

北方用维尼纶苗帘培育海带夏苗的实验研究

潘金华¹, 张壮志¹, 孙娟¹, 李晓捷¹, 曲善村¹, 盛宝利¹, 杨官品²

(1. 山东东方海洋科技股份有限公司, 国家海藻与海参工程技术研究中心, 山东省海藻遗传育种与栽培技术重点实验室, 山东 烟台 264003; 2. 中国海洋大学 海洋生命学院, 山东 青岛 266003)

摘要: 根据南方和北方海带夏苗培育采用苗帘苗绳差异, 在山东烟台国家级海带良种场海带育苗基地进行两种夏苗培育工艺的实验研究。在同一个育苗车间内, 利用种海带采集游孢子并附苗, 跟踪观测维尼纶苗帘和棕绳苗帘对海带育苗期间配子体发育、孢子体(幼苗)生长的影响, 并比较两种不同苗帘育苗成本差异。结果显示: 相同育苗条件下, 维尼纶苗帘采苗后, 配子体发育速度、孢子体形成速度显著优于棕绳苗帘上的配子体和孢子体; 转化孢子体后, 在育苗第 15~31 天时间内, 维尼纶苗帘海带幼苗相对生长速率(RGR)显著大于棕绳苗帘幼苗($P<0.05$); 维尼纶苗帘幼苗经 55 天培育, 幼苗平均长度长至 $1.53\text{ cm} \pm 0.13\text{ cm}$, 达到出库下海暂养规格, 此时棕绳苗帘幼苗平均长度约 $0.47\text{ cm} \pm 0.03\text{ cm}$ 。至 70 天, 棕绳苗帘幼苗平均长度约 $1.78\text{ cm} \pm 0.19\text{ cm}$, 维尼纶苗帘幼苗平均长度达 $7.87\text{ cm} \pm 1.35\text{ cm}$, 显著大于棕绳苗帘幼苗。采用维尼纶苗帘育苗, 每 1 m^3 育苗水体育苗量约为 60 万株, 综合育苗成本约为 23 元/万株, 采用棕绳苗帘育苗, 每 1 m^3 育苗水体育苗量约 40 万株, 综合育苗成本约为 31 元/万株。综上所述, 北方采用维尼纶帘进行海带育苗在生产上具有可行性, 并且可降低生产成本约 25.8%。

关键词: 海带; 南北方; 夏苗培育; 维尼纶绳苗帘; 棕绳苗帘; 比较

中图分类号: S968.42

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2017)08-0009-07

DOI: 10.11759/hyxx20170224002

根据 2015 年统计数据, 我国海带养殖面积约 4.36 万 hm^2 , 干海带产量达到 141.1 万 t, 是世界上海带养殖面积最大、产量最高的国家。其中, 山东和福建海带养殖面积分别为 1.7 和 1.8 万 hm^2 , 占全国养殖面积的 80.3%, 产量分别为 55.6 万 t 和 64.2 万 t, 占全国海带总产量的 84.9%, 山东和福建两省海带夏苗产量分别为 86 亿株和 240.87 亿株, 占全国育苗总量的 97% 以上^[1]。通过以上数据不难看出, 山东和福建两省在我国海带栽培和育苗方面占据重要地位, 海带苗种的培育则是海带栽培养殖的基础和保障。自我国进行大规模海带养殖的苗种来源依靠人工育苗以来, 一直采用夏苗培育法进行海带苗培育, 最初的海带苗培育只在北方(山东地区)进行, 采用棕绳附着基采苗后进行室内培育^[2-4]。后来南方(福建地区)开始进行海带育苗尝试, 最初也是采用和北方相同的棕绳附着基, 但后来经过多年发展, 福建地区海带夏苗培育已经普遍采用维尼纶绳附着基并取得了较好的实际效果^[5], 而山东地区经过几十年的发展一直沿用棕绳附着基进行海带夏苗培育^[6-8]。棕绳附着基处理工艺十分复杂, 前期处理稍有不慎就会导致严重后果^[9-11]。而维尼纶绳的处理则相对简单,

经过煮沸、浸泡去除维尼纶绳生产中的粘合剂后, 即可直接用于育苗。

对棕绳附着基和维尼纶绳附着基海带育苗生产性应用比较研究鲜有报道, 国内只有李静等^[12]在实验室条件下研究比较了棕绳附着基和维尼纶绳附着基实际采苗效果。本研究于 2015 年 7 月底至 10 月中旬, 在山东省烟台市国家级海带良种场海带育苗基地进行南、北方两种夏苗培育工艺的应用比较研究, 以探明棕绳和维尼纶绳两种附着基在海带夏苗

收稿日期: 2016-11-22; 修回日期: 2017-01-18

基金项目: 山东省农业良种工程项目(2016LZGC024); 国家科技支撑计划项目(2012BAD55G01); 国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(2012AA10A406); 山东省现代农业产业技术体系建设专项资金资助项目(SDAIT-26-11)

[Foundation: the Provincial Agricultural Seed Project of Shandong, No.2016LZGC024; the National Technical Supporting Project Foundation, No.2012BAD55G01; National High Technology Research and Development Program of China (863 Program), No.2012AA10A406; Special Funds for Modern Agricultural Industry Technology System Construction of Shandong Province, No. SDAIT-26-11]

作者简介: 潘金华(1982-), 男, 山东临沂人, 高级工程师, 博士, 主要从事大型藻类遗传育种研究, 电话: 0535-6929516, E-mail: panjinhua16@126.com; 李晓捷, 通信作者, 研究员, 电话: 0535-6929510, E-mail: yeslxj@sina.com

培育生产应用中实际育苗效果,并对以两种附着基为基础的育苗工艺,从海带苗生长速度、生产成本、育苗质量等方面进行比较,以期为我国北方使用维尼纶绳苗帘进行海带夏苗培育提供直接参考和指导。

1 材料与方 法

1.1 维尼纶绳和棕绳苗帘

维尼纶绳苗帘: 编织维尼纶绳苗帘所采用的维尼纶绳采购自福建霞浦华盛塑料厂,直径 0.3cm,维尼纶绳处理工序包括:浸泡、洗刷、苗帘编织、浸泡、洗刷,避光存放备用。编织成的维尼纶绳苗帘规格:57 cm×28 cm,共 65 股,每个维尼纶苗帘用维尼纶绳约 37.05 m。

棕绳苗帘: 编织棕绳苗帘所采用的棕绳采购自浙江安永平棕制品厂,直径 0.6 cm,棕绳处理工序包括:干压、翻绳、浸泡、湿压、翻绳、浸泡、抻绳、编织苗帘、燎毛、蒸煮、浸泡、洗帘、暴晒、洗刷,避光存放备用。编织成的棕绳苗帘规格:110 cm×40 cm,共 50 股,每个棕绳苗帘用棕绳约 55 m。

1.2 种海带处理和附苗

种海带选用海带“东方 7 号”,采用保温车从种海带养殖海区运回育苗基地,运输时间 2 小时以内,到达育苗基地后,经常温海水冲洗浮泥等杂质,再经制冷海水(12~15℃)擦洗 2 遍,然后转入放散池。游孢子放散后显微镜镜检游孢子水(目镜 16×10 物镜),游动孢子数量达到 12~15 个/视野,开始附苗。种海带放散温度 6~8℃,不高于 11℃。镜检玻璃片,附苗孢子密度达到 20~25 个/视野后停止附着,苗帘转入育苗池开始培养。

1.3 育苗管理

育苗池及苗帘设置: 单个育苗池大小为长、宽、深分别为 8.5、2.3、0.25m。为消除其他干扰因素,所有苗帘均单层设置,每个育苗池设置维尼纶苗帘 100 个,棕绳苗帘 40 个。

光照调控: 游孢子附着完毕布设苗帘后,基础平均光 1 000 lx,自第 3 天开始,每 3~4 天进行一次升光调控,每次平均提光约 200~300 lx。每天自 6:30 分至 17:00,每 30 min 测定一次光照并进行记录,每次测量光照时在育苗车间内均匀选择 6 个测量点进行测量,每天测量数据为 132 组。本实验研究中实际光照调控数据如图 1 所示。

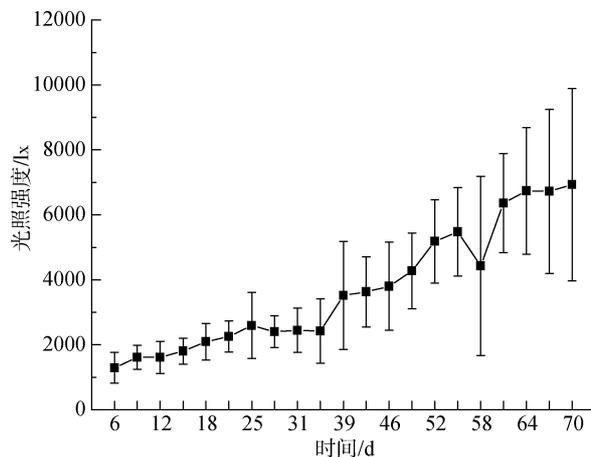


图 1 海带夏苗培育期间海带育苗车间内平均光照强度变化(平均值±SD, $n=132$)

Fig. 1 Illumination dynamic during summer seedling cultivation of kelp (mean ± SD, $n = 132$)

育苗用水: 育苗用水均为沉淀池沉淀 24 h 以上后经过二次砂滤海水,单个车间总水体 800 m³(含独立回水池)。新水量控制方面,配子体至孢子体 8 列阶段,每天补充新水 300~500 m³,占培育水体 37.5%~62.5%,孢子体 8 列至育苗结束,每天补充新水 500~700 m³,占培育水体 62.5%~87.5%。营养盐添加,通过添加硝酸钠(NaNO₃)和磷酸二氢钾(KH₂PO₄),使育苗水体在配子体阶段达到 N=2 mg/L, P=0.2 mg/L; 孢子体 1 列—0.5 cm 阶段 N=3 mg/L, P=0.3 mg/L; 0.5 cm 至出库阶段 N=4 mg/L, P=0.4 mg/L。

苗帘洗刷及清池: 每 2~3 d 对苗帘洗刷 1 次,洗刷压力控制在 0.15~0.2 MPa。

1.4 计算及统计分析

采苗后自第 4 天开始,每天显微镜镜检两种苗帘上配子体发育状态及后续转化孢子体速度。

采苗后自第 15 天开始进行海带苗长度测量,通过显微镜(奥林巴斯 IX51, 幼苗长度 1 mm 时)或解剖镜(奥林巴斯 SZX7-3063, 幼苗长度>1 mm 时)拍照后采用 Image-Pro Plus 图像处理软件分析测量海带幼苗大小,沿育苗车间相应的苗帘区域对角线均匀设置 6 个取样点,每次从各取样点随机选取 5 株,共 30 株($n=30$)观测,直至育苗结束。

计算相对生长速率(Relative Growth Rate, RGR): $RGR=100[\ln(L_1)-\ln(L_0)]/t$,其中, L_0 表示一个观测期起点海带幼苗长度, L_1 表示一个观测期结束时海带幼苗长度, t 为起点至终点天数。海带育苗期间每 3~4 天进行一次升光调控,其相对生长速率计算周期与

升光周期一致。每次取样观测选在上午 9:00 进行。

采用 SPSS17.0 统计软件对海带幼苗生长数据进行单因素方差分析(One-way ANOVA), 并进行 Duncan's 多重比较, 显著水平设为 $P < 0.05$ 。采用 Origin8.0 绘制图表。

2 结果

2.1 两种苗帘配子体发育速度和孢子体转化速度比较

采苗后第 4 天发现(表 1)维尼纶绳苗帘开始转化为 G 期, 第 6 天时棕绳苗帘仅有 50% 游孢子转化为配子体 G 期, 而维尼纶苗帘已经发育至 50% 达到 G

期和 50% 达到 G 期水平; 第 9 天时, 维尼纶绳苗帘几乎全部转化为 G 期, 而棕绳苗帘则基本维持在 G 期; 第 12 天时, 维尼纶绳苗帘基本全部由 G 期转化为 1 列幼孢子体, 而棕绳只出现个别转化的 1 列幼孢子体, 多数仍处于 G 期; 至第 22 天时, 维尼纶绳苗帘全部达到 8 列孢子体, 并出现个别 16 列孢子体, 而棕绳苗帘仍处于 2 列孢子体, 个别达到 4 列孢子体的阶段(表 1); 育苗第 25 天, 维尼纶绳苗帘孢子体已经全部转化为 16 列, 而棕绳苗帘孢子体仍处于 4 列, 个别仍处于 2 列状态(图 2), 维尼纶绳苗帘的配子体发育速度和幼孢子体生长速度明显快于棕绳苗帘。

表 1 维尼纶苗帘和棕绳苗帘海带育苗前期配子体(G)发育及孢子体(S)转化速度

Tab. 1 Gamete development and sporophyte formation in the early stage of summer seedling cultivation using vinylon and palm rope breeding screens

时间(d)	发育阶段		平均光照强度(lx)
	维尼纶苗帘	棕绳苗帘	
4	个别 G 期	—	1000~1200
6	50%G 期, 50%G 期	50%G 期	1300~1400
9	G 期	G 期	1450~1550
12	1 列 S	G 期/个别 1 列 S	1600~1700
15	2 列 S	1 列 S, 个别 2 列 S	1600~1700
18	4 列 S	2 列 S	1750~1850
22	8 列 S, 个别 16 列 S	2 列 S, 个别 4 列 S	1950~2050

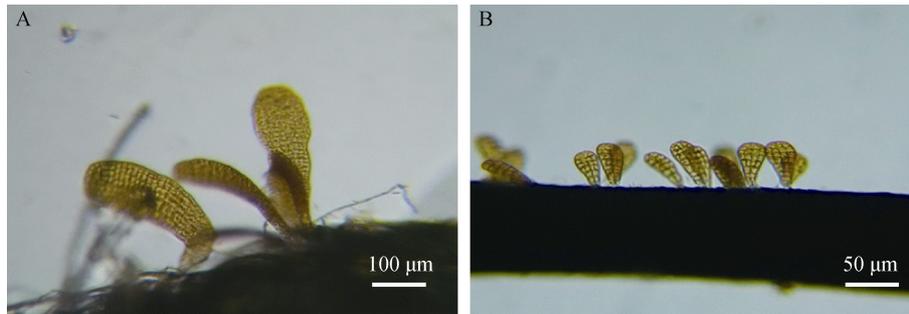


图 2 维尼纶苗帘(A)和棕绳苗帘(B)育苗第 25 天幼苗规格

Fig. 2 Seedling size using vinylon (A) and palm (B) rope breeding screens on day 25

2.2 两种苗帘孢子体生长速度比较

采苗后第 15 天, 维尼纶苗帘上海带幼孢子平均长度约为 $(28.30 \pm 3.52) \mu\text{m}$, 棕绳苗帘上幼孢子体的平均长度约 $(15.54 \pm 3.14) \mu\text{m}$ (图 3), 维尼纶绳苗帘幼孢子体显著大于棕绳苗帘($P < 0.05$)。至第 31 天时, 维尼纶苗帘幼孢子体平均长度约为 $(1.32 \pm 0.18) \text{mm}$, 棕绳苗帘幼孢子体平均长度为 $(0.16 \pm 0.02) \text{mm}$; 至第 39 天时, 维尼纶苗帘幼孢子体平均长度约为 $(2.36 \pm 0.35) \text{mm}$,

棕绳苗帘幼孢子体平均长度为 $(0.56 \pm 0.08) \text{mm}$; 至第 55 天; 维尼纶苗帘幼孢子体平均长度约为 $(1.53 \pm 0.13) \text{cm}$, 海带幼苗已达到出库规格, 而此时棕绳苗帘幼孢子体平均长度仅约为 $(0.47 \pm 0.03) \text{cm}$ (图 3), 远未达到出库下海幼苗规格。至第 70 天育苗全部结束, 维尼纶绳苗帘幼苗长度已长至平均约 $(7.87 \pm 1.35) \text{cm}$, 最大超过 10 cm, 棕绳苗帘幼苗平均长度约为 $(1.78 \pm 0.79) \text{cm}$, 最大约 2.5 cm(图 3)。

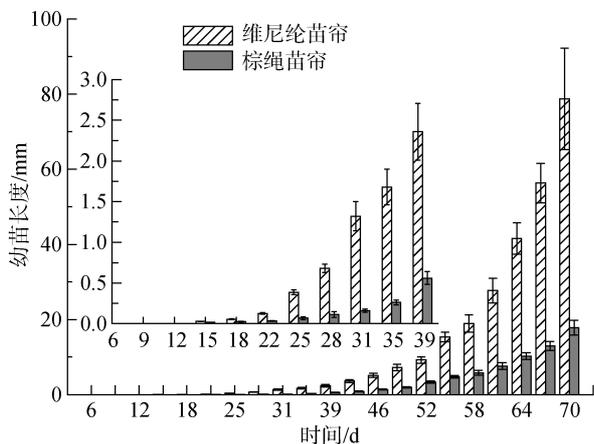


图 3 维尼纶苗帘和棕绳苗帘海带幼苗长度动态(平均值±SD, n=30)

Fig. 3 Dynamics of seedling growth using vinylon (A) and palm (B) rope breeding screens (mean ± SD, n = 30)

从相对生长速率(RGR)的角度,在育苗初期30天内,维尼纶绳苗帘海带苗RGR显著大于棕绳苗帘($P < 0.05$),其中维尼纶幼苗第22~25天周期内RGR高达 $(37.74 \pm 5.59)\%/d$,而棕绳幼苗RGR约为 $(22.87 \pm 2.91)\%/d$,在育苗时间超过1个月之后,维尼纶绳苗帘和棕绳苗帘幼苗RGR互有领先,直至育苗结束(图4)。

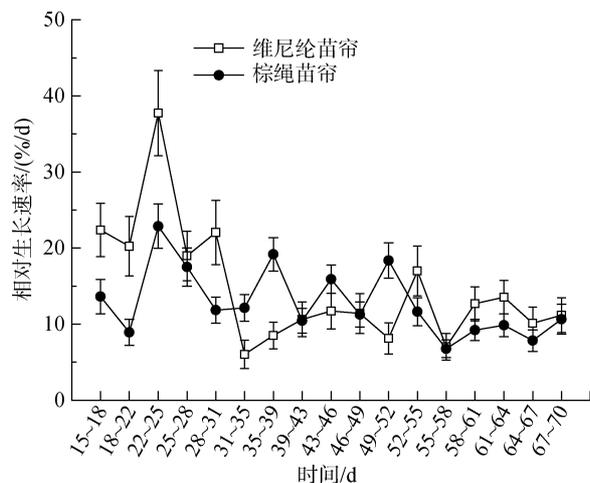


图 4 维尼纶苗帘和棕绳苗帘海带幼苗相对生长速率(平均值±SD, n=30)

Fig. 4 RGR of seedling using vinylon and palm rope breeding screens (mean ± SD, n = 30)

2.3 两种育苗工艺单位水体育苗量及成本比较

本单位海带夏苗培育生产车间育苗池规格为 $8.7 \text{ m} \times 2.5 \text{ m} \times 0.25 \text{ m}$ 育苗,一般育苗水深度约 0.22 m 左右,每个育苗池水体约 5 m^3 。每个维尼纶绳苗帘可出商

品苗3万株,每个棕绳苗帘5万株,每个育苗池可培育维尼纶绳苗帘100帘,棕绳苗帘40帘,因此采用维尼纶绳苗帘育苗,育苗量为 $60 \text{ 万株}/\text{m}^3$,采用棕绳苗帘,育苗量为 $40 \text{ 万株}/\text{m}^3$ (表2)。达到出库下海暂养规格时,采用维尼纶绳苗帘育苗,成本约69元/帘,棕绳则约为155元/帘,根据育苗数量计算成本,维尼纶绳苗帘成本约23元/万株,棕绳苗帘约31元/万株(表2),采用维尼纶绳苗帘至少可节约生产成本25.8%。

表 2 维尼纶苗帘和棕绳苗帘海带育苗成本比较

Tab. 2 Cost comparison of seedling cultivation using vinylon and palm rope breeding screens

项目	维尼纶苗帘	棕绳苗帘
单个苗帘苗绳长度(m/帘)	37.05	55
单位长度苗绳苗量(万株/m)	0.081	0.091
单个苗帘苗量(万株/帘)	3	5
单个育苗池苗帘量(帘/池) ^a	100	40
育苗周期(d)	55	70
单位水体育苗量(万株/ m^3)	60	40
苗帘制作成本(元/帘) ^b	12	50
人力成本(元/帘)	45	65
水体制冷成本(元/帘)	12	40
综合成本 A (元/帘)	69	155
综合成本 B (元/万株)	23	31

注: a. 全部按照单层苗帘计算,不设双层苗帘; b. 苗帘制作成本包含苗绳采购和加工处理费用

3 讨论

3.1 两种苗帘育苗幼苗生长速度差异

海带夏苗培育开始时间主要由种海带发育情况和达到幼苗出库规格时的育苗周期决定。在实际生产当中,只有海水水温稳定维持在 20°C 以下时,海带幼苗下海才安全。在北方海区(辽宁和山东海带养殖海区),一般10月10日以后水温才能降至 20°C 以下,在北方海带夏苗培育工艺条件下达到出库规格(1.5cm左右)一般需要65~70d时间,海带育苗一般8月初开始^[3-4]。本研究中,在北方环境下采用南方维尼纶苗帘进行海带育苗,海带配子体发育速度、转化孢子体速度和孢子体生长速度均显著快于棕绳苗帘。维尼纶绳苗帘由于白色材质,反光特性明显,在相同光照强度条件下,维尼纶绳苗帘的配子体、幼孢子体所受到的光照相对较强且更加均匀,直接导致了前期阶段,维尼纶绳苗帘的配子体发育速度和幼

孢子相对生长速率远高于棕绳苗帘,这与李静等^[12]在实验室光照培养箱内试验得出的研究结论一致。而随着幼苗的生长,苗绳逐渐被幼苗覆盖,维尼纶绳的反光特性变得越来越不明显,因此育苗中后期维尼纶绳苗帘和棕绳苗帘上海带幼苗相对生长速率差异不再明显。但是由于前期维尼纶绳苗帘幼苗快速生长,幼苗个体较大,因此即使在中后期相对生长速率相近的情况下,维尼纶绳苗帘幼苗个体也远大于棕绳苗帘,在育苗第 55 天时已经达到出库下海暂养规格。

3.2 两种苗帘育苗成本分析

工厂化海带夏苗培育,除了前期基础设施建设投入巨大之外,育苗期间的主要成本为苗帘准备和制作、育苗用水制冷能耗和人力成本,其中苗帘准备和制作成本取决于苗帘制作选用的不同苗绳材料,维尼纶绳制作苗帘工序相对简单,而棕绳制作苗帘却工艺十分复杂^[10-12, 14],大大提高了成本。维尼纶绳苗帘单个苗帘制作成本约 12 元/帘,而棕绳苗帘制作成本高达 50 元/帘,维尼纶绳苗帘单个苗帘标准出苗量实际为 3 万株,棕绳苗帘为 5 万株,换算成单个苗帘相同出苗量 5 万株,维尼纶绳 5 万株出苗量折合苗帘加工成本为 20 元,远低于棕绳苗帘成本。确定海带育苗苗绳材质之后,苗帘制作成本相对固定,而育苗水体制冷费用则与育苗周期息息相关,育苗周期越长,育苗用水制冷设备运行的时间越久,能耗费用则越高。通过闭光抑制海带配子体的发育,将苗帘集中存放一段时间的策略可以在一定程度上减少制冷费用,从而可以降低育苗生产成本^[15]。在本次试验中,采用维尼纶绳苗帘育苗实际达到出库规格的时间比采用棕绳提前 15 d,海带苗提前达到出库规格,大大缩短育苗周期,进一步降低育苗成本。综合比较而言,具体到每万株海带幼苗育苗成本,采用维尼纶绳苗帘较棕绳苗帘可节约生产成本约 25.8%,如果进一步将南方育苗工艺引进并吸收、改进,育苗成本还有进一步降低空间。

3.3 两种苗帘育苗变形烂病害发生情况

海带育苗期间主要病害有变形烂、孢子体解体、白尖病等,其中变形烂是比较致命的一种病害,且变形烂发病期一般发生在孢子体 2~4 列左右,一旦大规模发生将会对海带育苗生产带来不可挽回的重大损失^[13]。维尼纶绳苗帘海带苗由于前期生长速度快,幼孢子体 2~4 列发育时间仅需 4~5 d 的时间,就

能很快过度到 8 列孢子体,发育迅速,从而能够快速度过变形烂病害易发期。而棕绳苗帘 2~4 列孢子体持续时间达 10 d 以上,长时间的生长缓慢容易导致海带幼孢子体变形烂病害发生,因此在实际育苗生产过程中,棕绳苗帘在幼孢子体 2~4 列期间经常会发现变形烂幼苗,而维尼纶绳苗帘育苗在 2~4 列期间几乎见不到变形烂病害发生。海带苗 2~4 列阶段,幼苗并未完全覆盖苗绳,维尼纶苗帘白色苗绳可部分反光,因此在相同的控光条件下,维尼纶苗帘上的海带幼苗可接收到相对更强和更加均匀的光照,促使该阶段海带幼苗能够比较快速生长。因此相比棕绳苗帘,采用维尼纶苗帘进行海带夏苗培育相对更加安全。

综上所述,本研究在北方相同育苗环境下进行维尼纶绳苗帘和棕绳苗帘海带育苗,南方海带育苗所采用的维尼纶绳苗帘在北方完全可用,采用维尼纶绳苗帘在北方育苗,在同等光照条件下幼苗生长速度更快,不会发生变形烂病害,大大提高育苗生产安全性,提高苗种质量水平,增加单位水体出苗量,可将育苗周期由原来的棕绳苗帘的 65~70 d 时间缩短至 55 d 左右,育苗成本可降低约 25.8%。采用维尼纶绳苗帘进行海带育苗,设置双层帘育苗试验将会是下一步实验研究的方向之一。

参考文献:

- [1] 农业部渔业渔政管理局. 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2016: 250-287.
The fishery administration of the ministry of agriculture. Chinese Fishery Statistical Yearbook[C]. Beijing: China Agriculture Press, 2016: 250-287.
- [2] 曾呈奎, 王素娟, 刘思俭, 等. 海藻栽培学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1985.
Zeng Chengkui, Wang Shujuan, Liu Sijian, et al. Marine Algae Culture Science[M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 1985.
- [3] 张德亮. 海带工厂化低温育苗法及其科学技术基础[J]. 水产科学情报, 1990, 17(2): 34-38.
Zhang Deliang. Low seawater temperature seedling raising method of kelp in factory and its foundation of science and technology[J]. Fisheries Science and Technology Information, 1990, 17(2): 34-38.
- [4] 刘德厚. 海带工厂化自然光育苗法的研究[J]. 齐鲁渔业, 1991, 8(2): 35-39.
Liu Dehou. Study on natural light seedling raising method of kelp in factory[J]. Journal of Shandong Fisheries, 1991, 8(2): 35-39.
- [5] 黄祖源. 福建海带度夏苗培育应注意的若干技术问题

- 题[J]. 福建水产, 1986, 1: 44-49.
- Huang Zuyuan. Several technical problems that should be focused on in summer seedling raising of kelp in Fujian[J]. Journal of Fujian Fisheries, 1986, 1: 44-49.
- [6] Zhang Q S, Tang X X, Cong Y Z, et al. Breeding of an elite *Laminaria* variety 90-1 through inter-specific gametophyte crossing[J]. Journal of Applied Phycology, 2007, 19: 303-311.
- [7] Li X J, Cong Y Z, Yang G P, et al. Trait evaluation and trial cultivation of Dongfang No.2, the hybrid of a male gametophyte clone of *Laminaria longissima* (Laminariales, Phaeophyta) and a female one of *L. japonica*[J]. Journal of Applied Phycology, 2007, 19: 139-151.
- [8] Li X J, Liu J L, Cong Y Z, et al. Breeding and trial cultivation of Dongfang No.3, a hybrid of *Laminaria* gametophyte clones with a more than intraspecific less than interspecific relationship[J]. Aquaculture, 2008, 280(1-4): 76-80.
- [9] 刘德厚, 王作朴, 张登志, 等. 海带育苗几项重要技术新探[J]. 齐鲁渔业, 1991, 8(2): 3-7.
- Liu Dehou, Wang Zuopu, Zhang Dengzhi, et al. A new exploration on several critical techniques of kelp seedlings raising[J]. Journal of Shandong Fisheries, 1991, 8(2): 3-7.
- [10] 焦自芸. 海带附着基——棕帘[J]. 齐鲁渔业, 2001, 3: 21.
- Jiao Ziyun. Substratum of kelp seedling raising—— palm rope breeding screen[J]. Journal of Shandong Fisheries, 2001, 3: 21.
- [11] 刘敏, 沈连进. 海带育苗苗帘棕毛过多防止措施[J]. 中国水产, 1993, 10: 32.
- Liu Min, Shen Lianjin. Measures for preventing excessive palm fiber on seedling breeding screen of kelp[J]. China Fisheries, 1993, 10: 32.
- [12] 李静, 逢少军, 苏丽. 白色维尼纶和褐色棕绳培育海带夏苗的效果分析[J]. 中国农业科技导报, 2015, 17(6): 118-124.
- Li Jing, Pang Shaojun, Su Li. Effect analysis on white vnylon and brown palm fiber in cultivating summer seedlings of seaweed *Saccharina Japonica*[J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2015, 17(6): 118-124.
- [13] 钱瑞, 张壮志, 李晓捷, 等. 我国海带育苗期间病害发生及防治措施[J]. 中国水产, 2016, 6: 96-99.
- Qian Ri, Zhang Zhuangzhi, Li Xiaojie, et al. Disease epidemic and prevention measures in kelp seedling raising in China. China Fisheries, 2016, 6: 96-99.
- [14] Li X J, Zhang Z Z, Qu S C, et al. Breeding of an intraspecific kelp hybrid Dongfang no. 6 (*Saccharina japonica*, Phaeophyceae, Laminariales) for suitable processing products and evaluation of its culture performance[J]. Journal of Applied Phycology, 2016, 28(1): 439-447.
- [15] 梅俊学, 侯旭光, 李信华. 节能型海带育苗新技术——黑暗流水储存配子体[J]. 海洋科学, 2015, 39(3): 118-124.
- Mei Junxue, Hou Xuguang, Li Xinhua. Preserving gametophytes on substrates as an economical approach for the production of *Saccharina japonica* seedlings[J]. Marine Sciences, 2015, 39(3): 118-124.

Experimental research on summer seedling cultivation of *Saccharina japonica* using vinylon rope breeding screen in North China

PAN Jin-hua¹, ZHANG Zhuang-zhi¹, SUN Juan¹, LI Xiao-jie¹, QU Shan-cun¹, SHENG Bao-li¹, YANG Guan-pin²

(1. National Algae and Sea Cucumber Engineering and Technique Research Center, Key Laboratory of Algae Genetic Breeding and Cultivation Techniques of Shandong Province, Shandong Oriental Ocean Sci-tech Co., Ltd., Yantai 264003, China; 2. College of Marine Life Sciences, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Received: Nov. 22, 2016

Key words: *Saccharina japonica*; South and North China; summer seedling cultivation; vinylon rope breeding screen; palm rope breeding screen; comparison

Abstract: According to differences in seedling rope used in South and North China, this study was conducted at the State Seed Breeding Farm of Kelp in Yantai using vinylon and palm rope breeding screens in the same workshop. Gamete development and young sporophyte growth were continuously monitored for detecting the difference between the two types of breeding screens. The results indicated that the rates of gamete development and sporophyte growth were significantly faster using the vinylon screen than using the palm screen ($P < 0.05$). After sporophyte formation, from breeding days 15 to 31, the relative growth rate of sporophytes was significantly higher using the vinylon screen than using the palm screen ($P < 0.05$). On breeding day 55, the mean length of the sporophytes using the vinylon screen increased to $1.53 \text{ cm} \pm 0.13 \text{ cm}$ and reached the size to be fostered out of the workshop on the sea, whereas that of the sporophytes using the palm screen only increased to $0.47 \text{ cm} \pm 0.03 \text{ cm}$ on an average. When seedling cultivation ended on breeding day 70, the sporophytes on the palm screen increased to $1.78 \text{ cm} \pm 0.19 \text{ cm}$ on an average, whereas those on the vinylon screen had a mean length of $7.87 \text{ cm} \pm 1.35 \text{ cm}$. The general cost for cultivating 10,000 seedlings using the vinylon breeding screen was 23 yuan RMB, with 600,000 seedlings/ 1-m^3 seawater being produced; in contrast, the general cost for cultivating 10,000 seedlings using the palm breeding screen was 31 yuan RMB, with 400,000 seedlings/ 1-m^3 seawater being produced. In conclusion, the use of vinylon breeding screens for cultivating summer seedlings of kelp in North China is practical and feasible and can reduce the cost by 25.8%.

(本文编辑: 梁德海)