的问题。无论在室内培育还是在海上养殖,由于各种杂藻的生长速度往往比育苗海藻更快、适温和适光范围更广,所以苗帘一旦被大量杂藻覆盖,特别是在幼苗刚下海的幼小阶段,往往造成育苗海藻窒息死亡、大量脱苗,结果导致人工育苗或养殖的失败。通过3年的鼠尾藻育苗实践,作者认为以下几个措施比较有效:(1)加大采苗密度。较大的采苗密度,可在附着基上形成种群优势,不给杂藻留有空间。(2)洗刷苗帘。采苗后2~3 d轻轻擦洗苗帘,4~5 d后将苗帘在水面拍打冲洗,7 d后采用电动压力喷水器冲刷苗帘,苗帘下海后采用柴油动力压力喷水器冲刷苗帘,可有效清除污泥和杂藻孢子附着。(3)提前采苗、缩短室内培育时间。利用南方种菜以及提前促熟的山东本地种菜,可将常规采苗时间提前50 d,将室内培育时间缩短到10~15 d,提前下海培育,在海上高温季节到来之前,使鼠尾藻幼苗快速生长,形成较大规格苗种,可有效抵御各种杂藻附着的危害。(4)浸泡苗帘。对已附着在苗帘上的绿藻类杂藻,可采用 $5\sim 10\times 10^{-4}$ 的柠檬酸溶液浸泡苗帘30 min,浸泡后绿藻类杂藻较易除去;对苗帘上的多管藻、三叉仙菜等红藻类杂藻,采用淡水浸泡苗帘1 h,浸泡后苗帘上的红藻类杂藻经洗刷后较易去除。

3 结论

通过3年的育苗实践证明,采用南方成熟早的种菜和北方海区人工促熟的种菜,提前50 d采苗,缩短室内培育时间为10~15 d,苗帘提前下海培育,即可在海上适宜温度下使鼠尾藻幼苗快速生长,迅速达到较大规格的种苗,通过苗帘不同水层的调节,苗帘的清洗和杂藻防除技术,海上培育3个多月后,实现鼠尾藻幼苗4~6 cm左右,完全达到养成苗标准。该生产实践为鼠尾藻规模化人工育苗的开发提供了新的方法依据。

参 考 文 献

- 王增福,刘建国. 2007. 鼠尾藻 *Sargassum thunbergii* 有性生殖过程与育苗. 海洋与湖沼, 38(5):453~457
- 王飞久,孙修涛,李 峰. 2006. 鼠尾藻的有性繁殖过程和幼苗培育技术研究. 海洋水产研究, 27(5):1~6
- 刘启顺,姜洪涛,刘雨新,刘洪斌,童 伟,张学超. 2006. 鼠尾藻人工育苗技术研究. 齐鲁渔业, 23(12):5~9
- 李生尧. 2001. 羊栖菜生产性育苗技术研究. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 20(3):251~255
- 张泽宇,李晓丽,韩余香,曹淑青,由学策. 2007. 鼠尾藻的繁殖生物学及人工育苗的初步研究. 大连水产学院学报, 22(4):255~259
- 张尔贤,俞丽君,肖 湘. 1995. 多糖类物质对 O_2^- 和 OH^- 的清除作用. 中国生化药物杂志, 16(1):9~11
- 邹吉新,李源强,刘雨新,张庭卫,王义民. 2005. 鼠尾藻的生物学特性及筏式养殖技术研究. 齐鲁渔业, 22(3):25~29
- 郑 怡,陈均华. 1993. 鼠尾藻生长和生殖季节的研究. 福建师范大学学报(自然科学版), 10(1):101~105
- 郑 怡. 1994. 福建部分海藻凝胶素的监测. 福建师范大学学报(自然科学版), 10(1):101~105
- 韩晓弟,李岚萍. 2005. 鼠尾藻特征特性与利用. 特种经济动植物, 1:27
- 詹冬梅,李美真,丁 刚,宋爱环,于 波,黄礼娟. 2006. 鼠尾藻有性繁育及人工育苗技术的初步研究. 海洋水产研究, 27(6):55~59
- 潘金华,张全胜,许 博. 2007. 鼠尾藻有性繁殖和幼孢子体发育的形态学观察. 水产科学, 26(11):589~592
- Aral, A., Aral, S., and Miura, A. 1985. Growth and maturation of *Sargassum thunbergii* (Mertens ex Roth), O. Kuntze (Phaeophyta, Fucales) at Kominto, Chiba Prefecture, Jap. Phycol. 33:160~166
- Nakamura, Tatewaki, Y. M., Nakahara, H., and Saito, S. 1971. The seasonal variation of standing crops of *Sargassum thunbergii*. Interim Rep. of the Kuroshio Litteral Region Research Group for J. IBP. PM. 15~17
- Umezaki, I. 1974. Ecological studies of *Sargassum thunbergii* (Mertens) G. Kuntze in Maizuru Bay, Japan. Sea. Bot. Mag. Tokyo, 87:285~