

贻贝附着基海带苗种运输技术探究

吕继发¹, 杜欣欣¹, 曲学伟², 刘升平¹

(1. 青岛农业大学 海洋科学与工程学院, 山东 青岛 266109; 2. 烟台市牟平区海洋发展和渔业局, 山东 烟台 264199)

摘要: 中介生物辅助大型海藻海底基质附着技术, 是采用海面撒播苗种方法, 进行大型海藻海底增殖的核心技术。研究发现, 该贝、藻复合体苗种的运输比普通水产苗种运输难度显著增加。本文采取传统的干运、水运以及发明的淋水运输 3 种不同方式, 进行了贻贝附着基海带苗种运输技术研究。结果表明: 干运 3 h 内苗种的存活率和生长速度与对照组差异不显著($P>0.05$); 水运 1 h 以上苗种的存活率与对照组差异显著($P<0.05$); 淋水运输 24 h 内苗种的存活率和生长速度与对照组差异不显著($P>0.05$)。实验说明: 水运不适合该苗种运输; 在露空时间 3 h 以内, 干运是最经济、最便捷的苗种运输方法; 在露空 24 h 以内, 采取淋水运输能够保证苗种的成活率, 可以作为该苗种常规的运输方法。

关键词: 海带; 增殖; 中介生物; 苗种; 运输

中图分类号: S981.9 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2019)06-0088-07

DOI: 10.11759/hyhx 20190304001

自 20 世纪 60、70 年代开始, 世界各海洋发达国家相继提出建设海洋牧场的构想, 随后大型海藻的底播增殖问题成为藻类学界及相关领域的热点研究问题。目前, 世界海洋渔业资源可捕量基本达到了极限^[1], 海洋牧场是我国海洋渔业新一轮产业升级的重要方向之一。

在我国, 杨红生将海洋牧场定义为“基于海洋生态学原理和现代海洋工程技术, 充分利用自然生产力, 在特定海域科学培育和管理渔业资源而形成的人工渔场”, 并对海洋牧场的发展历程存在问题、发展理念和发展对策进行了全方位的分析^[2]。

在海洋牧场建设中, 大型海藻的作用不容忽视。俞仙炯等^[3]提出海洋植物主要是大型海藻能够为海洋牧场提供物质能量、发挥重要碳汇作用和提供良好生态环境。李恒等^[4]分析了藻场的生态作用及人工藻场建设的现状, 提出天然藻场退化严重, 建设人工藻场是改善近海生态环境、增加海洋生物资源量的重要手段。大型海藻资源增殖是海洋牧场建设的基础, 世界各国藻类学家对人造海底藻场的构建方法进行了广泛的研究^[5-9], 但是至今未形成低成本、产业化的技术方案。

刘升平等自 2010 年开始, 创立了中介生物辅助大型海藻苗种海底基质附着技术: 本方案通过中介生物(作为大型海藻人工育苗的附着基, 并帮助大型

海藻苗种在海底完成二次附着的附着生活型瓣鳃纲贝类称为中介生物)把大型海藻苗种固定于海底基质后, 大型海藻固着器再通过生长固着于海底基质上, 从而实现了采取海面撒播苗种的方法进行大型海藻底播增殖的目的。以苗种进行底播增殖, 成本低、技术简单, 可望成为今后进行大型海藻底播增殖的产业化技术路线^[10-11]。对于在全球范围内解决海底荒漠化、海洋生态失衡(大型海藻资源匮乏)、海洋生态修复、海洋牧场建设及水产养殖海底开发等相关问题有重大意义。

研究发现, 该贝藻复合体苗种的运输难度较大。采取常规的干运、水运两种运输方式^[12-17]进行实验, 均未达到理想效果, 随后根据该苗种的特性, 发明了淋水运输技术, 本文即为该研究报告, 旨在建立

收稿日期: 2019-03-04; 修回日期: 2019-04-16

基金项目: 国家级星火计划项目(2015GA740001); 农业部 948 项目(2010-Z25); 山东省科技发展计划项目(2013GGB01062); 山东省现代农业产业技术体系藻类产业创新团队项目(SDAIT26)

[Foundation: The project supported by the National Spark Program, No. 2015GA740001; 948 Project of Chinese Ministry of Agriculture, No. 2010-Z25; Science and Technology Development Plan of Shandong, No. 2013GGB01062; Shandong Province Modern Agricultural Technology System Algae Industrial Innovation Team, No. SDAIT26]

作者简介: 吕继发(1992-), 男, 山东青岛人, 硕士研究生, 研究方向: 海洋牧场建设, 电话: 18353230732, E-mail: Ljifa88@163.com; 刘升平, 通信作者, 教授, 研究方向: 大型海藻增殖、海洋生态修复及海洋牧场, E-mail: Lshengping88@163.com

一种成本低廉、技术简单、解决群众生产的苗种运输方式。

1 材料与方 法

1.1 材 料

1.1.1 贻贝附着基海带苗种

利用本团队在烟台牟平实验基地培育出的贻贝附着基海带苗种,经中间育成后,海带苗种规格达到 16 mm 时,开始本实验。

1.2 方 法

1.2.1 实验要求

苗种从中间育成海域取出进行实验,实验完毕后,移回中间育成海域,实验温度控制在 $(10\pm 0.2)^{\circ}\text{C}$ ^[18-19],实验设置 3 个平行组。

表 1 干运时间分组(h)

Tab. 1 Grouping of dry transportation time (h)

对照组	实验组 I	实验组 II	实验组 III	实验组 IV	实验组 V	实验组 VI	实验组 VII	实验组 VIII	实验组 IX
0	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8

表 2 单位水体贻贝承载量实验分组(g/L)

Tab. 2 Grouping of mussel carrying capacity per unit seawater (g/L)

实验组 I	实验组 II	实验组 III	实验组 IV	实验组 V	实验组 VI
20	40	80	160	320	640

表 3 水运震荡时间分组(h)

Tab. 3 Grouping of oscillation time within water transportation (h)

对照组	实验组 I	实验组 II	实验组 III	实验组 IV	实验组 V	实验组 VI	实验组 VII	实验组 VIII	实验组 IX
0	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8

表 4 淋水运输时间分组(h)

Tab. 4 Grouping of spray transportation time(h)

对照组	实验组 I	实验组 II	实验组 III	实验组 IV	实验组 V	实验组 VI
0	1	2	4	8	16	24

1.2.6 数据测量

单位水体贻贝承载量实验每隔 6 h 测量 1 次贻贝存活率,实验结束后,将贻贝送至养殖海域暂养 3 d 后,再次测量 1 次存活率,通过贻贝双壳的紧闭程度来判断贻贝的活力状态,以多次外力挤压刺激而无自动闭壳现象作为死亡判断依据。

贻贝附着基海带苗种经不同运输方式处理后,每 7 d 测量 1 次生长速度,28 d 后测量其存活率。

1.2.2 干运实验

在贻贝附着基海带苗种上方与下方均平铺一层提前浸透海水的干品大叶藻,模拟干运运输状态,具体为每层苗种上方、下方平铺 2 cm 厚大叶藻^[13]。

1.2.3 水运实验-1

将紫贻贝置于 10 L 塑料桶内,按照实验分组要求控制单位水体贻贝的承载量,实验过程中充气培养,实验时间为 24 h。

1.2.4 水运实验-2

利用摇床周期性震荡模拟实际水运中的颠簸,单位水体贻贝承载量为 640 g/L(即海水刚刚没过贻贝表面),实验过程中充气培养。

1.2.5 淋水运输实验

用水泵与喷头连接,在贻贝附着基海带苗种上侧淋水,模拟实际淋水运输实验。

1.2.7 数据处理

利用 SPSS18.0 软件进行单方差分析,显著性水平设为 $P<0.05$ 。

$$\text{公式: } k = \frac{X_t}{X_0} \times 100\%$$

$$\text{公式: } \bar{v} = \frac{L_t - L_0}{t}$$

式中, k 代表存活率, X_t 、 X_0 分别代表实验终止存活个数与实验初始存活个数; \bar{v} 代表测量周期内的平均

生长速度, L_t 、 L_0 分别代表每个测量周期终止和初始时长, t 代表测量周期天数。

2 结果与分析

2.1 干运

2.1.1 干运对贻贝附着基海带苗种存活率的影响

图 1 表明: 干运 3 h 以内各组的存活率与对照组比较差异不显著($P>0.05$), 4 h 以上各组的存活率与对照组比较差异显著($P<0.05$), 随着干运时间的增加, 显著性增加。

2.1.2 干运对贻贝附着基海带苗种生长速度的影响

表 5 表明: 在每一次测量中, 干运 3 h 以内各组的生长速度与对照组差异不显著($P>0.05$), 4 h 以上各组的生长速度与对照组差异显著($P<0.05$), 随着干运时间的增加, 显著性增加。

2.2 水运

2.2.1 单位水体贻贝承载量实验

表 6 表明: 单位水体贻贝承载量低于 80 g/L 的各组存活率差异不显著($P>0.05$), 高于 160 g/L 后存

活率开始出现显著性差异($P<0.05$)。

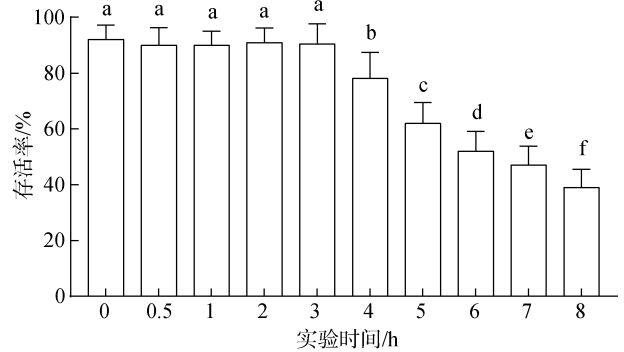


图 1 干运对贻贝附着基海带苗种存活率影响

Fig. 1 Effects of dry transportation on the survival rate of mussel-kelp

柱状图上的不同字母表示在 $P<0.05$ 具有显著性差异

2.2.2 水运对贻贝附着基海带苗种存活率的影响

图 2 表明: 水运 0.5 h 以内实验组存活率与对照组差异不显著($P>0.05$), 1 h 以上各组的存活率与对照组差异显著($P<0.05$), 6 h 以上因苗种全部脱落无法测量到结果。

表 5 干运对贻贝附着基海带苗种生长速度的影响

Tab. 5 Effects of dry transportation on the growth rate of mussel-kelp

干运时间/h	第 1 次测量	第 2 次测量	第 3 次测量	第 4 次测量
	生长速度/(mm/d)	生长速度/(mm/d)	生长速度/(mm/d)	生长速度/(mm/d)
0	2.03±0.03 ^a	2.58±0.04 ^a	3.61±0.10 ^a	4.66±0.12 ^a
0.5	2.11±0.04 ^a	2.57±0.02 ^a	3.44±0.11 ^a	4.58±0.07 ^a
1	2.03±0.09 ^a	2.54±0.08 ^a	3.47±0.10 ^a	4.57±0.08 ^a
2	2.04±0.08 ^a	2.60±0.03 ^a	3.60±0.16 ^a	4.67±0.14 ^a
3	2.07±0.03 ^a	2.60±0.06 ^a	3.60±0.12 ^a	4.53±0.18 ^a
4	1.55±0.02 ^b	2.16±0.06 ^b	2.97±0.08 ^b	3.39±0.09 ^b
5	1.16±0.04 ^c	1.68±0.07 ^c	2.47±0.05 ^c	2.93±0.11 ^c
6	0.78±0.05 ^d	1.53±0.04 ^d	2.07±0.06 ^d	2.53±0.09 ^d
7	0.73±0.04 ^d	1.28±0.04 ^e	1.67±0.05 ^e	2.07±0.11 ^e
8	0.57±0.02 ^e	1.08±0.07 ^f	1.38±0.02 ^f	1.64±0.06 ^f

注: 表中同列上标字母相同表示数值间差异不显著($P>0.05$), 同列不同上标字母表示差异显著($P<0.05$)。下同

表 6 不同的单位水体贻贝承载量对贻贝存活率的影响

Tab. 6 Effects of mussel-carrying capacity per unit seawater on the survival rate of mussels

单位水体贻贝承载量/(g/L)	6 h 存活率/%	12 h 存活率/%	18 h 存活率/%	24 h 存活率/%	暂养 3 d 后存活率/%
20	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a
40	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a
80	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a
160	99.01±0.90 ^b	98.25±0.88 ^b	98.08±0.70 ^b	97.24±0.61 ^b	97.24±0.61 ^b
320	97.86±0.44 ^c	97.48±0.43 ^{bc}	96.81±0.54 ^c	96.59±0.49 ^b	96.59±0.49 ^b
640	97.65±0.15 ^c	96.49±0.81 ^c	95.14±0.54 ^d	94.01±0.35 ^c	94.01±0.35 ^c

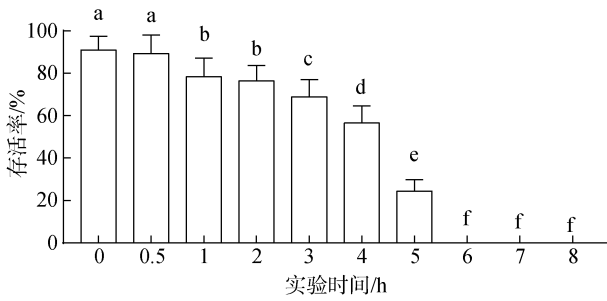


图2 水运对贻贝附着基海带苗种存活率影响

Fig. 2 Effects of water transportation on the survival rate of mussel-kelp

柱状图上的不同字母表示在 $P < 0.05$ 具有显著性差异。下同

表7 水运对贻贝附着基海带苗种生长速度的影响

Tab. 7 Effects of water transportation on the growth rate of mussel-kelp

水运时间/h	第1次生长速度/(mm/d)	第2次生长速度/(mm/d)	第3次生长速度/(mm/d)	第4次生长速度/(mm/d)
0	1.78±0.03 ^a	2.54±0.07 ^a	3.40±0.08 ^a	4.47±0.18 ^a
0.5	1.82±0.09 ^a	2.50±0.03 ^a	3.30±0.08 ^a	4.46±0.20 ^a
1	1.83±0.07 ^a	2.54±0.09 ^a	3.39±0.21 ^a	4.45±0.22 ^a
2	1.84±0.02 ^a	2.52±0.12 ^a	3.33±0.06 ^a	4.50±0.07 ^a
3	1.80±0.03 ^a	2.59±0.06 ^a	3.19±0.24 ^a	4.63±0.23 ^a
4	1.80±0.06 ^a	2.60±0.08 ^a	3.30±0.16 ^a	4.48±0.07 ^a
5	1.72±0.14 ^a	2.52±0.17 ^a	3.42±0.12 ^a	4.52±0.12 ^a
6	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b
7	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b
8	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b

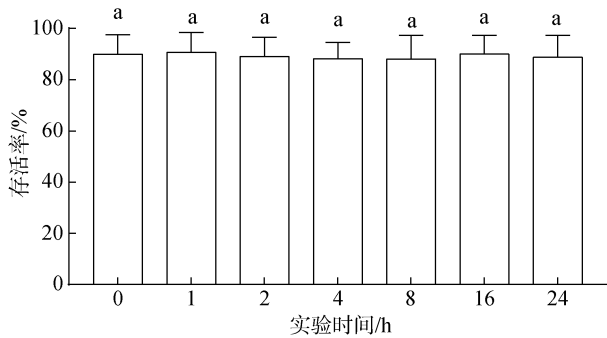


图3 淋水运输对贻贝附着基海带苗种存活率影响

Fig. 3 Effects of spray water transportation on the survival rate of mussel-kelp

3 讨论

3.1 干运

相关研究资料显示：海带(棕绳或维尼纶绳附着基)、裙带菜以及贻贝等瓣鳃纲双壳贝类等单一苗种

2.2.3 水运对贻贝附着基海带苗种生长速度的影响

表7表明：在每一次测量中，水运6h以内各组生长速度与对照组差异不显著($P > 0.05$)，6h以上各组苗因苗种脱落与对照组差异显著($P < 0.05$)。

2.3 淋水运输

2.3.1 淋水运输对贻贝附着基海带苗种存活率的影响

图3表明：淋水运输24h内各组的存活率与对照组差异不显著($P > 0.05$)。

2.3.2 淋水运输对贻贝附着基海带苗种生长速度的影响

表8表明：在每一次测量中，淋水运输24h内各组的生长速度与对照组差异不显著($P > 0.05$)。

运输时，干运运输时间可长达12h左右^[19-20]。在本实验中，3h以内的露空时间对苗种影响较少，经过4h以上的露空后运输后脱苗率大幅度提高。在苗种运输中，取苗、装车撒播需要消耗2h左右时间，3h的露空时间，意味着公路运输的路程只能在100km以内，显然不能满足多数情况下苗种运输的需要。

海带等固着生活型海藻的固着器，是依靠固着器吸盘状的末端，吸附在附着基上，在幼苗阶段，吸盘的固着作用主要依靠固着器组织内的水分保持吸盘的弹性，保证固着效果^[21]，棕绳、维尼纶绳有一定的吸水性，可以在较长时间保持海带幼苗固着器的水分，因此，常规海带苗干运时，只要保持一定的湿度并低温运输，就不会对苗种造成较大伤害。而贻贝壳是不能够吸水的，在经过较长时间的干露后，海带苗固着器失水，吸附能力下降，就会出现海带苗种大量脱落的现象。同时长时间的干露胁迫对海带生长产生不可逆的影响，使其生长速度减缓。这是

表 8 淋水运输对贻贝附着基海带苗种生长速度的影响

Tab. 8 Effects of spray water transportation on the growth rate of mussel-kelp

淋水运输时间/h	第一次生长速度/(mm/d)	第二次生长速度/(mm/d)	第三次生长速度/(mm/d)	第四次生长速度/(mm/d)
0	1.87±0.08 ^a	2.51±0.19 ^a	3.36±0.06 ^a	4.70±0.19 ^a
1	1.92±0.02 ^a	2.58±0.12 ^a	3.44±0.18 ^a	4.60±0.25 ^a
2	1.83±0.07 ^a	2.53±0.08 ^a	3.31±0.11 ^a	4.72±0.26 ^a
4	1.89±0.03 ^a	2.49±0.06 ^a	3.32±0.11 ^a	4.59±0.12 ^a
8	1.90±0.07 ^a	2.55±0.14 ^a	3.34±0.09 ^a	4.77±0.17 ^a
16	1.88±0.07 ^a	2.53±0.17 ^a	3.32±0.24 ^a	4.49±0.13 ^a
24	1.83±0.12 ^a	2.52±0.11 ^a	3.39±0.22 ^a	4.60±0.34 ^a

贻贝附着基海带苗种干运露空时间不能超过 3 h 的原因所在。

3.2 水运

单位水体苗种最大运载量,是决定苗种运输成本的重要参数,因此设置了充气条件下,24 h 内,贻贝最大承载密度实验。实验结果表明:当贻贝承载量在 640 g/L 时,几乎达到水运贻贝的饱和状态(即海水刚刚没过贻贝表面),此时在 24 h 内,充气条件下,贻贝存活率仍保持在 94%左右。说明水运时贻贝密度基本不影响成活率。短时间内(24 h)采取充气方式水运贻贝,一方面,当水质变差时贻贝减少张壳滤水,减轻水环境的继续恶化;另一方面,贝壳紧闭后,外套腔内的水仍然在鳃纤毛的摆动下,维持贻贝短时间内的呼吸。故仅从单位水体贻贝承载量来分析,在 24 h 以内,可以不考虑贻贝的承载量。

水运不对该苗种生长速度产生影响,这是显而易见的,实验也证明了这一点。

然而水运时间超过 1 h 后,运输过程中颠簸产生的水流冲击与机械摩擦使海带苗大量从贻贝壳上脱落,且随着水运时间增加,脱苗现象加剧,当水运时间超过 6 h 后海带苗全部脱落。本实验证明:水运方式不适合该苗种运输。

3.3 淋水运输

在实验证明水运不适合该苗种运输,干运的距离太近不能满足多数情况下的生产需要后,本实验针对该苗种的特点,设计了淋水运输方法,具体技术细节,可以查阅本团队申报的发明专利(《一种贻贝附着基海带苗种淋水运输方法及装置》发明专利受理编号:201811256932.7)。

实验结果表明,淋水运输的露空时间可以达到 24 h,基本满足了各种距离的苗种运输需要;淋水运输对苗种存活率及生长速度的影响分析,均在正常

范围内。

从运输成本方面分析,淋水运输成本会略高于干运运输成本,其运输成本提高在 5%以下;但显著低于水运运输成本。

国内有关于水产品淋浴法运输(类似于淋水运输)的相关报道,谢佳彦^[22]等研究发现,虾蟹类(特别是蟹类)较耐干露,可采用淋浴法运输,长途运输成活率高,车体载水量少,运输成本低,比水运输更具优势。而鱼类因不耐干露,采用水运运输更合适。

对于该苗种而言,当运输时间超过 3 h 时,淋水运输方式是唯一运输方法。作者设计的淋水运输方式技术简单,生产单位很容易应用,可以作为常规运输方法。

4 结论

(1) 干运

贻贝附着基海带苗种运输,在确保总露空时间在 3 h 以内时,可以采取干运的方式进行运输,运输过程中应注意使用浸泡后的干大叶藻等遮盖,并尽量低温。

(2) 淋水

淋水运输方法是贻贝附着基海带苗种的最适宜的运输方式,运输时间超过 3h 以上时,必须采用淋水方式进行苗种运输。

(3) 水运

水运的方法不适合贻贝附着基海带苗种的运输。

参考文献:

- [1] 张国胜,陈勇,张沛东,等.中国海域建设海洋牧场的意义及可行性[J].大连水产学院学报,2003,18(2):141-144.
Zhang Guosheng, Chen Yong, Zhang Peidong, et al. Significance and feasibility of establishing marine

- ranching in Chinese sea area[J]. Journal of Dalian Fisheries University, 2003, 18(2): 141-144.
- [2] 杨红生. 我国海洋牧场建设回顾与展望[J]. 水产学报, 2016, 40(7): 1133-1140.
Yang Hongsheng. Construction of marine ranching in China: reviews and prospects[J]. Journal of Fisheries of China, 2016, 40(7): 1133-1140.
- [3] 俞仙炯, 余盛艳. 海洋植物在海洋牧场建设中的作用[J]. 农村经济与科技, 2017, 28(23): 80-82.
Yu Xianjiong, Yu Shengyan. The role of marine plants in the construction of marine ranches[J]. Rural Economy and Science-Technology, 2017, 28(23): 80-82.
- [4] 李恒, 李美真. 藻场的生态作用及人工藻场建设的现状[J]. 中国水产, 2006, 11: 77-80.
Li Heng, Li Meizhen. Ecological function of algae farm and present situation of construction of artificial algae farm[J]. Chian Fisheries, 2006, 11: 77-80.
- [5] 潘金华. 大叶藻(*Zostera marina* L.)场修复技术与应用研究[D].青岛: 中国海洋大学, 2015.
Pan Jinhua. Study on techniques and applications for *Zostera marina* L. (eelgrass) meadow restoration[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2015.
- [6] 李美真, 詹冬梅, 丁刚, 等. 人工藻场的构建及其生态修复技术研究[A]. 庆祝中国藻类学会成立 30 周年暨第十五次学术讨论会摘要集[C]. 珠海: 中国海洋湖沼学会, 2009: 151.
Li Meizhen, Zhan Dongmei, Ding Gang, et al. Study on construction of artificial algae farm and its ecological restoration technology[A]. Celebrating the 30th Anniversary of the Founding of the Chinese Society of Phycology and the Summary of the 15th Symposium[C]. Zhu Hai: Chinese Society for Oceanology and Limnology, 2009: 151.
- [7] 邹吉新, 姜洪涛, 刘雨新, 等. 刺参增殖礁区增殖海藻的方法[J]. 齐鲁渔业, 2007, 7: 47.
Zou Jixin, Jiang Hongtao, Liu Yuxin, et al. Method of algae proliferation in the reef area of sea cucumber *Apostichopus japonicus*[J]. Shandong Fisheries, 2007, 7: 47.
- [8] 孙建璋, 庄定根, 杨加波, 等. 南麂列岛铜藻增殖技术的初步研究[J]. 渔业信息与战略, 2010, 25(1): 23-27.
Sun Jianzhang, Zhuang Dinggen, Yang Jiabo, et al. Primary study on enhancement technique of *Sargassum horneri* around Nanji Islands[J]. Modern Fisheries information, 2010, 25(1): 23-27.
- [9] 沈金生, 梁瑞芳. 海洋牧场蓝色碳汇定价研究[J]. 资源科学, 2018, 40(9): 1812-1821.
Shen Jinsheng, Liang Ruifang. Study on the blue carbon sink pricing of marine ranch[J]. Resources Science, 2018, 40(9): 1812-1821.
- [10] 刘升平, 赵迎春, 杨宁, 等. 一种人工控制的海底藻场构建方法[P]. 中国专利: ZL201110097016. 5, 2012-12-19.
Liu Shengping, Zhao Yingchun, Yang Ning, et al. A Method of artificially controlled seabed algae field construction[P]. Chinese Patent: ZL201110097016. 5, 2012-12-19.
- [11] 刘升平, 赵迎春, 杨宁, 等. 一种固着生活型海藻幼苗海面播撒方法[P]. 中国专利: ZL201110097012.7, 2012-12-19.
Liu Shengping, Zhao Yingchun, Yang Ning, et al. A method for seedling seeding of fixed living algae on the sea surface[P]. Chinese Patent: ZL201110097012.7, 2012-12-19.
- [12] Barrento S, Marques A, Vaz-Pires P, et al. Live shipment of immersed crabs *Cancer pagurus* from England to Portugal and recovery in stocking tanks: stress parameter characterization[J]. ICES Journal of Marine Science, 2010, 67(3): 435-443.
- [13] King H R. Fish transport in the aquaculture sector: An overview of the road transport of *Atlantic salmon* in Tasmania[J]. Journal of Veterinary Behavior Clinical Applications & Research, 2009, 4(4): 163-168.
- [14] 徐文其, 沈建. 鲍鱼保活运输技术研究进展[J]. 食品与机械, 2014, 4: 146-150.
Xu Wenqi, Shen Jian. Research progress on live transport technology of abalone[J]. Food and Machinery, 2014, 4: 146-150.
- [15] 倪锦, 沈建. 冷海水喷淋对鲍鱼生态冰温保活的影响[J]. 现代食品科技, 2013, 5: 93-95.
Ni Jin, Shen Jian. Use of Refrigerated-seawater spray in keeping *Haliotis discus hannai* alive at ecological ice temperature[J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 5: 93-95.
- [16] 杨州. 水产动物活体运输方法[J]. 水产养殖, 2002, 5(1): 36-41.
Yang Zhou. Aquatic animal transportation in vivo[J]. Journal of Aquaculture, 2002, 5(1): 36-41.
- [17] Wurts W A. Live fish transport using compressed and liquid oxygen[J]. World Aquaculture, 2006, 37(3): 26-27.
- [18] 孙煜阳, 童巧琼, 王文, 等. 厚壳贻贝在不同温度下的干露耐受性研究[J]. 生物学杂志, 2017, 34(4): 42-46.
Sun Yuyang, Tong Qiaoqiong, Wang Wen, et al. Study on enduring exposure and desiccation ability of *Mytilus coruscus* in different temperature and humidity conditions[J]. Journal of Biology, 2017, 34(4): 42-46.
- [19] 翁学勇. 海带苗的出室、运输和暂养[J]. 科学养鱼, 2010, 5: 36-37.
Weng Xueyong. Outdoor, Transportation and temporary

- maintenance of *Laminaria japonica* seedlings[J]. Scientific Fish Farming, 2010, 5: 36-37.
- [20] 潘澜澜, 张国琛, 洪滨, 等. 不同单元化运输条件对活体虾夷扇贝存活率及主要营养成分的影响[J]. 大连海洋大学学报, 2017, 32(5): 590-596.
Pan Lanlan, Zhang Guochen, Hong Bin, et al. Survival and nutrient composition of yesso scallop *Patinopecten yessoensis* in different unitized transport cages during live transportation[J]. Journal of Dalian Fisheries University, 2017, 32(5): 590-596.
- [21] 段德麟, 缪国荣, 王秀良, 等. 海带养殖生物学[M]. 北京: 科学出版社, 2015: 5-7.
Duan Delin, Miao Guorong, Wang Xiurong, et al. Aquacultural Biology of *Saccharina japonica*[M]. Beijing: Science Press, 2015: 5-7.
- [22] 谢佳彦, 朱爱意. 几种重要水产品活体运输技术研究[J]. 水产科学, 2010, 29(9): 532-536.
Xie Jiayan, Zhu Aiyi. The technology of live aquatic animal transportation[J]. Fisheries Science, 2010, 29(9): 532-536.

Investigation of the transport technology of *Mytilus edulis* and *Saccharina japonica*

LV Ji-fa¹, DU Xin-xin¹, QU Xue-wei², LIU Sheng-ping¹

(1. Marine Science and Engineering College, Qingdao Agricultural University, Qingdao, 266109, China; 2. Yantai Muping District Marine Development and Fisheries Bureau, Yantai, 264199, China)

Received: Mar. 4, 2019

Key words: *Saccharina japonica*; proliferation; intermediary organisms; mussel-kelp; seedling transport

Abstract: Intermediary bio-assisted sowing and attachment technology, which uses intermediary organisms (shellfish) as a seabed attachment matrix, is a novel method to achieve bottom seeding proliferation of macroalgae. This technique is accomplished by the formation of shellfish-algae community seedlings in a hatchery workshop, transportation of the seedlings, and sowing of seedlings on the open sea. Transportation of the shellfish-algae seedlings has been found to be more difficult than the transportation of shellfish seedlings and algae seedlings separately. This study evaluated the effects of dry transportation, water transportation, and spray water transportation on the growth and survival rates of mussel-kelp (*Mytilus edulis*-*Saccharina japonica*) seedlings. Results showed that within 3 h of dry transportation, the survival rate and the growth rate of *S. japonica* in the mussel-kelp seedlings were not significantly different from those of the control group ($P > 0.05$). However, the survival rate of *S. japonica* in the mussel-kelp seedlings transported by water for more than 1 h was significantly lower than that of the control group ($P < 0.05$). In spray water transportation within 24 h, there were no significant differences in the survival rate and the growth rate of *S. japonica* in the mussel-kelp seedlings compared with those of the control group ($P > 0.05$). Therefore, based on this experiment, the following conclusions could be drawn: (i) water transportation is not suitable for the transportation of mussel-kelp seedlings, (ii) dry transportation is the most economical and convenient method for the transportation of mussel-kelp seedlings within 3 h, and (iii) spray water transportation can be used for long-distance transport for up to 24 h.

(本文编辑: 康亦兼)