

해중림 모니터링 및 조성사업연구

- 캡슐형 잘피종자 발아 이식기구 및 이를 이용한 연안 바다숲 조성방법 -
구자근

I. 서론

잘피는 해조류와 달리 뿌리를 가지고 꽃이 피고 열매를 맺는 대표적인 바다식물인 해초로 거머리말 이라고도 부르며 지역에 따라 진질, 질피라는 이름으로 불리고 있다.

잘피는 우리나라는 총 8종이 서식하며 우리나라 서해안의 백령도에서 태안반도, 변산반도, 남해안의 완도, 광양만 남해도, 진해만, 부산 가덕도, 제주도, 동해안의 경북 울주군에 이르기까지 우리나라 전해역의 니질 또는 사니질로 조성된 얕은 내만의 파도가 심하지 않은 곳에서 큰 무리를 이루어 서식한다.

잘피는 겨울에 자라기 시작하여 4~6월에 꽃을 피우고 열매를 맺는 다년생 해산 현화식물(꽃이 피는 식물)로 키는 180~220cm, 옆신(잎) 넓이는 1cm내외로, 줄기에는 당분이 많아 과거에는 식용으로 이용되기도 하였고 식물체 자체는 염분이 없어 퇴비로도 이용되었으며 듀공 등 해산 포유류나 새의 먹이가 되기도 한다.



그림 1. 해안의 잘피 군락

잘피는 높은 생산력을 바탕으로 연안 및 하구생태계에서 경제적 가치를 지닌 많은 해양 동물들에게 먹이, 서식처와 산란장 등을 제공해줌으로써 연안의 수산생산력 향상에 매우 중요한 역할을 하고 있으며, 또한 지상부 조직을 통해 해수내의 영양염을 흡수하여 제거하고, 지하부 조직은 저질을 안정화시켜 수질향상 및 연안 환경 정화에 매우 중요한 역할을 함에도 불구하고 잘피 연구가 시작된 것은 전 세계적으로 불과 몇 년 밖에 되지 않았으며 국내에서도 연구가 미미한 실정이다.

이와 관련하여 지상에서 일정크기 이상 자라난 잘피를 해저에 용이하게 이식하기 위한 잘피 이식용 장치를 등록특허 제10-0953803호(참고문헌 1) 및 등록실용신안 제20-0447544호(참고문헌 2)로 본소에서 특허청에 등록한 바 있다.

상기 참고문헌 1은 잘피 이식용 구조물에 관한 것으로, 내부가 빈 수용공간을 갖는 프레임 구조체와, 상기 수용공간의 내부에 고정수단에 의해 설치되며 잘피가 고정되는 곳인 다수개의 고정공간이 형성되는 이식망체, 프레임 구조체를 해저면에 고정하는 고정핀으로 이루어지며 수평방향으로 구획프레임을 더 구비하여 이식망체를 설치할 수 있는 여러 개의 분할된 수용공간을 가지는 구조물이다.

또한, 상기 참고문헌 2는 해초 이식용 조립구에 관한 것으로, 일정간격으로 여러 개의 가로봉에 해초가 배치되는 가로분체, 가로봉에 일정 간격으로 해초를 배치한 후 가로봉과 교차되어 해초가 고정되는 수용공간을 형성하도록 여러 세로봉이 있는 세로분체와, 수용공간에 관통 삽입되어 해저면에 고정되는 고정핀을 포함하여 이루어진 조립구이다.

그런데 참고문헌 1의 잘피 이식용 구조물 및 참고문헌 2의 해초 이식용 조립구는 전체적으로 구조가 복잡할 뿐만 아니라 그 구조가 커서 구조물에 잘피나 해초를 배치한 후 투하지역 또는 목적지에 운반하여 해저면에 옮겨놓거나 고정핀을 이용하여 고정해야하는 등 그 취급에 어려움이 많다.

또한 잘피 이식용 구조물 및 해초 이식용 조립구는 부식으로 재사용이 불가능해 해초 이식을 위한 비용이 많이 소요되는 문제점과 해양의 2차 오염의 우려도 있다.

본 기술은 캡슐형 잘피종자 발아 이식기구 및 이를 이용한 연안 바다숲 조성방법에 관한 것으로, 잘피를 이용한 연안 바다숲을 조성시 별도의 잘피 이식용 구조물이나 해초 이식용 조립구의 필요 없이 바다에 직접 투하하면 자유낙하하여 해저면에 고정되어 이식이 간단하며 이식 이후의 해양의 2차 오염을 최소화하고 잘피종자의 발아 시 생육을 촉진시킬 수 있을 것이라 사료 된다.

II. 재료 및 방법

1. 종자 발아 연구

종자 발아에 대한 연구는 수온별, 호르몬별, 종자 특성별의 3부분으로 나누어서 실험을 실시하였다. 수온별 실험은 2017년 5월 19일부터 2017년 11월 30일까지 실시되었으며 수온에 대한 발아 정도를 관찰하여 실험하였다. 5, 10, 15, 20, 25℃의 5개 실험구를 설정하여 각 20개의 종자별 발아율을 3반복구로 측정하였다. 호르몬 실험은 2017년 9월 1일부터 2017년 10월 30일까지 실시하였으며, 각 20개 종자에 지베렐린, 옥신, 사이토키닌과 대조구를 농도별로 실험하였다. 농도는 50, 100, 150, 200ppm의 실험구를 설정하였고, 침지 시간은 1, 5, 10, 24시간 별로 발아율을 측정하였다. 특성별 실험은 자외선 살균 시간과 자외선 살균력별로 종자의 소득효과(종자 특성별 발아율)에 대한 실험을 하였다. 시간은 1, 5, 10, 24시간, 자외선 살균력은 5, 10, 20, 30 mJ/cm²로 실험구를 설정하여 발아율을 실험하였다.

2. 잘피 종자 발아기구 개발

종자 발아기구의 제작은 물에 녹는 복용캡슐과 종자발아 실험 시 가장 최적화된 발아 종자를 이용하여 바다의 바닥에 쉽게 착저 할 수 있도록 제작하였다. 또한 캡슐을 이루는 각 요소들이 해저의 적소에 작용을 할 수 있도록 모형화 하였다.

3. 현장적용(발아 기구 등을 이용한 바다숲 조성방법 연구)

캡슐형의 잘피종자 발아기구를 개발 후 현장 적용을 위하여 2017년 10월 27일부터 2017년 12월 21일까지 인천광역시 중구 무의지선 연안바다 목장 내 잘피이식용 틀과 더불어 잘피 캡슐을 이용하여 바다숲을 조성하기 위하여 100여수의 잘피 이식과 300여개의 종자 이식을 실시하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 종자 발아 연구

가. 수온별 종자 발아율

각기 다른 수온별 실험에 따른 종자 발아율은 5, 10°C의 실험구만 발아 하였고 15°C 이상의 실험구에서는 발아 하지 않았다. 5°C에서 MGT, MDG, T50 는 20, 2.4, 30일, 10°C에서는 10, 3.1, 28일로 나타나 MGT의 수치만 제외하고 비교적 비슷한 수치를 나타내었다.

표 1. 각기 다른 수온 별 실험에 따른 종자 발아율, MGT, MDG, T50

Treatments	Germination (%)	MGT ^a (days)	MDG ^b (days)	T50 ^c (days)
5°C	30± 5.00	20± 0.54	2.4± 1.22	30± 5.62
10°C	10	10± 2.00	3.1± 0.50	28± 2.11
15°C	-	-	-	-
20°C	-	-	-	-
25°C	-	-	-	-

^aMean germination ; ^bMean daily germination; ^cDays to reach at 50% seed germination.

나. 호르몬별 종자 발아율

각기 다른 호르몬 별 실험에 따른 종자 발아율은 의 GB., OC.의 실험구만 발아 하였고 OC.의 실험구는 저조한 5%를 나타내었다. GB.의 MGT, MDG, T50 는 15, 1.6, 20일, OC.는 1, 4.2, 20일로 수온별 실험구의 결과와 같이 MGT의 수치만 제외하고 비교적 비슷한 수치를 나타내었다.

표 2. 각기 다른 호르몬 별 종자 발아율, MGT, MDG, T50

Treatments	Germination (%)	MGT ^a (days)	MDG ^b (days)	T50 ^c (days)
GB.	40± 00	15± 0.18	1.6± 1.20	20± 2.24
AU.	5± 20	1± 0.62	4.2± 2.30	20± 1.50
CY.	0	-	-	-
Con.	0	-	-	-

^aMean germination ; ^bMean daily germination; ^cDays to reach at 50% seed germination

GB. : Gibberellin; AU. : Auxin CY. : Cytokine; Con. : Control

다. 종자 특성별 발아율(자외선 살균력에 의한 소득효과)

자외선 살균력에 의한 소득효과(종자 특성별 발아율)에 대한 실험은 전체적으로 0~25%의 발아율을 보였는데 30 mJ/cm²의 실험구가 25%로 가장 높았으며 대조구는 발아 하지 않았다. 따라서 10 mJ/cm²의 살균력 이상에서 발아하는 것으로 조사 되었다.

표 3. 각기 종자 특성별(자외선 살균력) 종자 발아율, MGT, MDG, T 50

Condition	5 mJ/cm ²	10 mJ/cm ²	20 mJ/cm ²	30 mJ/cm ²
Germination(%)	0	5	15	25

라. 단계에 따른 잘피 종자 발아의 기술적인 방법 이용

캡슐형 잘피종자 발아 이식기구를 이용한 연안 바다숲 조성방법은 연안에서 채취한 잘피에서 잘피종자를 수거하는 제1단계; 잘피종자를 월동타파에 필요한 온도 처리 및 호르몬 처리를 수행하는 제2단계; 상기 제2단계를 거친 잘피종자를 질소 35.16 중량%, 인산 29.55 중량%, 가리 21 중량%, 붕소 0.2 중량%, 망간 0.07 중량%, 아연 0.07 중량% 및 칼슘 14 중량%로 이루어지는 비료와 함께 캡슐 내부에 넣고 캡슐본체에 마감캡을 고정하여 캡슐형 잘피종자 발아 이식기구를 제작하는 제3단계; 캡슐형 잘피종자 발아 이식기구를 현장 방류하는 제4단계;로 구성된다. 이때, 제2단계는 잘피종자를 자외선 살균 처리 30mJ/cm²의 농도 이상 으로 1분간 처리하여 주고 월동타파를 위해 수온 4℃의 여과 해수에 45± 15일 동안 침지한 후, 수온 20± 5℃의 여과 해수에서 30± 7일 동안 침지하며 2~3일에 한번 트랜스퍼 (transfer, 물갈이) 한다. 그다음 지베렐린을 처리하는데 이때 2L 이상의 여과해수에 지베렐린 150ppm을 희석시킨 상태에서 300~400개의 잘피 종자를 1~3시간 침지하는 방법으로 처리한다.

2. 잘피 종자 발아기구 개발

잘피종자 발아 캡슐은 해저면에 착지하여 유실되는 것을 방지할 수 있도록 받침구가 부착되는데, 이는 금속재질로 이루어져 있으며 캡슐 부분에 부착되는 부분은 고정부라 하며 스프링 형태로 감기며 해저면을 지지하는 부분은 지지부라 하며 고정부의 양단에 캡슐 외측으로 돌출되어 이루어진다.

캡슐은 단면이 유(U)자 형상이며 중앙에 수용공간은 본체와 본체의 상단에 결합되는 돔(dome) 형상의 마감캡으로 이루어지게 하였다. 본체의 외주면에 접착제를 도포하여 마감캡과 결합할 수 있게 하였다. 그리고 마감캡의 하단을 따라 내측방

향으로 가압돌기가 형성되어 마감캡을 본체에 결합 시 가압돌기가 본체의 상단 외주면을 가압하여 지지할 수 있도록 하였다.

개발된 캡슐은 동물성 또는 식물성 성분을 원료로 이용하여 100% 젤라틴으로 이루어져 있으며 최종적으로 잘피종자를 온도처리 및 호르몬처리 등 전처리를 수행한 후 캡슐의 수용공간에 넣어 제작 하였다.

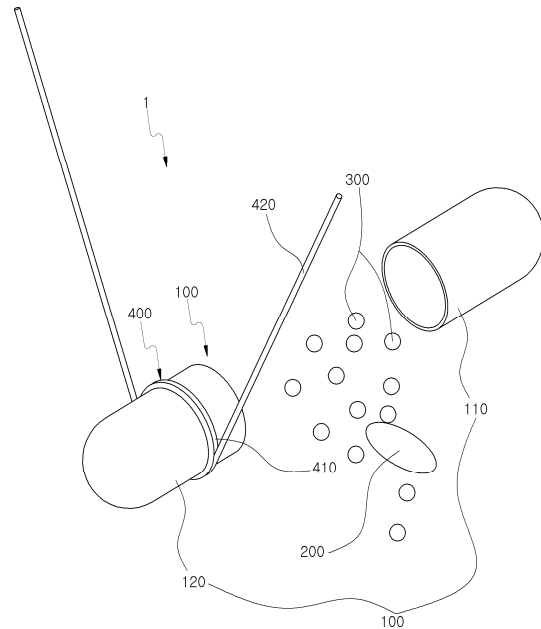


그림 2. 캡슐형 잘피종자 발아 이식기구를 도시한 분해도

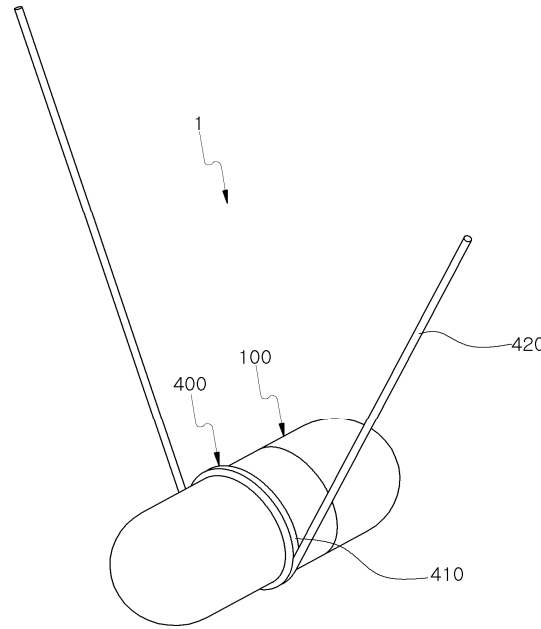


그림 3. 캡슐형 잘피종자 발아 이식기구를 도시한 결합도

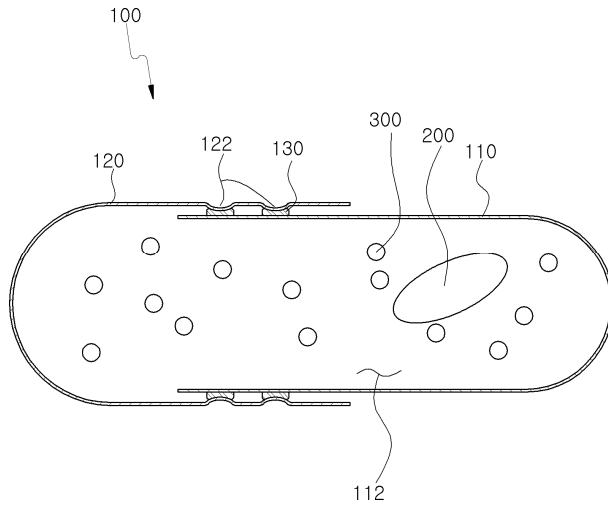


그림 4. 캡슐형 잘피종자 발아 이식기구를 도시한 단면도

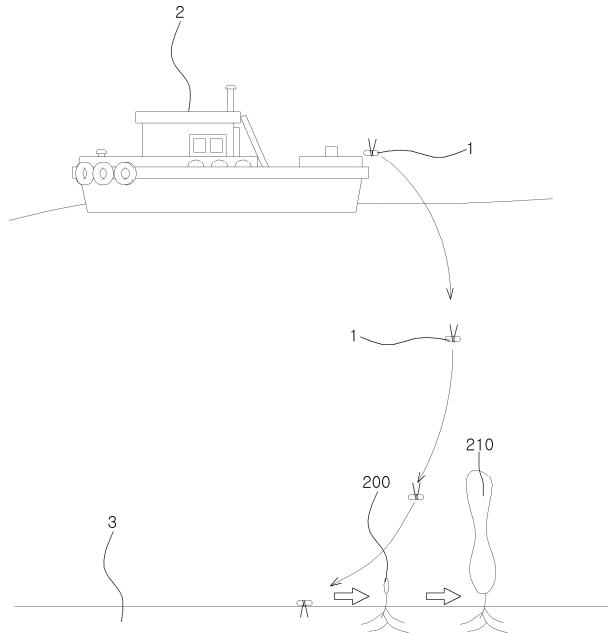


그림 5. 해중림 조성을 위한 캡슐형 잘피종자 발아 이식기구 투하 등의 모식도

<부호의 설명>	
1: 잘피종자 발아 이식기구	2: 어선
3: 해저면	100: 캡슐
110: 본체	112: 수용공간
120: 마감캡	122: 가압돌기
130: 접착제	200: 잘피종자
300: 비료	400: 받침구
410: 고정부	420: 지지부

3. 현장적용(발아 기구 등을 이용한 바다숲 조성방법 연구)

2017년 10월 27일부터 2017년 12월 21일까지 중구 무의지선 연안바다목장 내 개발된 잘피이식용 틀과 종자 캡슐을 이용하여 각각 100수와 300개를 이식하였다. 이식하는 방법은 잘피이식용 틀을 다이버를 통하여 바닥에 고정시키고 틀 안에 잘피를 스테이플러 방식으로 심어 이식하였다. 또한 종자 캡슐을 선상에서 300 여 개를 뿌려 이식하였다. 향후 2018년 상반기 투하된 지역에 수중촬영 등을 통하여 잘피의 서식을 확인할 예정이다.



그림 6. 캡슐형 잘피종자 발아 이식기구를 활용하여 잘피를 이용한 연안 바다숲을 조성과정

IV. 고찰 및 기대효과

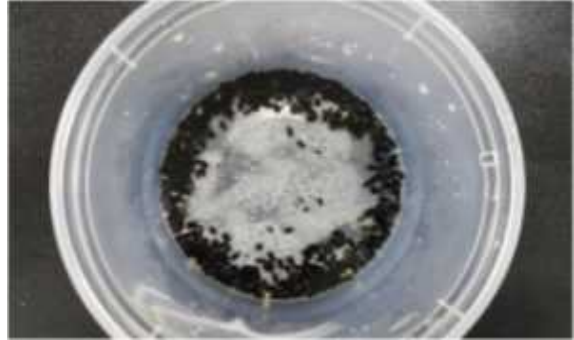
잘피 이식용 구조물과 해초 이식용 조립구는 전체적으로 구조가 복잡할 뿐만 아니라 그 크기가 커서 잘피나 해초를 배치한 구조물을 투하지역 또는 목적지에 운반하여 해저면에 옮겨놓거나 고정핀을 이용하여 고정해야하는 등 그 취급에 어려움이 많다. 본 기술개발에 따른 캡슐형 잘피종자 발아 이식기구는 잘피종자를 캡슐에 넣은 상태로 이루어짐에 따라 바다에 투하 시 해저면에 정착한 후 캡슐이 용해되면서 함께 주입된 비료가 잘피종자의 생육을 촉진시키므로 번거로움이 없고 잘피 이식을 위한 비용 부담도 대폭 줄일 수 있는 장점이 있다.

또한 비료는 잘피종자의 성장을 위한 영양분으로 쓰이며 캡슐은 자연적으로 분해되기 때문에 종자 이식으로 인한 해양의 2차 오염의 우려를 최소화하는 장점이 있을 뿐만 아니라 온도 처리 및 호르몬 처리를 수행한 잘피종자를 이용 하여 발아율을 높여 줌으로서 연안 바다숲 조성에 유리하다고 생각된다.

V. 사진첩



종자 발아 실험구



호르몬 처리



백령도 잘피 채집



수집된 잘피 종자



잘피 종자 수거



잘피 종자 월동타파 실험



중구 연안바다목장 잘피 이식



캡슐형 잘피 종자 이식

VI. 참고문헌

- Jill, L. G. and Kenneth, A. M. and William, C. D 1995. Photosynthetic responses of eelgrass(*Zostera marina* L) to light and sediment sulfide in a shallow barrier island lagoon. Aquatic botany. 50th pp. 37-47
- Kenneth, A. M. and Richard, L. W. 2000. Seasonal variations in eelgrass(*Zostera marina* L) responses to nutrient enrichment and reduced light availability in experimental ecosystems. J. of exp. mar and eco. 244th pp. 1-28
- Matthew, C. H. and Robert, J. O. 1999. Eelgrass(*Zostera marina*) seed protection for field experiments and implications for large-scale restoration. Aquatic botany. 64th pp. 51-61
- Marianne, H. and Elsebet, J. B. 2001. Photosynthetic and growth response of eelgrass to low oxygen and high sulfide concentrations during hypoxic events. Aquatic botany. 70th pp. 29-38
- Phillips D.J.H. 1990. Used of macroalgae and invertebrates as monitors of metal levels in estuarines and costal waters. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 81-99.
- Ryan C. D. and Frederick. T. S. 1997. Restoring eelgrass, *Zosterera marina* L., habitat using a new transplanting technique: The horizontal rhizome method. Aquatic botany. 59th pp. 1-15
- 특허청 잘피 이식용 구조물(Structure for Seagrass Replant) - 등록 번호 1009538030000
- 특허청 해초 이식용 조립구(Assemble for Seaweeds Replant) - 등록 번호 2004475440000