

# 청각 양식

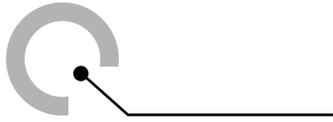
*Codium fragile*

Cultivation



**해 조 류 연구 센터**  
국립수산과학원 남해수산연구소  
Seaweed Research Center, NFRDI





# 목 차

## 제1장 서 론 · 1

## 제2장 생물학적 특성 · 3

1. 분류학적 위치 · 3
2. 생활사 · 5
3. 분 포 · 8
4. 생태 및 생리 · 9

## 제3장 인공종묘생산 · 17

1. 유성생식(접합자)에 의한 종묘생산 · 17
2. 무성생식(분리수사)에 의한 종묘생산 · 21
3. 유성생식(접합자)와 무성생식(분리수사)의  
    채묘효율 비교 · 24
4. 실내배양 · 25

## 제4장 가이식 · 27

1. 수온 및 수중광량 조건 · 27
2. 생장도 · 27
3. 해적생물 · 35

## 제5장 양 성 ▪ 36

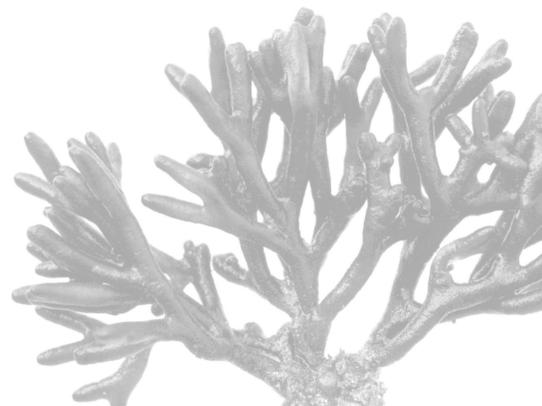
1. 환경조건 ▪ 36
2. 기본시설 ▪ 38
3. 성장도 ▪ 38
4. 해적생물 ▪ 44
5. 수 확 ▪ 44
6. 청각 양식과정 요약 ▪ 47

## 제6장 경제성 분석 및 유용성분 ▪ 52

1. 경제성 분석 ▪ 52
2. 유용성분 ▪ 56

## 제7장 참고문헌 ▪ 59

## 부 록 ▪ 62





## 제1장 서론

청각(*Codium fragile* [Suringar] Hariot)은 다년생 해조로 (Head & Carpenter, 1975), 최근 세계적으로 그 분포 범위가 넓어지면서 서식지 환경에 강한 적응력을 보이는 것이 보고되었다(Campbell, 1999). 이는 청각이 환경에 적응하는 생리적 내성과 동계의 질소원 저장능력 때문으로 밝혀졌으며(Duke *et al.*, 1989), 부영양 환경에서도 양호하게 성장하므로 부영양 해역에서 질산염과 인산염의 제거에 효과적으로 이용할 수 있다(Lobban *et al.*, 1985; Ramus & Venable, 1987). 청각에서 나타나는 분절현상으로 연간 청각 생산량의 87.3%가 부식먹이사슬로 제공되므로써 연안 생태계 유지에 공헌하며(Gerard *et al.*, 1990), 스펀지와 같은 엽체 표면의 특징으로 인하여 다른 많은 해조류와 무척추동물의 서식처를 제공하는 특성을 가지는 종이다(Hanisak, 1979).

청각은 우리나라와 중국, 일본은 물론 필리핀과 하와이, 아프리카 등지에서 식용으로 널리 이용되고 있으며(Velasquez, 1972; Oh *et al.*, 1990), 오래전부터 민간 요법의 구충제로 이용되거나(Hoppe, 1979; Tseng & Zhang, 1984), 비뇨기 질환 및 수종 치료(Tseng & Zhang, 1984)에 이용되고 있다. 또한 청각의 추출물에는 항생작용이 있는 acrylic acid, 항응고 활성물질, 응집소 등이 함유되어 있을 뿐 아니라 항암 및 항돌연변이 효과와 면역활성 등이 있는 것으로 밝혀져, 약학·생화학·의학분야에도 응용될 수 있는 유용 해조이다(Glombitza, 1969; Rogers & Hori, 1993).

청각의 몸체는 낭상체구조로 영양생장이 용이하여 실내배양에서도 쉽게 분화전능(totipotency)이 발현되는 것으로 알려져 있다(박·손, 1992; Nanba *et al.*, 2002; Nanba *et al.*, 2005). 이와 같은 관점에서 Yotsui & Migita(1989)는 실내에서 채묘된 청각의 수사를 바다에 옮겨 수하하였을 경우 청각의 직립체를 얻을 수 있었는데, 이는 청각의 유성생식을 통하지 않고 재생 수사를 종묘로 하여 야외 인공양식에 성공한 사례이다. 이와 같은 사실은 청각의 양식이 통상적인 접합자의 형성을 통한 유성생식 방법뿐만 아니라 몸체를 구성하는 포낭 및 수사를 종묘로 하는 영양생식 방법 모두가 가능하여 높은 양식효과를 기대할 수 있다 하겠다.

지금까지 청각의 인공채묘는 자연적으로 발생한 접합자를 채묘하여 양성하는 불완전 양식의 방법을 사용해 왔으며, 양식기술을 상세히 기술한 자료집은 발간된 바가 없었다. 그러나 최근 청각 완전양식에 관한 일련의 연구가 수행되어 진일보된 양식기술 개발과 양식 산업화가 이루어지고 있는 시점에서, 최근까지 수행되어온 일련의 청각 관련 연구결과를 종합 기술한 자료의 필요성이 제기되었다. 따라서 본 책자에서는 현재까지 국내 청각 양식 기술개발 연구결과를 소개하므로써, 청각 인공종묘생산 및 양식에 관심 있는 어업인과 일반인들에게 다소나마 도움이 되길 바라며, 보다 체계화된 양식기술을 제공하고자 한다. 이 책자에 기술된 연구내용은 국립수산과학원 해조류연구센터와 국립목포대학교의 공동연구로 수행되었음을 밝힌다.



## 제2장 생물학적 특성

### 1. 분류학적 위치

Chlorophyta (녹조식물문)

Chlorophyceae (녹조강)

Codiaceae (청각과)

*Codium fragile* (Suringar) Hariot (청각)

청각은 녹조식물의 청각과에 속하는 해조(그림 1)로 종소명은 연약하다(*fragilis*)는 뜻이다. 엽체는 자웅동주 또는 자웅이체이다. 체장은 10~30 cm, 엽체의 굵기는 대체로 1.5~3 mm이고 하부는 좀 더 굵은 편이다(강, 1968). 부착기는 넓적하게 펼쳐져 있고 그 곳에서 위로 직립한 줄기가 난다. 줄기는 매우 굵으나 차차 가늘어지면서 차상으로 분기한다. 분기한 가지는 대체로 다 같은 높이이므로 전체의 모양은 부채 모양이 된다. 어릴 때에는 몸 표면에 무색의 솜털 같은 것이 있으나 차츰 탈락되어 없어진다(강·고, 1977).

엽체의 내부 구조는 중심부에 무색의 사상(*medullary filament*)이 복잡하게 엉켜져 있고, 바깥쪽은 방망이 모양을 한 포낭(*utricle*)이 울타리 조직을 이루어 중심부를 둘러싸



그림 1. 청 각.

고 있다. 이 포낭은 중심부의 사상에서 가지가 많이 나서 그 끝이 팽대하여 생긴 것이다. 이들 중심부의 사상 조직이나 바깥쪽의 포낭으로 된 울타리 조직은 다 완전히 하나로 이어져 있고, 그 사이에는 격막(septum)이 전혀 없는 낭상체(coenocyte)구조를 이루고 있는 것이 특색이다.

포낭은 종(species)에 따라 그 모양이 제각기 다르므로 종의 중요한 분류 기준이 된다. 이 포낭의 중간부에 돌기가 생기고 성숙하면 이 돌기가 배우자낭(gametangia)으로 변한다. 암배우자낭(female gametangia)은 성숙에 도달되면 배우자낭의 크기가  $250\sim 286\ \mu\text{m} \times 90\sim 106\ \mu\text{m}$ 로 굵고 크며, 수배우자낭(male gametangia)은 크기가  $180\sim 225\ \mu\text{m} \times 70\sim 98\ \mu\text{m}$ 로 가늘고 작다. 이들 두 배우자낭은 제각기 다른 개체에서 생겨서 암청각과 수청각이 따로 있는 자웅이체(dioecious)의 경우와, 두 배우자낭이 동일 개체의 포낭에 제각기 따로 있는 자웅동주(monoecious)의 경우가 있다. 청각은 원래 자웅이체이지만, 발생 초기에 암수가 매우 근접해 있었기 때문에 두 개체로 따로 자라지 못하고 한 몸으로 결합되어 자란 결과라고 보고 있다. 암수 개체의 비율은 전체적으로 보면 자웅동주보다는 자웅이체가 많고, 암수의 비율은 대체로 같다(강·고, 1977).

암수의 구별은 외형적으로는 불가능하고, 다만 성숙했을 때 현미경으로 배우자낭을 보고 구별한다. 날카로운 핀셋으로 청각 엽체의 표면부분을 조금만 뜯어서 슬라이드 글라스에 펼쳐서 현미경으로 관찰해보면 많은 포낭을 볼 수가 있고, 성숙한 엽체는 포낭

중간 부분에 배우자낭이 붙어 있다. 성숙한 암배우자낭은 암녹색을 띠며, 숫배우자낭은 황록색을 띤다. 배우자를 방출하고 난 배우자낭은 배우자낭 꼭대기에 마치 마개를 딴 것처럼 구멍이 있고 속은 비어있다. 오래 된 엽체는 배우자낭이 떨어진 자국만 남게 된다. 포낭 끝부분 가까이에는 털이 떨어진 자국도 볼 수 있다(강·고, 1977).

## 2. 생활사

청각의 생활사(Arasaki *et al.*, 1956)는 그림 2와 같이 세대교번을 하지 않는다. 그러나 핵상의 교번은 볼 수 있다. 즉, 모체에서 방출된 단상(n)의 배우자는 접합을 해서 복상(2n)의 접합자로 되고, 이것은 그대로 자라서 복상의 모체로 된다. 단상의 배우자는 모체의 배우자낭에서 배우자가 생길 때 일어나는 맨 첫 핵분열시 감수 분열을 하여 만들어진다.

배우자낭은 포낭의 중간 부분에 1~3개가 생기는데, 달걀형 또는 방추형이고 길이는 약 200~300  $\mu\text{m}$ 이다. 어린 배우자낭은 암수의 구별이 어려우나, 성숙함에 따라 차차 쉽게 구별할 수 있게 된다. 암배우자낭은 굵고 배우자낭 내에 녹색의 큰 알맹이(암배우자)가 들어 있고, 숫배우자낭은 가늘고 배우자낭 내에 작은 황록색의 작은 알맹이(숫배우자)가 딱 차게 된다.

### 1) 배우자낭 성숙

배우자낭은 청각 모체의 어느 곳에서나 관찰할 수 있고, 성숙도가 다른 여러 가지 모양의 것들을 동시에 볼 수 있으나, 초기에는 모체의 하반부, 특히 분기부에 많이 나타나는 경향이 있다. 완전히 성숙한 배우자낭은 꼭대기가 좀 돌출하고, 돌출부는 중앙에 좁은 길만 남기고 점액으로 차게 된다. 배우자는 이 길을 따라 하나씩 이동하여 꼭대기에 모였다가, 배우자낭 내에서 일시에 분출되는 점액과 함께 방출된다.

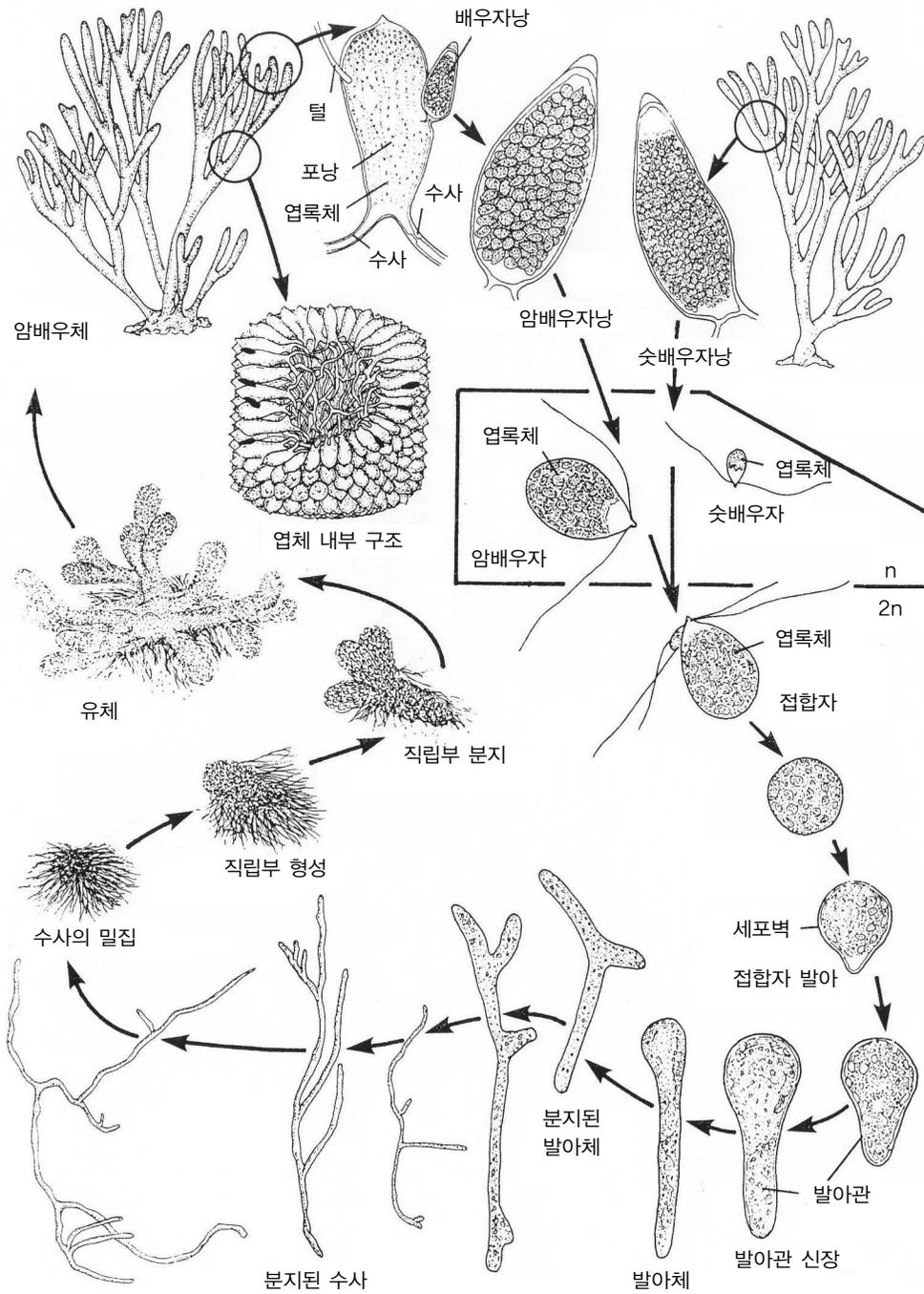


그림 2. 청각의 생활사 (Arasaki et al., 1956).

## 2) 배우자 방출 및 접합

배우자는 형태적으로 차이가 있어 암배우자의 경우 약간 둥근 방추형이고 크기는  $19\sim 30 \times 12.5\sim 21 \mu\text{m}$ (정지했을 때 평균지름  $14.5 \mu\text{m}$ )이며, 엽록체가 많고 안점은 없으며, 운동력은 활발하지 못하다. 숫배우자는 좀 긴 방추형이며, 크기는  $5\sim 8.8 \times 2.4\sim 4 \mu\text{m}$ (정지했을 때 평균지름  $4.4 \mu\text{m}$ )이며, 미소한 엽록체가 2~3개 있을 뿐이고, 황백색이고 안점은 없으며 운동력은 활발하다. 암수배우자는 다 주광성이 없으며, 접합 능력은 운동력이 있는 동안으로 제한되며, 정지하여 구형이 된 암배우자는 이미 접합력이 소실된 것이다. 1개의 암배우자 주위에 수 개의 숫배우자가 달라붙는 수가 있으나 접합은 결국 암배우자 1개에 숫배우자 1개의 비율로 이루어지며, 접합점은 암배우자의 일정한 곳에 정해져 있지 않는 듯하다.

## 3) 접합자 발아

접합자는 곧 편모가 없어지고 정지하여 둥글게 되며, 세포막이 생겨 발아를 시작한다. 접합하지 못한 암배우자는 방출 후 2~3시간 내에 운동성을 상실하고 정지하여 둥글게 되나 막이 생기지 않고 1~3일 만에 대부분 고사한다.

발아하기 시작한 접합자는 차차 부피가 커지고 얼마 후에는 가느다랗게 되는 것, 가장자리에 흑이 돌출한 것 등 여러 가지 부정형으로 발달한다. 발아체는 계속 자라면 관상으로 길어지고, 이것이 연기적 분기를 계속하여 덩불 형태를 이루게 된다. 이와 같은 덩불 형태의 수사는 야외의 서식 환경 조건과 비슷한 광의 세기, 해수의 유동, 자연 수온 하에서 배양했을 경우 자연의 청각과 같은 정상의 청각 형태 및 구조를 이룬다. 이처럼 실내 배양에서도 적절한 배양조건을 충족시켜준다면 자연 서식지에서 생육된 청각의 형태 및 구조와 동일한 청각을 얻을 수 있다.

발아체의 성장 속도는 외부환경 조건, 특히 광선 및 온도조건 등에 따라 다르나, 대체로 접합 후 1~2일에 외막이 뚜렷해지고 1주일 후에 길게 신장하기 시작하며, 1~3개월

후에 가지가 생긴다. 이와 같은 초기 발생 속도는 접합 후 3개월 이내까지는 늦으나 그 후부터는 빨라지며, 겨울철 저온시에는 늦으나 봄·여름철의 고온시에는 빠른 경향이 있다.

### 3. 분 포

청각속의 분포 범위는 주로 북반구와 남반구의 아열대 및 온난한 온대에 걸쳐 나타나고(Carlton & Scanlon, 1985), 일부는 한대에도 출현하는 넓은 분포 범위를 갖는다. 우리나라에도 거의 전 연안에 분포한다(그림 3). 청각이 지구상에 출현한 것은 백악기 후기인 것으로 보고되고 있으며(Chapman, 1962), 세계적으로는 약 80종(Moeller, 1969), 국내에는 10종이 보고되어 있다(이·강, 1986; 이·강, 2002).

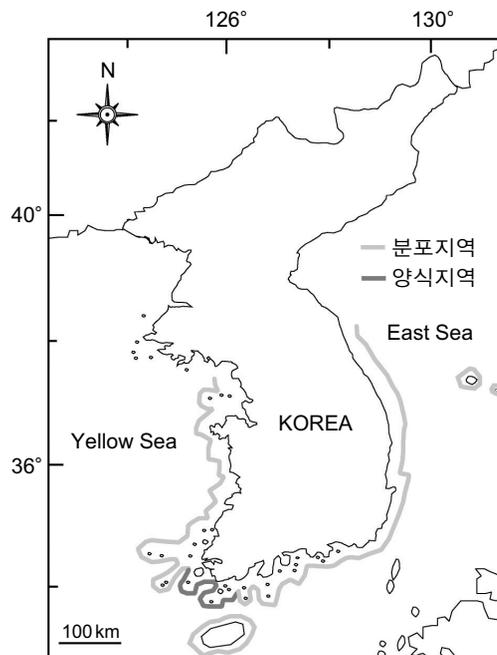


그림 3. 청각의 분포.

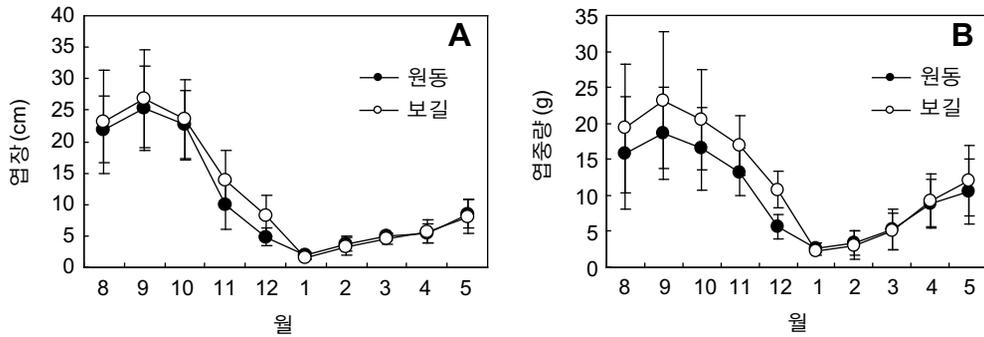


그림 4. 서식지별 청각 개체군의 엽장(A) 및 엽중량(B).

#### 4. 생태 및 생리

우리나라에서는 청각이 북으로는 함경북도에서부터 남으로는 제주도에 이르기까지 전 연안에 분포한다. 특히, 파도가 조용한 내만, 그 중에서도 외양수의 영향을 강하게 받는 곳에 많이 분포한다. 수직적으로는 저조선 부근에서 수심 15m되는 깊은 곳까지 분포하고, 주로 암초, 돌, 말뚝, 다른 해조 등에 부착하여 생육한다.

유체는 초겨울부터 나타나기 시작하여 늦은 봄에서 초가을까지 왕성하게 자라고, 늦은 가을부터 차차 쇠퇴되어 겨울철 파도가 거칠 때 유실되는 것이 많고 수온이 낮은 한겨울에는 가장 쇠퇴한다. 그러나 일부는 해를 넘기는 것도 있으며, 특히 수심이 깊은 곳에 서식하는 것 중에서 그런 것을 많이 볼 수 있다. 배우자낭이 나타나는 시기는 초여름에서 초겨울 사이이나, 가을 이후 거의 모든 개체가 배우자낭을 형성한다. 서식장소에 따라서는 배우자낭이 연중 나타나기도 한다.

서식지별 청각 개체군의 월별 엽체 길이는 그림 4와 같이 9월에 각각  $25.4 \pm 6.7$  cm,  $26.8 \pm 7.8$  cm로 최고치를 보이며, 이후 점차 엽체의 길이는 감소하기 시작하여 1월에 각각  $1.9 \pm 0.5$  cm,  $1.5 \pm 0.3$  cm로 최저치를 보였다. 엽체의 중량은 9월에  $23.2 \pm 9.5$  g으로 최고치를 보였으며, 1월에  $2.7 \pm 0.6$  g으로 최저치를 보였다. 분지수는 8월부터 11월까지 2~8개로 가장 많으며, 이후 감소하기 시작하여 1월부터 3월까지 0~2개로 가장

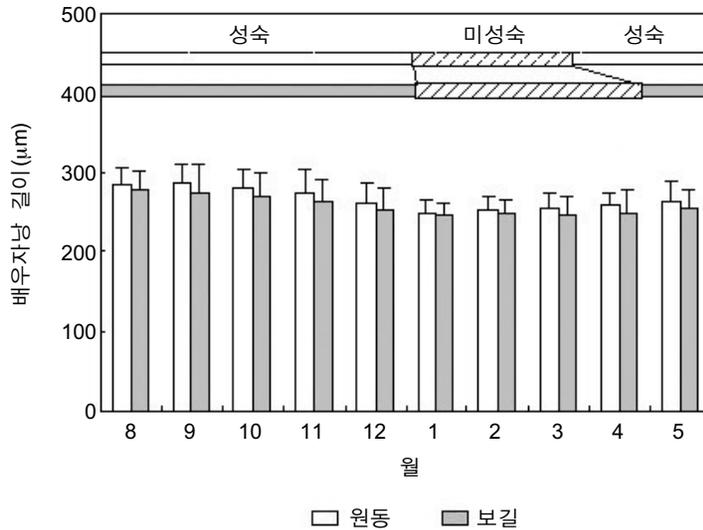


그림 5. 서식지별 청각 개체군의 성숙시기와 배우자낭 길이.

낮았고, 4월부터 다시 증가하는 경향을 보였다.

청각 개체군의 성숙도는 서식지에 따라 차이를 보였다(그림 5). 전남 완도군 원동지역 개체군의 포낭의 길이는  $875 \pm 35 \mu\text{m} \sim 925 \pm 32 \mu\text{m}$ 의 범위로 월별 차이가 크지 않았으며, 배우자낭의 길이 역시 원동지역 개체군은  $250 \pm 15 \mu\text{m} \sim 286 \pm 25 \mu\text{m}$ 로 월별 차이가 크지 않았다. 원동지역 개체군의 배우자낭 형성은 8월부터 익년 5월까지 매월 관찰되었고, 보길도지역의 경우 8월부터 익년 5월까지 매월 관찰되었다. 성숙된 배우자낭의 출현은 원동지역의 경우 8월부터 12월까지 관찰되었으나 1월부터 3월까지 관찰되지 않았고, 보길도지역의 경우 역시 8월부터 12월까지 관찰되나 익년 1월에서 4월까지는 배우자낭이 관찰되지 않았다.

암배우자의 크기는 원동지역 개체군의 경우 배우자낭 성숙의 최성기인 8월에  $26 \pm 5.8 \mu\text{m}$ 로 최고치를 보이며, 배우자낭이 다시 형성되기 시작하는 4월에  $19 \pm 5.0 \mu\text{m}$ 로 최저치를 나타냈다. 수배우자의 크기는 원동지역 개체군의 경우 8월에  $5.3 \pm 1.5 \mu\text{m}$ 로 최고치를 보이며, 4월에  $3 \pm 0.5 \mu\text{m}$ 로 최저치를 나타냈다.

전남 완도군 원동지역과 보길도지역 청각 개체군의 성숙 최성기는 8월이었으며, 개체

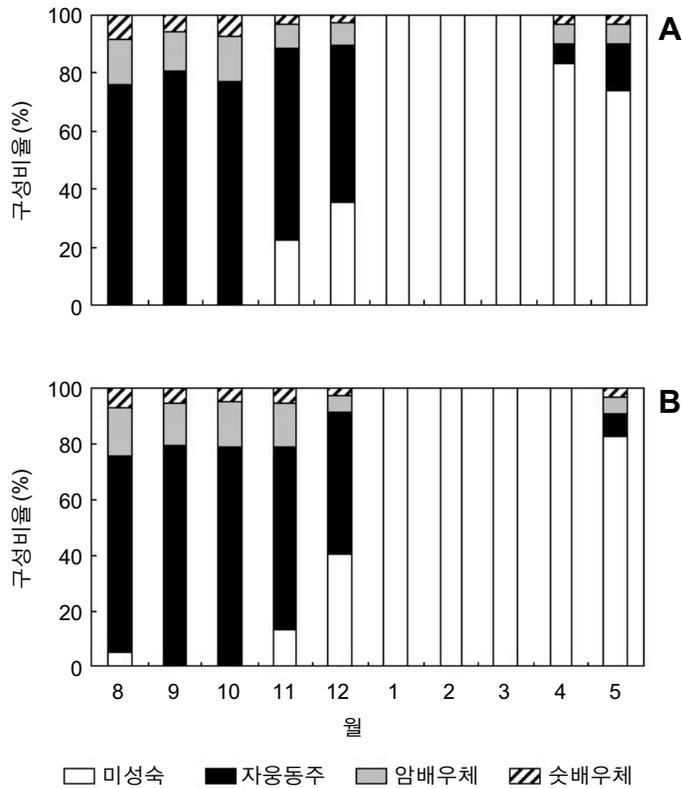


그림 6. 서식지별 청각 개체군의 성비 (A : 원동, B : 보길도).

군의 배우자낭 형성은 연중 모두 관찰이 되었다(그림 5). 그러나 성숙된 배우자낭의 형성은 원동지역의 경우 1월부터 3월까지의 시기를 제외한 기간 동안 관찰되었고, 보길도지역의 경우 1월부터 4월까지의 시기를 제외한 기간 동안 관찰되었다. 이는 4월의 수온 조건이 외해인 보길도 지역에서 내만인 원동지역보다 낮아 배우자낭 성숙에 영향을 미쳤기 때문인 것으로 보여진다. 즉, 자연 서식지에서 청각의 배우자낭 성숙은 서식지의 환경 조건에 크게 영향을 받는다.

서식지별 청각 개체군의 성숙 성비는 그림 6과 같다. 원동지역 청각 개체군의 경우 자웅동주체의 출현비율은 9월에 80.6%(29개체)로 가장 높았으며, 4월에 6.7%(2개체)로 가장 낮았다. 자웅이주체 가운데 암배우체의 출현비율은 8월에 16.2%(6개체)로 가장 높았으며, 5월에 6.5%(2개체)로 가장 낮았다. 숫배우체의 출현비율은 8월에 8.1%(3개

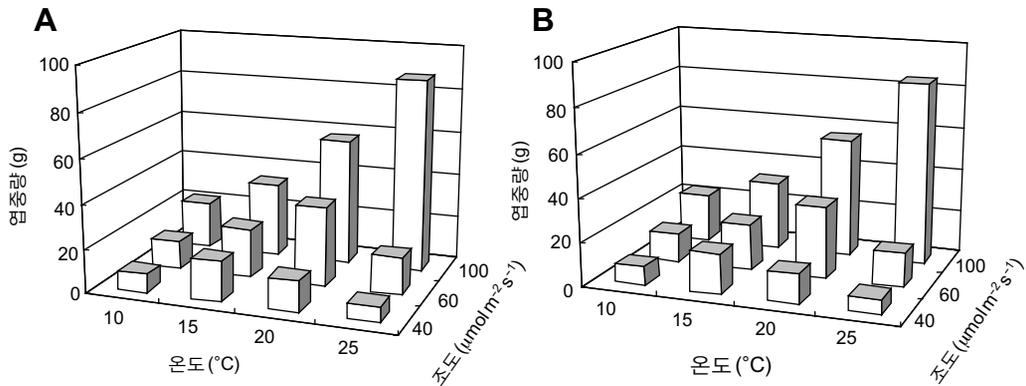


그림 7. 광·온도 조건별 청각 개체군별 엽중량 변화(A: 원동, B: 보길도), (8주 배양).

체)로 가장 높았으며, 12월에 2.7%(1개체)로 가장 낮았다. 서식지별 청각 개체군의 성숙 비율은 내만인 원동지역 개체군의 경우 8월부터 9월까지 100%의 높은 비율을 보인 반면, 외해인 보길도지역 개체군은 9월과 10월에 100%의 성숙율을 보여 원동 개체군에 비하여 성숙 지속 기간이 1개월 정도 짧았다. 또한 원동지역 청각 개체군의 성숙개체가 출현하지 않은 기간은 1월부터 3월까지 인데 반하여 보길도지역 개체군은 1월부터 4월까지로 미성숙 단계의 지속 기간이 1개월 정도 길었다.

### 1) 광·온도에 따른 생장

서식지별 청각 개체군의 광·온도 조건별 생장은 그림 7과 같다. 엽체의 중량은 광이 높고, 고온의 조건일수록 증가하는 것으로 나타났으나, 서식지별 개체군의 생장 사이에서는 광·온도 조건에 따른 유의한 생장 차이를 보이지 않았다.

### 2) 광질에 따른 생장

서식지별 청각 개체군의 광질 조건에 따른 엽체의 생장은 그림 8과 같다. 광질 조건별 엽체의 중량은 적색광(660 nm)→청색광(470 nm)→백색광(400~700 nm)의 순으로 증가하는 것으로 나타났으며, 이러한 경향은 원동과 보길도지역 청각 개체군 모두에서 동

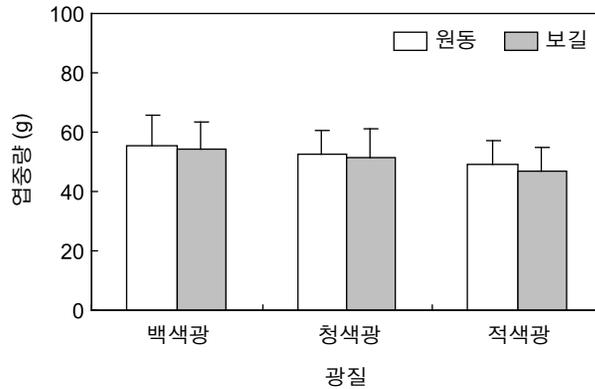


그림 8. 광질(파장) 조건별 청각 개체군별 엽록량 변화(8주 배양).

일한 양상이었다.

### 3) 광 · 온도 · 광주기에 따른 배우자낭 형성 및 성숙

광 · 온도 · 광주기 조건별 청각 엽체의 배우자낭 형성율은 그림 9와 같다. 광주기 조건별 배우자낭의 형성은 동일 온도 및 광 조건의 경우 장일조건에서 가장 높았으며, 연속 광주기 및 단일 광주기의 순으로 높게 나타났다. 각 광주기 조건에서 배우자낭의 형성은 20°C, 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  조건에서 가장 높은 비율을 보였다.

### 4) 광 · 온도에 따른 형태형성

광 · 온도 조건별 청각 엽체의 형태형성은 그림 10과 같다. 광 · 온도 조건별 수사로부 터 직립엽체로의 형태형성은 광조건이 20  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  이상이면 온도조건에 관계없이 이루어졌다. 즉, 청각의 형태형성에 있어 온도 조건은 형태형성의 임계요소로 영향을 미치지 보다는 형태형성의 진행 속도 또는 생장 속도에 크게 영향을 미치는 요인으로 작용한다.

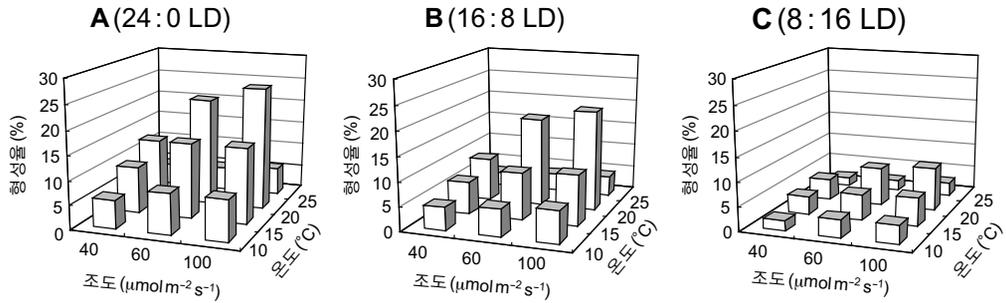


그림 9. 광·온도·광주기 조건별 청각 엽체의 배우자낭 형성율(50일 배양).

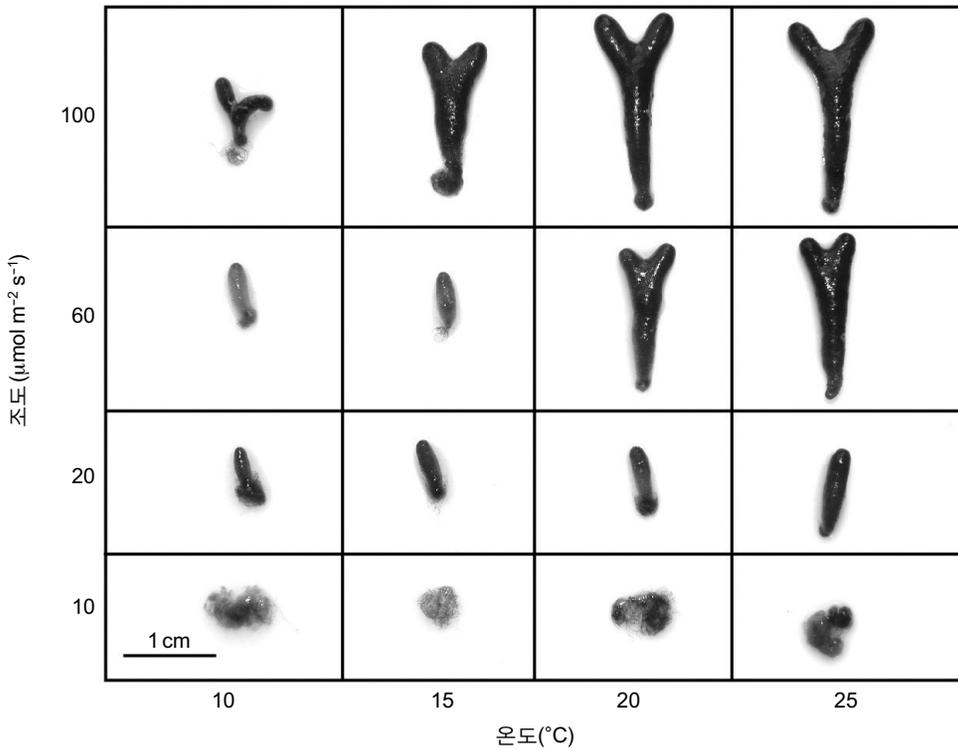


그림 10. 광·온도 조건별 청각 엽체의 형태형성(배양 70일).

5) 물리적 유동에 따른 형태형성

물리적 유동 조건별 청각 엽체의 형태형성은 그림 11과 같다. 통기량 100 mL/min 이

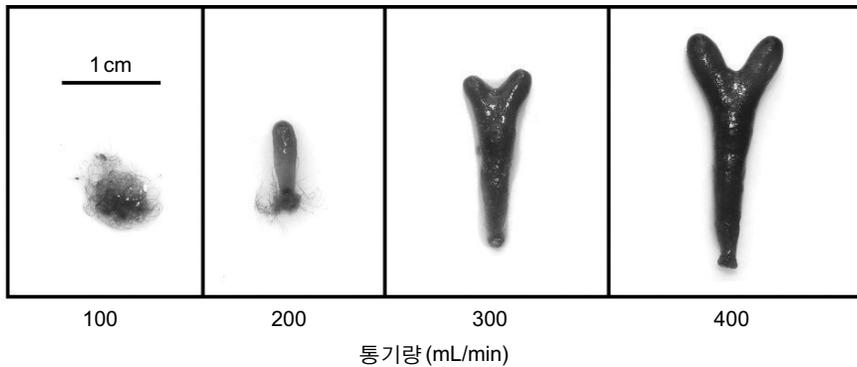


그림 11. 물리적 유동에 따른 청각 엽체의 형태형성(배양 70일).

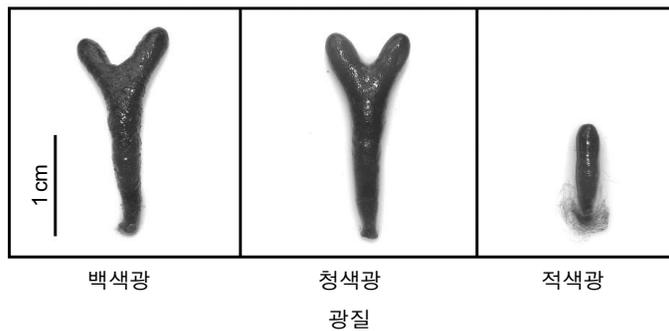


그림 12. 광질에 따른 청각 엽체의 형태형성(배양 70일).

하의 조건에서는 배양 70일 동안 수사로서만 성장하였고, 직립 엽체로의 형태형성은 일어나지 않았다. 즉, 통기량 200 mL/min 이상의 조건에서만 정상적인 형태형성이 일어나며 이보다 물리적 유동이 적은 조건에서는 수사로서만 성장했다. 또한 통기량이 증가할수록 직립 엽체로의 형태형성에 소요되는 시간이 짧아지는 경향을 보였다.

#### 6) 광질에 따른 형태형성

광질에 따른 청각 엽체의 형태형성은 그림 12와 같다. 백색광(400~700 nm) 조건에서 수사는 배양 40일후 직립 엽체를 형성하였으며, 배양 60일후 1차분지를 형성했다.

청색광(470 nm) 조건에서는 배양 50일후 직립 엽체를 형성하였으며, 배양 70일후 1차 분지를 형성했다. 적색광(660 nm) 조건에서는 배양 60일후 직립 엽체로의 형태형성이 일어나기 시작하였으나, 배양 70일까지 분지의 형성은 관찰되지 않았다.



## 제3장 인공종묘생산

### 1. 유성생식(접합자)에 의한 종묘생산

#### 1) 배우자 방출량의 정량화

청각 엽체(그림 13A)는 각각의 포낭에 암배우자낭 또는 숫배우자낭을 형성하였으며(그림 13B, C), 암배우자낭으로부터 배우자의 방출(그림 13D)은 방출공 선단으로부터 1열로 열을 지어 일어났다. 방출된 암수배우자(그림 13E)는 방출 즉시 접합하여 접합자로 되며(그림 13E), 구형의 두터운 막을 형성하고 불규칙하게 발아관을 내어 수사로 성장하게 된다(그림 13F-I). 암배우자낭 1개당 방출되는 암배우자의 수는 평균  $106.2 \pm 25.5$ 개이며, 방출직후 암배우자의 길이는 평균  $10 \mu\text{m}$ 이었다(황 등, 2005a).

#### 2) 광 조건별 접합자의 배양

광 조건별 접합자의 생장은 표 1과 같이 배양 3일후  $10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 의 광 조건에서 길이 생장이  $61.3 \pm 4.2 \mu\text{m}$ 로 가장 우세하였으나, 배양 7일후부터는  $20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 의 조건에서 길이 생장이 가장 높았다.  $40 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  이상의 광 조건에서 배양된 접합자는 배양 8일후부터 거의 대부분이 색소를 잃고 고사 하였다(황 등, 2005a).

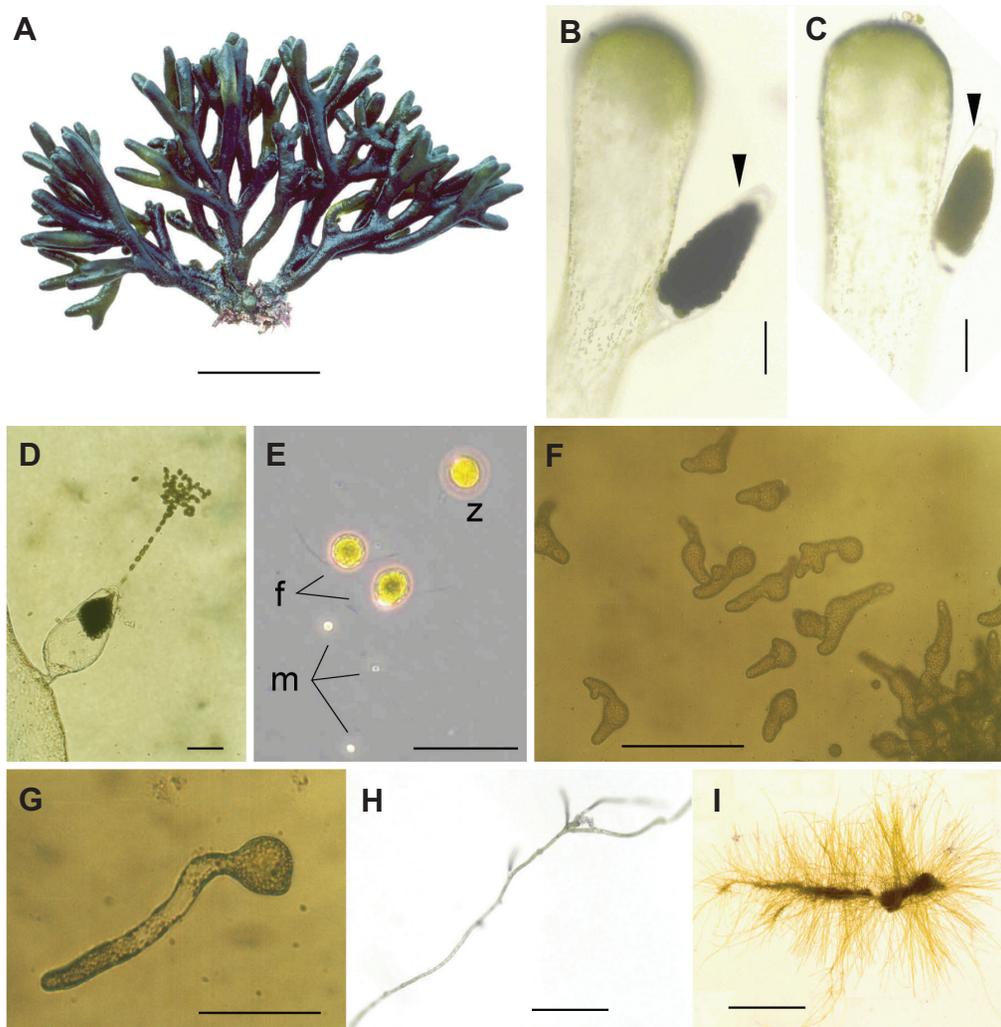


그림 13. 청각의 유성생식. A : 성숙엽체. B : 암배우자낭(화살표머리)을 가진 포낭. C : 숫배우자낭(화살표머리)을 가진 포낭. D : 배우자낭으로부터 배우자의 방출. E : 암배우자(f), 숫배우자(m) 및 접합자(z). F : 배양 2일후 발아체. G : 배양 7일후 발아체. H : 배양 12일후 수사로 성장됨. I : 배양 30일후 수사로부터 직립지의 형성. 배양조건 15°C, 60  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  및 16:8 LD. Scale bars are 10 cm (A), 100  $\mu\text{m}$  (B, C), 50  $\mu\text{m}$  (D, E), 500  $\mu\text{m}$  (F-H) and 1 cm (I).

### 3) 온도 조건별 접합자의 배양

온도 조건별 접합자의 생장은 표 2와 같이 배양 3일후 20°C 조건에서  $36.3 \pm 0.8 \mu\text{m}$ 의 길이 생장을 보이나, 배양 4일 이후 20°C 이상의 온도 조건에서는 접합자가 더 이상

표 1. 광 조건별 청각 접합자의 생장(배양조건 15°C, 16:8 LD)\*

배양일수	광세기( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )				
	10	20	40	60	100
0	20	20	20	20	20
1	29.8±1.5	32.7±2.8	31.3±1.6	32.7±1.9	30.8±3.5
3	61.3±4.2	33.5±2.3	31.3±0.6	30.5±0.5	30.0±2.0
7	89.0±6.2	151.8±22.8	70.0±0.5	77.5±9.6	40.0±27.1
13	162.7±18.1	261.3±21.0	- <sup>1</sup>	-	-

<sup>1</sup>: 고사함

\*: 모든 수치는 3반복 실험구의 평균과 표준편차(단위 :  $\mu\text{m}$ )

표 2. 온도 조건별 청각 접합자의 생장(배양조건 20  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  및 16:8 LD)\*

배양일수	온도(°C)			
	10	15	20	25
0	20	20	20	20
1	28.8±0.3	29.3±1.2	32.2±1.6	28.3±0.6
3	27.7±1.2	35.5±2.6	36.3±0.8	27.7±0.6
7	87.7±15.0	209.6±22.7	- <sup>1</sup>	-

<sup>1</sup>: 고사함

\*: 모든 수치는 3반복 실험구의 평균과 표준편차(단위 :  $\mu\text{m}$ )

생장하지 않았을 뿐만 아니라 색소를 잃고 고사하였다. 배양 7일후에는 15°C 조건에서 209.6±22.7  $\mu\text{m}$ 의 최대 길이 생장을 보였다(황 등, 2005a).

#### 4) 접합자 생장 및 채묘효과

유성생식에 의한 접합자는 부착직후 직경이 약 20  $\mu\text{m}$ 인 구형이며(그림 14A), 배양 2일후 발아관을 형성하여 수사로 자라게 된다(그림 14B). 수사의 생장은 기질의 굴곡을 따라 포복성으로 이루어지므로 길이생장의 측정이 매우 어렵다. 따라서 청각 접합자의 채묘효과 측정은 가이식 실시 이후 30일 경과시점에서 측정하는 것이 용이하였다. 가

표 3. 채묘방법별 청각의 채묘 및 성장

실험 경과 일수	유성생식(접합자 채묘)			무성생식(분리수사 채묘)		
	수사수 (개/cm)	수사길이 (mm)	중 량* (g/10 cm)	수사수 (개/cm)	수사길이 (mm)	중 량* (g/10 cm)
0	—	—	—	—	—	—
30	1.67±0.58	0.22±0.07	0.28±0.01	15.33±5.51	1.36±0.25	0.35±0.01

\* : 종사의 기질 중량을 제외한 10cm 종사 내 부착된 청각만의 중량

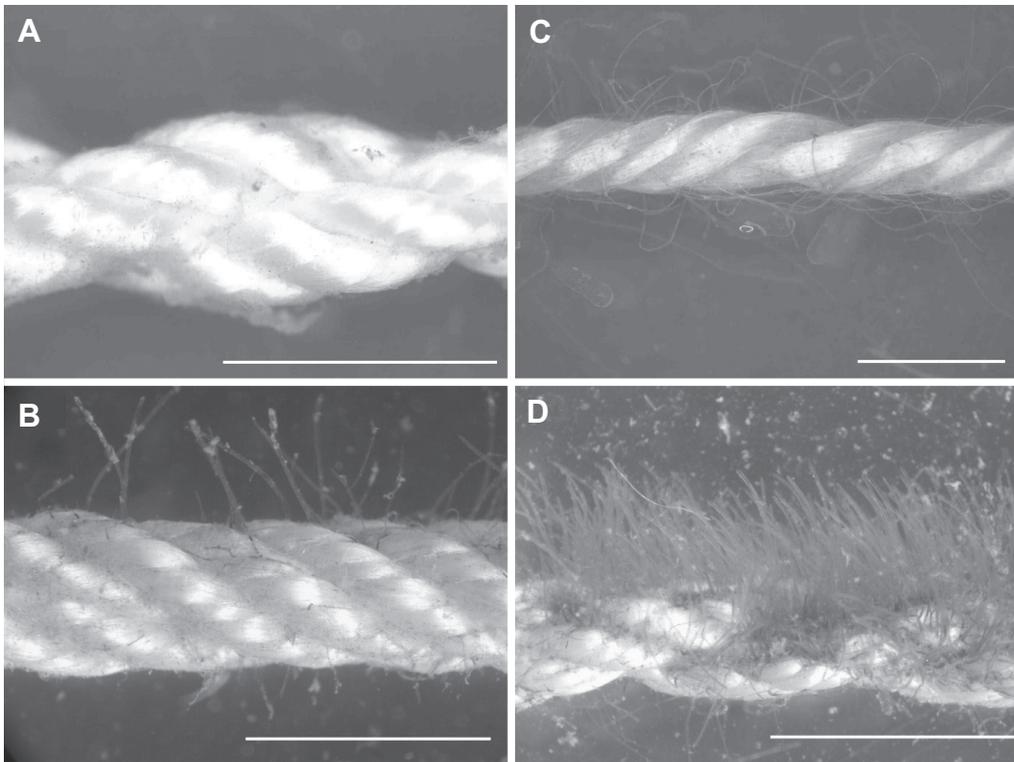


그림 14. 청각의 유성생식(접합자)과 무성생식(분리수사)에 의한 채묘효과. A : 접합자가 채묘된 종사. B : 접합자 채묘후 가이식 1개월된 종사. C : 분리수사 및 포낭이 채묘된 종사. D : 분리수사 채묘후 가이식 1개월된 종사. Scale bar 5 mm.

이식 실시 30일후의 접합자의 성장 및 채묘효과는 표 3과 같이 종사 1cm당 접합자로 부터 자란 수사의 수는  $1.67 \pm 0.58$ 개였으며 이때 수사의 길이는  $0.22 \pm 0.07$  mm였다

표 4. 청각 엽체의 습중량 당 포낭의 수

습중량(g)	포낭수(cells/mL)	비 고*
1.44±0.27	4,010.0±268.5	4,011.44

\* : 청각 1g-fresh wt.당 환산된 포낭의 수

(황 등, 2005a).

## 2. 무성생식(분리수사)에 의한 종묘생산

### 1) 엽체 1g당 포낭의 수

청각의 엽체는 포낭과 수사로 구성되어 있으나, 격막이 없어 원형질이 몸 전체로 연결되어 있다. 따라서 엽체 일부분의 포낭이나 수사가 절단되면 즉시 원형질 유출을 막기 위하여 절단부위의 세포막이 재생된다. 엽체 1g (습중량)의 포낭수는 표 4와 같이 약 4천개의 포낭으로 구성되어 있었다 (황 등, 2005b).

### 2) 호모게나이저의 회전속도별 분리수사의 재생

호모게나이저의 회전속도에 따른 수사의 절단 길이는 표 5와 같이 회전속도가 증가함에 따라 수사의 절단 길이가 점차 짧아졌다. 분당 회전수 8,000rpm의 실험구에서 배양 5일후 재생된 포낭의 수는  $2.1 \pm 0.7$ 개로 가장 많았으며, 20,500 rpm 이상의 고회전 실험구에서는 포낭의 재생이 관찰되지 않았다. 호모게나이저의 회전수를 13,500 rpm 이하로 하여 분리한 수사의 평균 길이는 약  $550 \mu\text{m}$  이상으로 새로운 포낭을 형성한 반면 그 이상의 회전수에서 분리된 수사에서는 포낭의 재생이 관찰되지 않았다(황 등, 2005b). 절단된 수사는 절단 부위에 새로운 격막이 형성되기 전까지는 원형질의 유출이 일어나는데 분리된 수사의 길이가 짧으면 짧을수록 원형질의 유출이 많아져 새로운 포

표 5. 호모게나이저의 회전속도별 청각 분리수사의 재생(3반복 실험구의 평균±SD)

항 목	회전속도 (rpm)				
	8,000	9,500	13,500	20,500	24,000
포낭의 길이 (μm)	792.0±55.4	631.7±70.3	663.3±94.6	652.0±138.8	643.3±213.6
분리수사의 길이 (μm)	874.0±204.4	840.0±456.1	551.7±297.1	530.0±292.4	466.7±305.5
재생된 포낭의 수 (ea)	2.1±0.7	1.9±0.6	1.0±0.4	— <sup>1</sup>	—

<sup>1</sup>: 재생되지 않음

표 6. 60 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>와 16:8 LD 조건하에서 온도 조건별 분리수사의 생장 및 재생(배양 10일후, 3반복 실험구의 평균±SD)

항 목	온 도(°C)			
	10	15	20	25
수사의 길이 (mm)	2.7±1.4	3.1±2.2	2.9±1.5	2.6±2.1
재생된 포낭의 수 (ea)	0.7±1.9	3.7±1.1	4.7±0.6	3.0±1.4

낭을 형성할 수 없게 되었다.

### 3) 온도 조건별 분리수사의 생장 및 재생

온도 조건별 분리수사의 길이생장은 표 6과 같이 온도 조건별로 차이를 보인다. 분리수사의 길이생장은 15°C의 조건에서 3.1±2.2 mm로 가장 높았으며, 포낭의 재생은 20°C 조건에서 4.7±0.6개로 가장 많았다(황 등, 2005b).

### 4) 조도 조건별 분리수사의 생장 및 재생

조도 조건별 분리수사의 길이생장은 표 7과 같이 60 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>의 조건에서 3.7±3.0 mm로 가장 높았으며, 포낭의 재생은 100 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>의 조건에서 6.5±1.4개로

표 7. 20°C와 16:8 LD 조건하에서 청각 분리수사의 성장 및 재생(배양 10일후, 3반복 실험구의 평균±SD)

항 목	조 도( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )			
	20	40	60	100
수사의 길이(mm)	$2.4 \pm 1.6$	$2.9 \pm 1.3$	$3.7 \pm 3.0$	$3.6 \pm 1.6$
재생된 포낭의 수(ea)	$1.4 \pm 0.9$	$2.1 \pm 0.7$	$5.9 \pm 1.8$	$6.5 \pm 1.4$

가장 많았다(황 등, 2005b).

### 5) 분리수사의 채묘 및 생장

분리 수사액을 이용해 채묘된 종사는 그림 14C, D와 같이 채묘직후 포낭은 실내수조 배양 기간중 대부분 탈락하며 수사로 기질의 굴곡면을 포복하며 성장하였다. 가이식 30일 경과후 분리수사의 수는 종사 1cm당  $15.33 \pm 5.51$ 개였으며, 수사의 길이는  $1.36 \pm 0.25$ mm 그리고 종사 10cm당 중량은  $0.35 \pm 0.01$ g였다(황 등, 2005b). 수사의 발달정도를 기준으로 비교한 청각의 채묘효과는 무성생식을 이용한 경우 유성생식 보다 약 15배 이상의 높은 채묘효과를 보였다.

### 6) 채묘들의 건조시간별 분리수사의 채묘 및 생장

채묘들의 건조시간별 분리수사의 채묘효과는 표 8과 같이 종사 1cm당 수사의 수가 2시간 건조 실험구에서  $88.7 \pm 15.5$ 개로 가장 높았으며, 수사의 길이생장과 종사 10cm의 중량에서도 2시간 건조 실험구가 가장 높았다. 반면 0시간 건조 실험구에서는 수사의 수가 종사 1cm 당  $63.3 \pm 17.9$ 개로 수사의 발달이 가장 낮았다(황 등, 2005b).

### 7) 채묘기질별 분리수사의 채묘 및 생장

채묘기질별 분리수사의 성장도는 표 9와 같이 수사의 수는 크레모나 18합사, 36합사 및 팜사의 순으로 증가하는 경향을 보였다. 수사의 길이는 1.30~1.33mm로 각 채묘기질별로 유의한 차이를 보이지 않았다. 종사 10cm 중량은 팜사에서 가장 높은  $1.24 \pm$

표 8. 건조시간별 분리수사의 채묘 및 성장(가이식 30일)

가이식 일 수	측정항목	건조시간(h)				
		0	0.5	1	2	3
30	수사의 수(개/cm)	63.3±17.9	65.0±16.5	75.0±19.9	88.7±15.5	64.7±10.4
	수사길이(mm)	2.1±0.2	2.2±0.4	2.6±0.4	2.6±0.5	1.9±0.3
	중량(g/10cm)	0.34±0.02	0.35±0.03	0.36±0.03	0.38±0.04	0.33±0.02

표 9. 채묘기질별 분리수사의 채묘 및 성장(가이식 30일)

가이식 일 수	측정항목	채묘기질		
		18합사	36합사	팜 사
30	수사의 수(개/cm)	32.3±21.6	49.2±12.5	52.1±15.2
	수사길이(mm)	1.33±0.25	1.32±0.01	1.30±0.02
	중량(g/10cm)	0.16±0.01	0.35±0.01	1.24±0.07

0.07g이었으며, 크레모나 18합사에서 가장 작은  $0.16\pm 0.01$ g였다(황 등, 2005b).

### 3. 유성생식(접합자)와 무성생식(분리수사)의 채묘효율 비교

접합자와 분리수사의 채묘효율은 표 10과 같다. 접합자 채묘의 경우 배우자낭을 형성하는 시기 가운데 성숙이 최고조에 달하는 7~8월로 채묘시기가 한정되었으며, 모조의 소요량은 채묘틀 100m당 500g의 비율로 종사 단위 m당 5g(습중량)이 소요되었다. 반면 무성생식을 이용한 분리수사의 채묘는 엽체만 있으면 연중 어느 시기든 채묘를 할 수 있었으며, 모조 소요량은 채묘틀 100m당 200g의 비율로 종사 단위 m당 2g(습중량)이 소요된다. 채묘된 접합자의 배양시 적정 수온범위는 10~15°C였으나, 분리수사의 배양시 적정 수온범위는 10~25°C로 채묘후 배양시 수온의 적응 범위가 넓었다. 또한 배양 조도구간 역시 접합자의 경우 10~20  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  범위인데 반하여 분리수사의 경우 20~100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 로 채묘후 배양시 조도의 적응 범위가 접합자 보다 넓었다

표 10. 청각 접합자와 분리수사의 채묘효과 비교

구 분	유성생식(접합자)	무성생식(분리수사)
채묘시기	7~8월	연 중
모조 소요량(g-wet wt./m)	5	2
온도범위(°C)	10~15	10~25
조도범위( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	10~20	20~100
채묘의 안정성	낮 음	높 음

(Hwang *et al.*, 2008).

즉, 청각의 대량 인공채묘를 위한 효율적인 채묘 방법은 유성생식을 통한 접합자의 채묘보다는 무성생식을 통한 분리수사를 채묘하는 것이 보다 안정적이고 효율적이었다.

## 4. 실내배양

### 1) 채묘후 실내배양일수에 따른 가이식 효과 분석

채묘후 실내배양시 실내배양수조의 수온 변화는 그림 15와 같이 8월에 최고 24.8°C의 수온을 나타내었으며 이후 점차 감소하기 시작하여 12월에 최저 수온인 9.6°C를 보였다.

분리수사의 채묘후 수조 배양일수에 따라 가이식 효과는 달라진다. 실내배양일수가 210일인 6월 채묘구의 경우 가이식 기간 3개월 경과후에도 수사로만 성장하였으며, 직립엽체가 형성되지 않았으나, 실내배양일수가 60~180일인 7, 8, 9, 10월 및 11월 채묘 실험구에서는 가이식 60일 경과후 직립엽체가 형성되기 시작하였다. 반면 실내배양일수 30일인 12월 채묘 실험구에서는 가이식 3개월후 직립엽체가 형성되기 시작하였다. 따라서 분리수사의 채묘시기는 6월부터 12월까지 모두 가능한 것으로 나타났으나 보

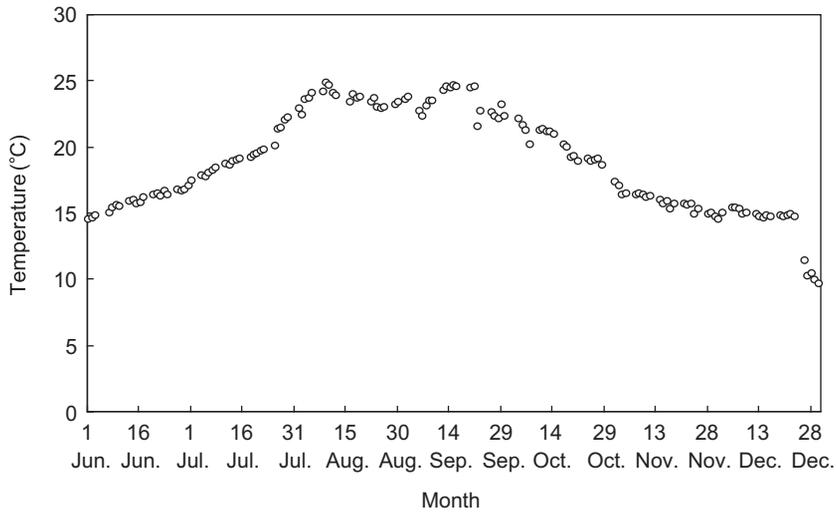


그림 15. 실내 배양 수조내 수온변화.

다 빠른 직립엽체의 생장을 유도하기 위해서는 7월부터 11월 사이에 채묘를 완료하는 것이 효과적인 것으로 나타났다(황 등, 2005b).

분리수사로 채묘된 채묘틀의 장기 실내수조내 관리가 가능한 점은 종묘가 필요한 시점에 수시로 사용할 수 있고, 양식 시설물의 유실 등에 대비할 수 있는 장점이다.



## 제4장 가이식

### 1. 수온 및 수중광량 조건

가이식 기간중 수온 및 수중광량 변화는 그림 16과 같다. 가이식 기간중 평균수온은 16.6°C였으며, 수온변화는 10월초 최고 수온 20.0°C에서 점차 감소하기 시작하여 가이식 말기인 12월 초에는 13°C까지 저하하였다. 수심별 수중광량의 변화는 11월부터 12월까지 표층 및 수심별 광량이 점차 감소하는 것으로 나타났다. 특히 수심 3m의 수중광량은 10월에  $177.1 \pm 4.1 \sim 185.2 \pm 4.9 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 의 범위였던 것이 11월에는  $23.9 \pm 15.4 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 로 크게 감소하였다.

### 2. 생장도

가이식장 조건에 따라 청각의 생장도는 차이를 보인다. 전남 완도군 정도리어장에서는 2005년 2월부터 직립엽체가 발달되기 시작하여 4월부터 빠른 길이생장을 나타내었으며 완도군 보길도어장에서는 2005년 1월부터 직립엽체가 발달되기 시작하였다. 즉, 청각 직립 엽체의 발달 시기는 가이식장에 따라 어느 정도의 차이를 보이거나, 직립 엽체

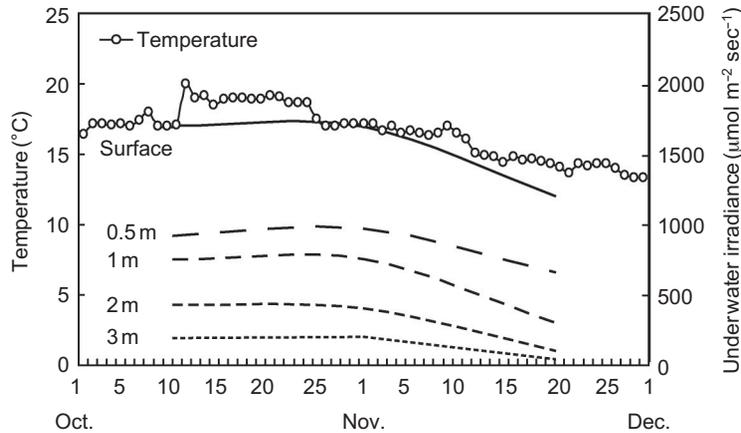


그림 16. 가이식 기간중 수온 및 수중광량 변화.

의 길이생장이 빠르게 나타나는 것은 4월경으로 수온 조건이 10°C 전후를 보이는 시점이다. 8월의 수확기에 정도리어장의 생산량은 단위 m당  $5.01 \pm 1.41$  kg/m을 나타내었으나, 보길도어장의 경우  $7.45 \pm 2.08$  kg/m를 나타내어 가이식 어장 조건별로 생산량 차이를 보였다.

### 1) 유성 및 무성생식 방법별 가이식 효과 비교

유성 및 무성생식 방법별 가이식 효과는 차이를 보였다. 접합자와 분리수사 모두 채묘 직후 수사로 성장하기 시작하였으며(그림 17), 접합자의 발달 양상은 분리수사의 재생과 동일하게 수사로 자랐다. 가이식 50일 경과후 직립엽체가 분화하기 시작하였다. 접합자 채묘구는 종사 10cm당 직립엽체의 수가  $7.7 \pm 1.5$ 개였고, 분리 수사 채묘구는 종사 10cm당 직립엽체의 수가  $8.3 \pm 1.5$ 개로 분리수사 채묘구에서 직립엽체의 수가 보다 많은 것으로 나타났다. 또한 가이식 68일 경과후 종사 10cm의 중량은 유성생식의 채묘구 보다 무성생식의 채묘구에서 보다 많은 것으로 나타났다(Hwang *et al.*, 2008).

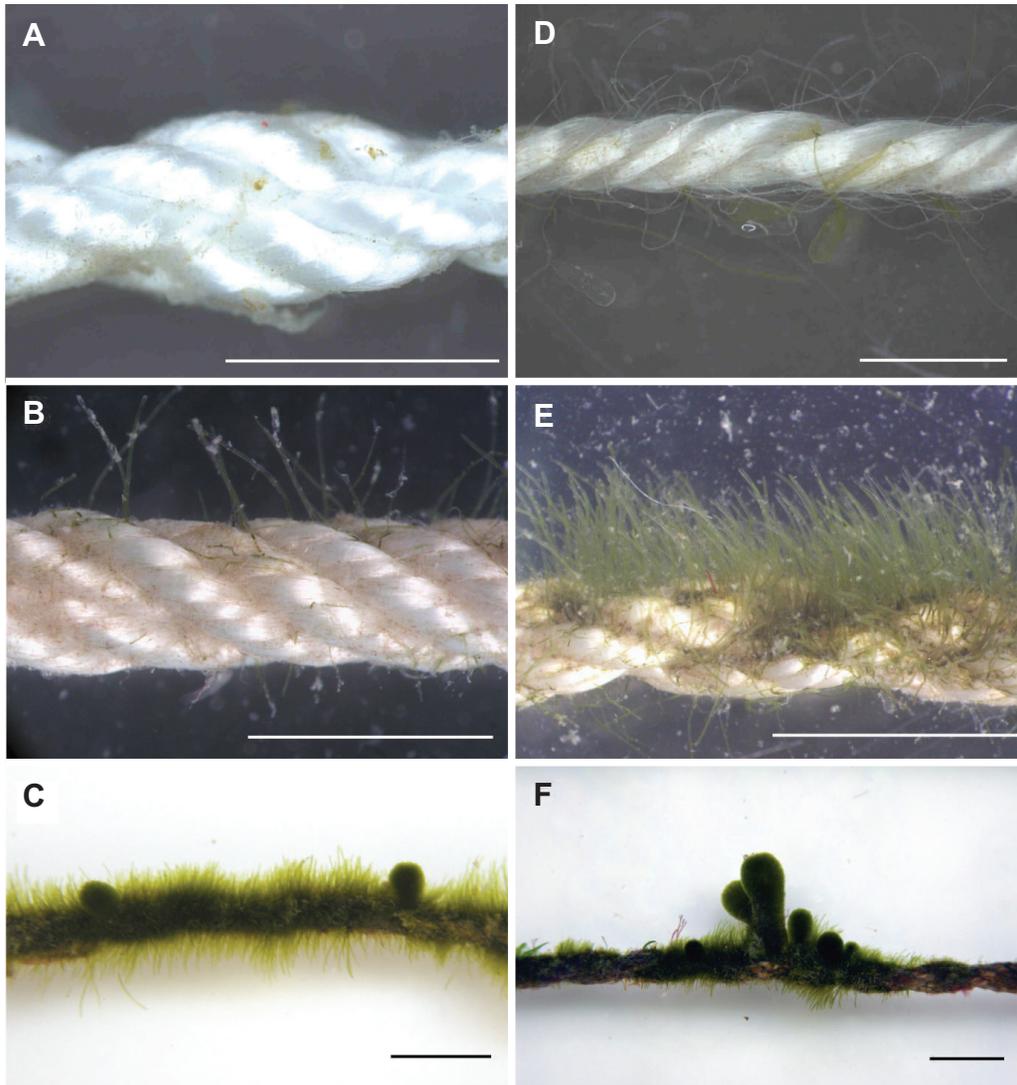


그림 17. 청각의 유성생식(접합자)과 무성생식(분리수사) 채묘에 의한 가이식 효과. A : 접합자가 채묘된 종사. B : 가이식 1개월후 접합자 채묘효과. C : 가이식 2개월후 수사와 직립엽체가 발달된 접합자 채묘 실험구의 종사. D : 분리수사 및 포낭이 채묘된 종사. E : 가이식 1개월후 분리수사 채묘 효과. F : 가이식 2개월후 수사와 직립엽체가 발달된 분리수사 채묘 실험구의 종사. Scale bar 5 mm.

## 2) 가이식 기간중 청각의 성장도

청각의 분리수사 채묘 및 가이식 과정은 그림 18과 같이 채묘후 실내수조에서 분리수

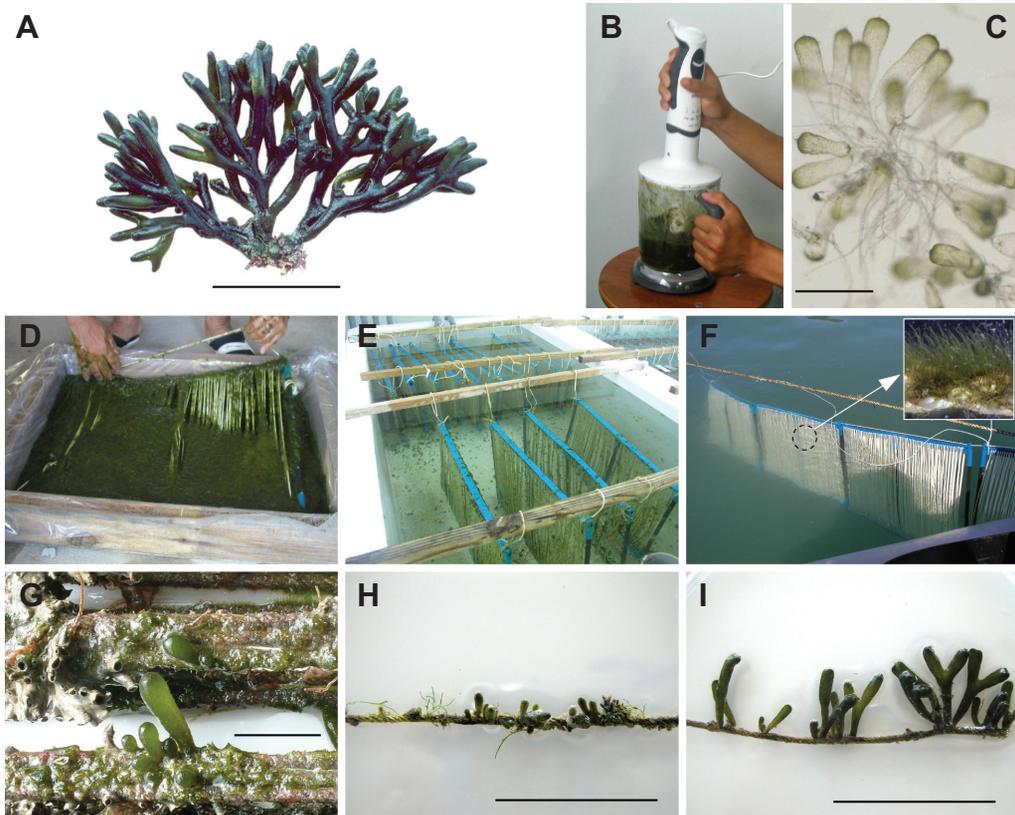


그림 18. 청각 분리수사 채묘에 의한 인공채묘 및 가이식 과정. A : 청각 모조. B : 핸드블렌더를 이용한 수사 분리. C : 분리된 청각 수사. D : 채묘들을 분리 수사액에 담가 수사 채묘. E : 수조배양중인 청각 채묘들. F : 가이식중인 청각 채묘들(가이식 1개월후 발달된 수사). G, H : 가이식 2개월후 직립지의 발달. I : 가이식 3개월후 분지의 형성.

사의 착생을 위하여 약 1개월간 배양한 후 바다로 옮겨 가이식을 실시한다. 가이식 이후 수사는 빠르게 성장하여 약 1개월후 포복성의 수사로부터 자라난 수사가 밀생하게 되며 약 2개월후 이들 수사가 뭉쳐져 직립엽체를 형성하였다(Hwang *et al.*, 2008).

### 3) 채묘기질별 청각의 성장도 및 가이식 효과

채묘기질별 청각의 성장도 및 가이식 효과는 표 11 및 그림 19와 같다. 가이식 60일 후 크레모나 18합사의 종사 1cm당 수사의 수는  $76.1 \pm 23.6$ 개로 크레모나 36합사의

표 11. 채묘기질별 청각의 생장도 및 가이식 효과\*

채묘기질별 실 험 구 <sup>1</sup>	생장 및 가이식 효과			
	종사 10cm의 중량(g)**	수사의 길이 (mm)	수사의 수 (ea/cm)	직립엽체 길이 (mm)
크레모나 18합사	0.077 ± 0.009 <sup>a</sup>	1.50 ± 0.23 <sup>a</sup>	76.1 ± 23.6 <sup>a</sup>	1.27 ± 0.28 <sup>a</sup>
크레모나 36합사	0.146 ± 0.025 <sup>a</sup>	1.42 ± 0.08 <sup>a</sup>	89.5 ± 25.8 <sup>b</sup>	2.25 ± 0.30 <sup>b</sup>
팜 사	0.382 ± 0.200 <sup>a</sup>	1.50 ± 0.08 <sup>a</sup>	92.4 ± 20.5 <sup>b</sup>	5.41 ± 3.79 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>: 채묘후 노출시간 1시간, 가이식 수심 1m

\*: 모든 수치는 3반복 실험구의 평균 및 표준편차임. 동일행의 다른 첨자는 유의한 차이를 나타냄 ( $p < 0.05$ )

\*\* : 종사 10cm중량 = 종사 10cm에 부착된 청각과 종사의 전체무게 - 채묘 전 종사만의 무게



그림 19. 가이식 60일후 채묘기질별 청각의 생장도. A : 크레모나 18합사. B : 크레모나 36합사. C : 팜사. Scale bar 1 cm.

89.5 ± 25.8개 및 팜사 92.4 ± 20.5개에 비하여 유의하게 적은 것으로 나타났다. 직립엽체의 길이는 팜사에서 가장 긴 5.41 ± 3.79mm로 나타났으며, 크레모나 36합사 2.25 ± 0.30mm 및 크레모나 18합사 1.27 ± 0.28mm의 순으로 종사의 직경이 클수록 직립엽체의 발달이 빠른 것으로 분석되었다(Hwang *et al.*, 2008). 종사 10cm의 중량은 팜사에서 가장 높은 0.382 ± 0.200g으로 나타났으며 크레모나 18합사에서 0.077 ± 0.009g으로 가장 작았다. 즉, 청각의 채묘기질로는 종사의 직경이 2.12 ± 0.17mm인

크레모나 36합사 이상의 굵기를 사용하는 것이 청각의 성장도와 가이식 효과 면에서 우수한 것으로 나타났다.

#### 4) 채묘시 노출시간별 청각의 성장도 및 가이식 효과

채묘시 노출시간별 청각의 성장도 및 가이식 효과는 표 12 및 그림 20과 같다. 가이식 60일후 종사 10 cm의 중량은 2시간 노출 시간구에서  $0.432 \pm 0.031$  g으로 가장 높았으며, 0시간 노출 시간구에서  $0.112 \pm 0.062$  g으로 가장 적었다. 직립엽체의 길이는 2시간 노출 시간구에서  $7.07 \pm 1.74$  cm로 가장 길었으며, 0시간 노출 시간구에서는 가이식 60일후까지 직립엽체가 발달되지 않았다. 따라서 분리수사를 채묘한 후 실내배양을 위해 배양수조에 수용하기 전에 채묘틀을 노출시키는 시간에 따라 청각의 성장도 및 가이식 효과에 영향을 주게 되므로, 최적 성장 및 가이식 효과를 얻기 위해선 분리수사의 채묘시 적어도 2시간의 노출이 필요한 것으로 나타났다(황 등, 2005b).

#### 5) 가이식 수심별 청각의 성장도 및 가이식 효과

가이식 수심별 청각의 성장도와 가이식 효과는 표 13 및 그림 21과 같다. 가이식 60일 후 수심 0.5m에서 수사의 수는 종사 1 cm당  $137.3 \pm 26.5$ 개로 수심별 실험구들 가운데 가장 많았으며, 수심 증가에 따라 감소하는 경향을 나타내어 수심 3m에서는 종사 1 cm당 수사의 수가  $39.7 \pm 15.7$ 개에 불과하였다. 직립엽체의 길이 역시 수심 0.5m구에서  $3.26 \pm 1.91$  cm로 가장 긴 것으로 나타났으며, 수심 3m구에서는 가이식 60일까지 직립엽체가 발달되지 않았다. 또한 종사 10 cm의 중량은 수심 0.5m구에서 가장 많은  $0.490 \pm 0.003$  g으로, 수심 증가에 따라 감소하는 경향을 보여 수심 3m구에서는  $0.014 \pm 0.007$  g으로 가장 적었다. 즉, 청각의 적정 가이식 수심은 0.5m인 것으로 나타났다(황 등, 2005b).

표 12. 노출시간별 청각의 성장도 및 가이식 효과\*

노출시간별 실험구 <sup>1</sup> (h)	성장 및 가이식 효과			
	종사 10cm의 중량 (g)**	수사의 길이 (mm)	수사의 수 (ea/cm)	직립엽체 길이 (mm)
0	0.112±0.062 <sup>a</sup>	0.90±0.25 <sup>a</sup>	25.3±19.5 <sup>a</sup>	—
0.5	0.124±0.041 <sup>a</sup>	1.27±0.38 <sup>b</sup>	59.0±23.5 <sup>b</sup>	0.01±0.01 <sup>a</sup>
1	0.163±0.014 <sup>c</sup>	1.31±0.27 <sup>b</sup>	101.9±42.7 <sup>c</sup>	3.50±0.52 <sup>c</sup>
2	0.432±0.031 <sup>d</sup>	1.65±0.37 <sup>c</sup>	152.3±32.8 <sup>d</sup>	7.07±1.74 <sup>c</sup>
3	0.160±0.034 <sup>b</sup>	1.27±0.36 <sup>b</sup>	42.1±34.7 <sup>b</sup>	1.37±0.08 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>: 채묘지질 크레모나 36합사, 가이식 수심 1m

\*: 모든 수치는 3반복 실험구의 평균 및 표준편차임. 동일행의 다른 첨자는 유의한 차이를 나타냄 ( $p < 0.05$ )

\*\* : 종사 10cm중량 = 종사 10cm에 부착된 청각과 종사의 전체무게 - 채묘 전 종사만의 무게

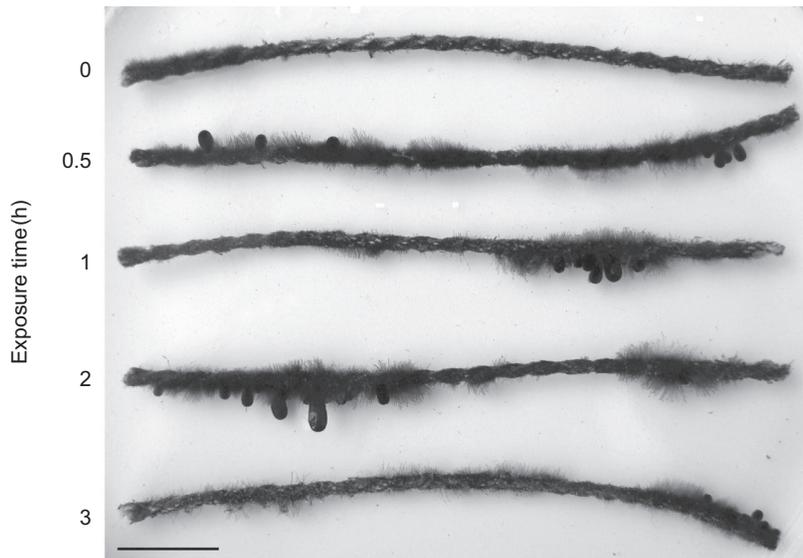


그림 20. 채묘시 노출시간별 청각의 가이식 성장도. 노출시간은 분리 수사의 채묘직후 실내배양수조에 채묘를 수용하기 전 채묘들의 공기중 노출시간을 의미함. Scale bar 1 cm.

#### 6) 가이식 시기별 청각의 성장도 및 가이식 효과

가이식 시기별 청각의 성장도 및 가이식 효과는 표 14와 같다. 채묘시기를 달리하여

표 13. 가이식 수심별 청각의 생장도 및 가이식 효과\*

수심별 실험구 <sup>1</sup> (m)	생장 및 가이식 효과			
	총사 10cm의 중량 (g)**	수사의 길이 (mm)	수사의 수 (ea/cm)	직립엽체 길이 (mm)
0.5	0.490±0.003 <sup>c</sup>	1.67±0.21 <sup>c</sup>	137.3±26.5 <sup>d</sup>	3.26±1.91 <sup>b</sup>
1	0.398±0.019 <sup>c</sup>	1.46±0.37 <sup>b</sup>	95.5±16.6 <sup>c</sup>	3.07±1.06 <sup>a</sup>
2	0.036±0.005 <sup>b</sup>	1.33±0.24 <sup>b</sup>	57.0±9.7 <sup>b</sup>	1.02±0.26 <sup>c</sup>
3	0.014±0.007 <sup>a</sup>	0.94±0.34 <sup>a</sup>	39.7±15.7 <sup>a</sup>	—

<sup>1</sup>: 채묘기질 크레모나 36합사, 채묘직후 노출시간 1시간

\*: 모든 수치는 3반복 실험구의 평균 및 표준편차임. 동일행의 다른 첨자는 유의한 차이를 나타냄 ( $p < 0.05$ )

\*\* : 총사 10cm중량 = 총사 10cm에 부착된 청각과 총사의 전체무게-채묘 전 총사만의 무게

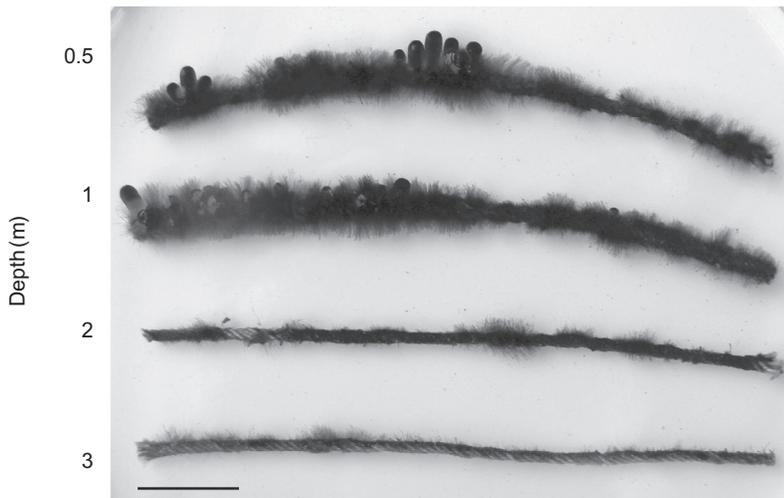


그림 21. 가이식 수심별 청각의 생장도. Scale bar 1 cm.

가이식 실시 시점이 달라지면 이에 따른 청각 수사의 생장 및 직립엽체로 발달되는데 보다 많은 시일이 소요되는 것으로 나타났다. 즉 8월에 가이식을 실시하면 약 50일후 직립엽체의 발달을 유도할 수 있으나, 9월에 가이식을 시작하면 60일후 그리고 10월에 가이식을 시작하면 75일, 11월에 가이식을 시작하면 90일과 같이 직립엽체 발달에 소요되는 가이식 기간이 긴 것으로 나타났다. 또한 12월과 1월에 가이식을 실시하는 경우

표 14. 가이식 시기별 청각 직립엽체의 출현에 소요되는 기간 비교

가 이 식 경과일수(일)	가이식 실시 시기					
	8월	9월	10월	11월	12월	1월
50	6.5±0.30*	m	m	m	m	m
60		1.54±0.52	m	m	m	m
75			1.66±0.39	m	m	m
90				1.02±0.26	m	m
120					0.58±0.35	0.45±0.21

\*: 직립엽체의 길이(mm)

m: 수사의 형태로 성장

배양 120일이 경과되어야 직립엽체로의 발달이 확인되었다 (황 등, 2005b). 즉, 청각의 적정 가이식 실시 시기는 8월부터 다음해 1월까지 어느 시기에나 가능한 것으로 나타났다.

### 3. 해적생물

가이식 기간중 출현한 해적생물은 총 9종으로 해조류 4종 및 규조류와 기타 동물 5종으로 나타났다. 특히, 9월에는 요각류인 *Caprella*와 *Gammaropsis* 등의 개체수가 종사 1cm당 100여 개체 이상을 나타내었으며 갯지렁이류 등이 번무하였다. 이러한 해적생물의 종류와 양은 11월 이후 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 보길도어장에서는 총 7종의 해적생물이 출현하였으며 이 가운데 해조류 3종과 기타 동물 4종이 출현하였다. 전남 완도군 보길도어장에서는 정도리어장에 비하여 매우 적은 수의 해적생물이 출현하였으며 양적인 면에서도 매우 적었다. 특히, 정도리어장의 경우 종사에 부착된 빨질의 양이 매우 많아 9월과 10월에는 직경 1cm 가량의 빨이 부착되기도 하였으나 보길도어장의 경우 조류 소통이 원활하여 종사에 빨질이 부착되지 않았다.



## 제5장 양 성

### 1. 환경조건

양성장의 환경 조건이 전남 완도군 보길도어장 및 정도리어장에서 2006년 11월부터 2007년 6월까지 매월 모니터링 되었다(그림 22). 각 어장의 월별 수온, DO, 염분도, 유속, pH, 전기전도도, 수중광량, 영양염 등의 변화를 측정하였으며 이와 함께 청각의 양성 성장도를 측정하였다.

수온 변화는(그림 23A)와 같이 정도리어장의 경우 1월에 최저치인 7.5°C를 나타내었으며 이후 점차 증가하기 시작하여 6월에 최대치인 17.2°C를 나타내었다. 보길도어장의 경우 1월에 최저치인 9.3°C를 나타내었으며 이후 점차 증가하기 시작하여 6월에 최대치인 17.4°C를 나타내었다.

염분 변화는(그림 23B)와 같이 정도리어장의 경우 1월부터 6월까지 32.0~33.6 ppt로 큰 차이를 나타내지 않았으며, 보길도어장에서도 32.2~33.8 ppt로 염분 변화의 폭이 크게 나타나지 않았다.

용존산소(그림 23C) 및 전기전도도(그림 23D)는 정도리어장과 보길도어장에서 큰 차이를 보이지 않았으며 유사한 변동 패턴을 나타내었다.

청각의 양성 어장에서 조사기간 동안 유속은 0.17~0.40 m/sec, pH는 7.58~7.92, 양



그림 22. 청각 양성 실험어장.

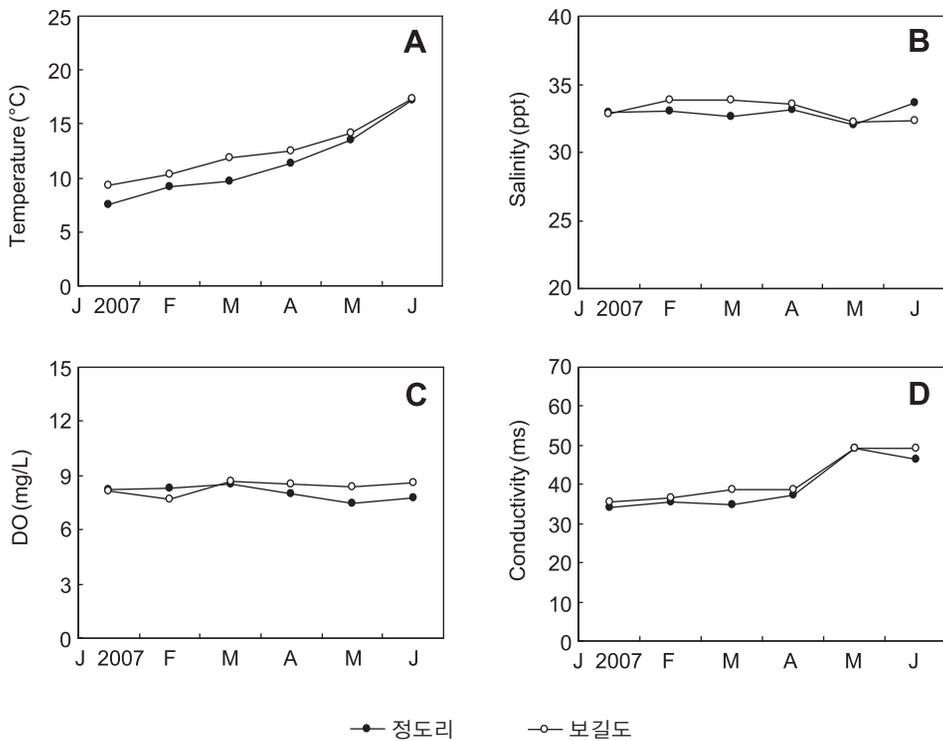


그림 23. 양성 기간중 실험어장의 환경변화. A : 수온, B : 염분, C : 용존산소, D : 전기전도도.

성 수심인 1m의 수중광량은  $942\sim 1,454\ \mu\text{mol m}^{-2}\ \text{s}^{-1}$ , 인산염의 농도는  $0.621\sim 0.779\ \mu\text{g-at/L}$ , 총질소의 농도는  $6.754\sim 9.621\ \mu\text{g-at/L}$  범위였고, 이들 환경조건에서 청각의 양성은 매우 정상적으로 이루어졌다.

## 2. 기본시설

청각 양성을 위한 시설도는 그림 24와 같다. 청각은 엽체 길이가 30cm 이내로 자라므로 1ha 면적내에 시설할 수 있는 시설 대수는 100m 연승 100대까지도 시설이 가능하다.

## 3. 생장도

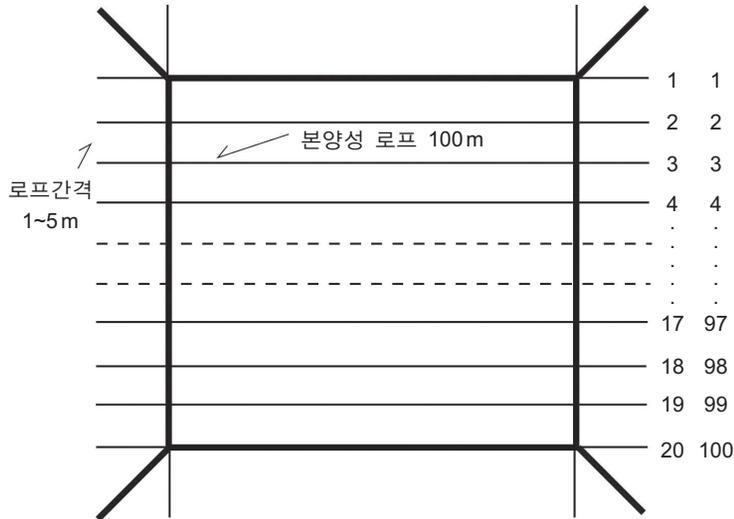
### 1) 양성 어장별 청각의 생장도

청각의 양성 생장도 및 생산량은 양성 어장별로 차이를 보였다. 전남 완도군 정도리 어장의 직립엽체의 발달은 2월부터 나타나기 시작하여 3월부터 분지를 형성하기 시작하였고, 5월부터 빠르게 길이 생장이 이루어져 평균엽장이  $15.1\pm 0.2\ \text{cm}$ 에 달하였으며, 수확기인 8월에  $5.02\pm 1.41\ \text{kg/m}$ 의 생체량을 보였다. 보길도어장의 경우 직립엽체의 발달은 1월부터 나타나기 시작하여 2월부터 분지를 형성하기 시작하였고, 3월부터 빠르게 길이생장이 이루어지기 시작하여 평균엽장이  $16.4\pm 6.3\ \text{cm}$ 에 달하였으며, 수확기인 8월에  $7.45\pm 2.08\ \text{kg/m}$ 의 생체량을 보였다(황 등, 2005b).

### 2) 유·무성생식 방법별 양성효과

청각의 생식방법에 따른 양성효과는 차이를 보였다. 유성생식에 의해 접합자를 채묘

## A 평면도



## B 수직단면도

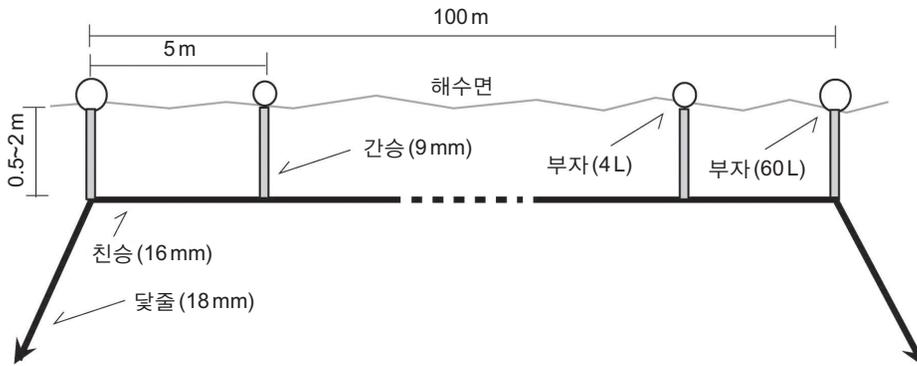


그림 24. 청각 양성 시설도(A : 평면도, B : 수직단면도).

한 경우 8월에 엽장은  $2.1 \pm 0.4$  cm였으며, 생체량은  $0.81 \pm 0.41$  kg/m를 나타내었다. 무성생식에 의해 분리수사를 채묘한 경우 8월에 엽장은  $20.1 \pm 1.2$  cm였으며, 생체량은  $7.45 \pm 2.08$  kg/m를 나타내어 생식방법에 따른 성장 및 생산량의 차이가 매우 크게 나타났다. 즉, 무성생식에 의한 분리 수사를 채묘한 경우는 일정한 생산량을 지속적으로 유지할 수 있으나, 유성생식에 의한 접합자를 채묘하는 경우 모조의 성숙도와 배우자

방출량에 따라 양성시 생산량이 크게 달라질 수 있음을 의미한다.

### 3) 양성 단계별 생장도 및 양성효과

#### (1) 전기양성 기간중 수심별 생장도 및 양성효과

청각의 양성 기간중 양성 전기는 1월에서 5월까지에 해당된다. 전기양성 수심별 청각 엽체의 생장도는 수심 0.5m구에서 양성 15일후 직립엽체가 출현하기 시작하였으며, 60일후 분지가 형성되기 시작하였고, 양성 120일후 엽장이  $4.7 \pm 1.2$  mm에 도달하였다. 수심 1m구에서는 양성 15일후 직립엽체가 출현하기 시작하였으며, 양성 30일후 분지가 형성되기 시작하였으며, 양성 120일후 엽장이  $5.2 \pm 1.5$  mm에 도달하였다. 수심 2m구에서는 역시 양성 15일후 직립엽체가 출현하기 시작하였으며, 양성 30일후 분지가 형성되기 시작하였고, 양성 120일후 엽장이  $1.19 \pm 0.8$  mm로 최대치를 나타내었다. 수심 3m구에서는 양성 15일후 분지가 형성되기 시작하였으며, 양성 120일후 1.11

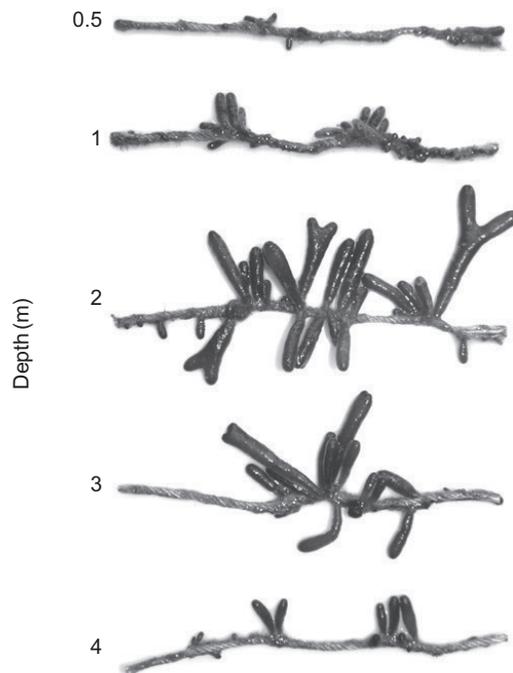


그림 25. 수심별 전기양성 120일후 청각의 생장도.

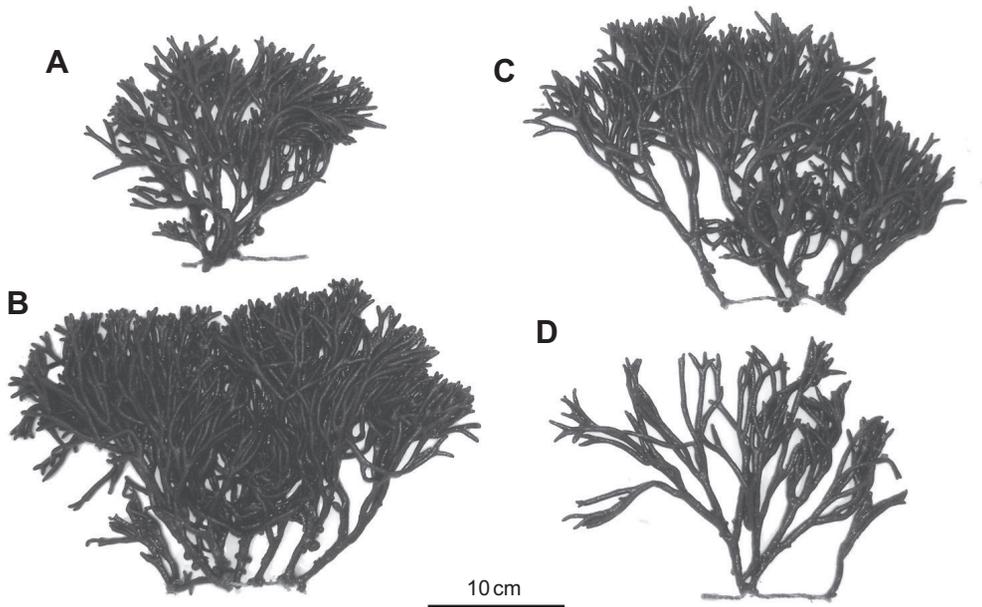


그림 26. 후기양성 90일후 청각의 양성 수심별 생장도. A: 수심 0.5m 실험구. B: 수심 1m 실험구. C: 수심 2m 실험구. D: 수심 3m 실험구. 모든 실험구에서 종사 10cm에 부착된 청각 엽체의 생장도를 비교함.

$\pm 0.7$  mm로 성장하였다. 즉, 청각의 전기양성 기간중 적정 양성 수심은 그림 25와 같이 수심 2m인 것으로 나타났다.

## (2) 후기양성 기간중 수심별 생장도 및 양성효과

청각의 양성 기간중 양성 후기는 6월에서 8월까지에 해당된다. 양성 30일후 수심별로는 1m구에서 엽장이 최대치인  $9.5 \pm 2.5$  cm로 가장 빠른 성장을 나타내었으며, 3m구에서 최저치인  $4.5 \pm 1.7$  cm를 나타내었다. 양성 60일후 0.5~2m구에서는 연승 1m당 청각 생산량이 1kg 이상을 나타내었으나, 수심 3m구에서는  $0.34 \pm 0.14$  kg/m를 나타내었다. 양성 90일후에는 수심 1m구에서 엽장  $23.3 \pm 3.4$  cm로 최대치를 나타내었으며 수심 3m구에서 최저치인  $14.2 \pm 2.1$  cm를 나타내었다. 수심별 생산량은 양성 90일후 수심 1m에서 최대치인  $7.22 \pm 0.47$  kg/m를 나타내었으며, 수심 3m에서 최저치인  $1.03 \pm 0.25$  kg/m를 나타내었다. 따라서 후기양성 기간중 최대 생산량을 보인 적정

양성 수심은 그림 26과 같이 수심 1m인 것으로 나타났다.

### (3) 양성방법별 생장도 및 양성효과

청각의 양성방법별 생장도 및 양성효과는 차이를 보였다(그림 27). 종사 1가닥으로 친승에 감기 시설된 양성 실험구의 경우 양성 120일후 직립지의 엽장은  $3.2 \pm 0.5$  cm로 나타났으며, 종사 2가닥으로 친승에 감기 시설된 양성 실험구의 경우  $3.5 \pm 0.1$  cm로 나타났다. 생산량은 종사 1가닥 양성 실험구에서  $0.36 \pm 0.17$  kg/m였고, 2가닥 양성 실험구에서  $0.37 \pm 0.06$  kg/m로 나타났다. 즉, 동일 양성시기에 종사를 1가닥 또는 2가닥으로 양성 시설하는 것은 청각의 생장이나 생산량 증가에 있어 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

재생장 실험구에서는 양성 실험 시작 시기에 이미 엽장이  $5.3 \pm 1.8$  cm였으며, 양성 120일후에는 엽장이  $19.2 \pm 1.9$  cm에 도달하였고, 생산량은  $5.51 \pm 0.21$  kg/m를 나타내었다. 따라서 청각의 경우 한번 채취후에 부착부가 부착된 연승을 다음해 양식의 종묘로 재사용 하는 것이 가능하며, 이러한 방법을 적용함으로써 보다 많은 생산량을 반복적으로 계속해서 얻을 수 있는 장점이 있다.

### (4) 가이식 기간에 따른 양성효과

가이식 기간에 따라 청각의 양성효과는 차이를 보였다(그림 28). 가이식 기간이 180일인 실험구는 3월부터 직립지의 형성이 나타나기 시작하여 7월에 엽장  $17.2 \pm 8.8$  cm였으며, 생산량은  $6.20 \pm 2.81$  kg/m로 나타났다. 가이식 기간 150일인 실험구는 2월에 직립지의 형성이 나타나기 시작하여 7월에 엽장  $18.8 \pm 4.5$  cm였으며, 생산량은  $6.43 \pm 1.68$  kg/m로 실험구들 가운데 최대치를 나타내었다. 가이식 기간이 120일과 90일인 실험구는 모두 2월에 직립지의 형성이 나타나기 시작하여 7월에 각각 엽장  $14.5 \pm 2.1$  cm 및  $13.7 \pm 4.7$  cm를 나타내었으며, 생산량은 각각  $5.64 \pm 0.57$  및  $4.76 \pm 0.53$  kg/m을 보였다. 가이식 기간 60일 및 30일 실험구에서는 직립지의 형성이 5월에 나타나기 시작하였으며 분지의 형성은 7월에 나타나기 시작하였고, 생산량은 각각  $3.18 \pm 0.12$

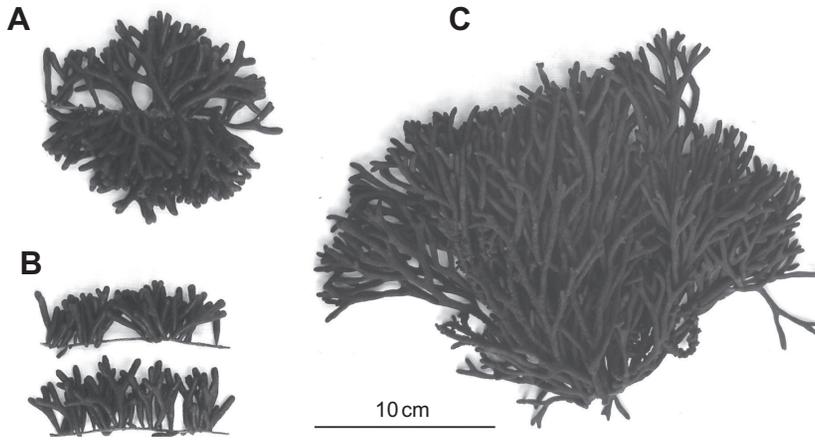


그림 27. 청각의 양성방법별 성장도 및 양성효과. A : 종사 1가닥 양성 실험구. B : 종사 2가닥 양성 실험구. C : 재생장 실험구.

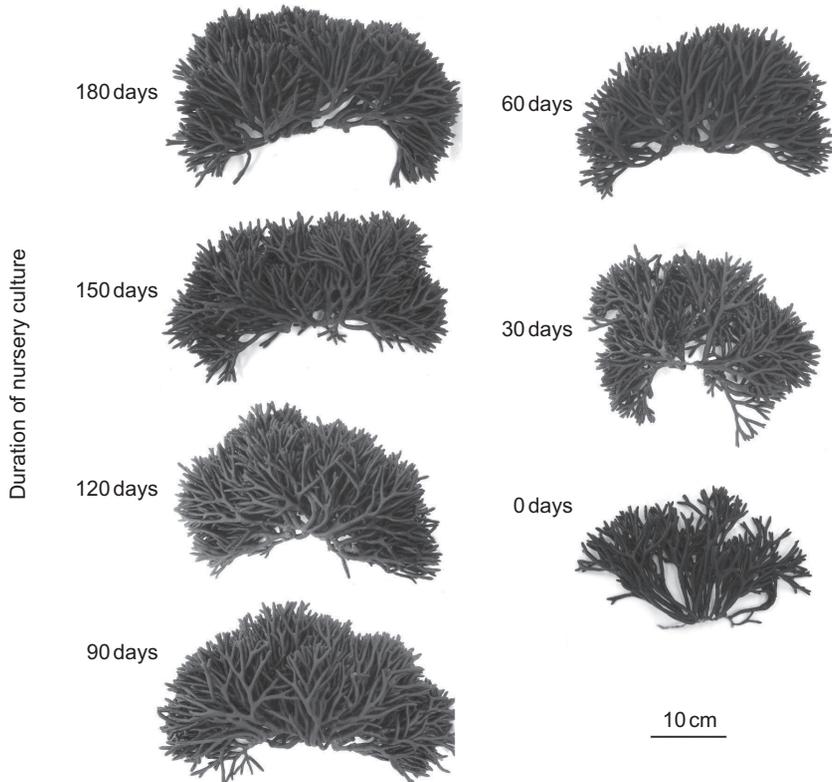


그림 28. 가이식 기간별 청각의 양성효과.

kg/m 및  $2.04 \pm 0.01$  kg/m을 나타내었다. 가이식 0일 실험구는 채묘후 가이식을 생략하고 즉시 본양성을 실시한 실험구인데, 직립지의 형성은 5월부터 형성되기 시작하였으며, 생산량은  $1.53 \pm 0.01$  kg/m로 가이식 기간 30일 실험구와 유의한 차이를 보이지 않았다.

#### 4. 해적생물

양성 기간중 출현한 해적생물은 총 17종으로 해조류 13종 및 규조류와 기타 동물 4종으로 나타났다. 전남 완도군 정도리어장에서는 모로우붉은실이 1월부터 지속적으로 출현하였으며, 잎파래는 1월부터 4월까지 그리고 구멍갈파래는 3월부터 6월까지 점차 증가하는 경향을 나타내었다. 정도리어장에서는 빨질의 부착이 많았으나 가이식 기간에 비하여 해적생물의 출현비율은 적은 것으로 나타났다. 전남 완도군 보길도어장에서 출현한 해적생물은 총 15종으로 해조류 13종 및 기타동물 2종으로 나타났다. 보길도어장에서는 조류 소통이 원활하여 종사에 빨질이 부착되지는 않았으나 1월부터 4월까지 잎파래의 부착이 많았으며 4월 이후 6월까지 구멍갈파래의 빈도수가 높았다.

청각의 양성 기간중 해적생물에 의한 극심한 피해는 관찰되지 않았다. 가장 많은 생체량이 나타난 파래류의 경우 6월 이후 수온이 지속적으로 상승하게 되면 자연적으로 소실되어 청각에는 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

#### 5. 수 확

##### 1) 건조수확

###### (1) 자연건조시 건조수확

청각은 일반적으로 자연건조 방법을 사용하여 햇빛에 말려 가공하는 방법을 이용해

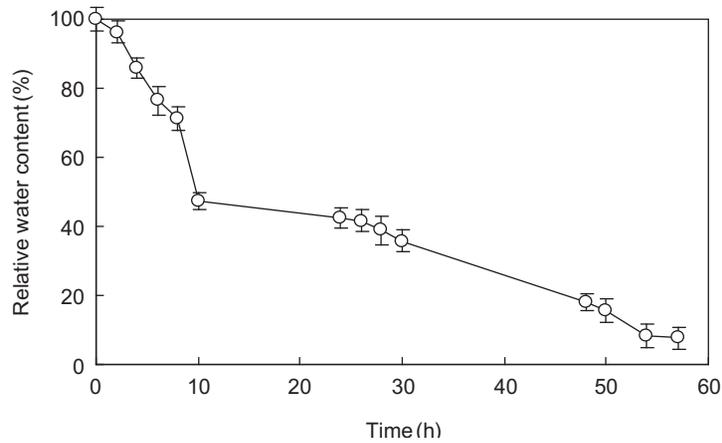


그림 29. 청각의 자연건조시 상대수분함량 변화.

표 15. 청각의 건조수율

구 분	습중량 (g-fresh wt.)	건중량 (g-dry wt.)**	건조수율 (%)
평균*	102.33	5.23	5.13
편 차	2.52	0.23	0.32

\* : 3반복 실험구의 평균값

\*\* : 80°C에서 24시간 건조 후의 측정치

왔다. 자연건조시 청각 엽체의 중량 변화는 50g 습중량을 기준으로 하였을 때 그림 29와 같이 10시간 경과후 상대수분함량이 평균 47%에 달하며 48시간 경과후 상대수분함량이 평균 18%로 나타났다.

청각의 건조수율 측정은 dry oven을 이용하여 80°C에서 24시간 건조한 후 건중량을 측정하였다. 청각의 건조수율은 표 15와 같이 습중량 100g을 기준으로 하였을 때 평균  $5.13 \pm 0.32\%$ 로 나타났다.

#### (2) 청각의 인공건조시 온도조건별 상대수분 함량 및 색택 변화

청각의 수확 이후 자연건조를 대신하여 인공적인 조건에서 건조를 실시할 경우 수분함량 변화는 그림 30과 같다. 건조 온도가 증가할수록 청각 엽체의 상대수분함량은 매

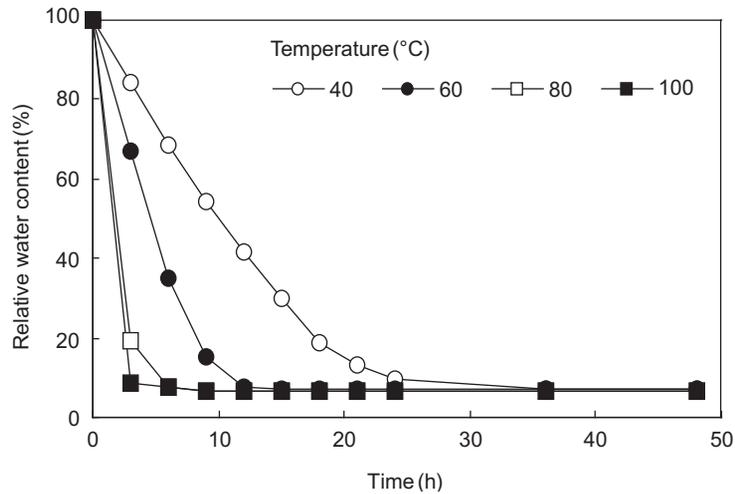


그림 30. 청각의 온도조건별 상대수분함량 변화.

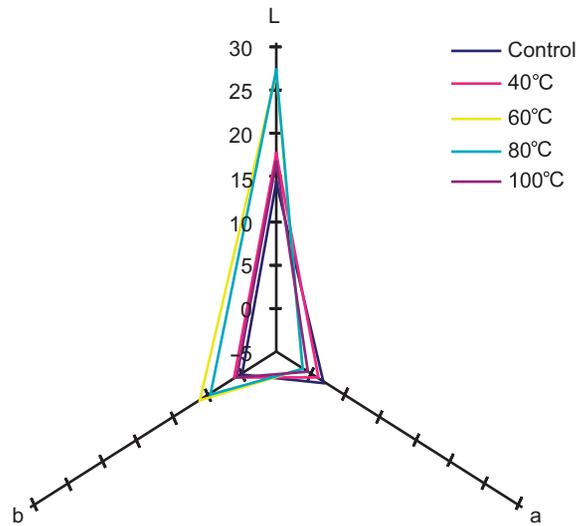


그림 31. 색차계 분석에 의한 청각 건조시 온도조건별 색택의 변화.

우 빠르게 감소하는 경향을 나타내었으며 40°C 조건에서는 24시간, 60°C 조건에서는 12시간, 80°C 조건에서는 6시간 및 100°C 조건에서는 3시간이면 상대수분함량 10% 이하로 건조되는 것으로 나타났다.

건조된 청각의 색택 변화는 그림 31과 같이 자연상태 청각 엽체의 색택을 대조구로 하였을 때 100°C에서 3시간 건조시킨 경우가 대조구와 가장 근접하였다.

## 6. 청각 양식과정 요약

### 1) 접합자 및 분리수사의 인공채묘

청각 접합자는 발아관을 형성하여 수사로 자라며 분리수사의 재생과정에서 나타나는 수사와 동일한 형태로 성장한다. 다만 접합자의 채묘(그림 32)에 의하여 성장한 수사 보다는 분리 수사의 채묘(그림 33)를 통한 수사의 생장이 보다 빠른 것으로 나타났다. 채묘틀의 실내 수조배양(그림 34)기간 동안, 종사에 부착된 수사는 채묘틀의 종사와 종사 사이로 투명한 실모양을 형성함으로써(그림 35) 수사의 부착을 육안적으로 확인할 수 있다.

### 2) 가이식 및 양성

전남 완도군 지역에서 청각의 가이식 및 양성과정중 수온의 변화와 각 수심별 수중광량의 월별 변화는 그림 36과 같다. 수온 변화는 8.0°C~24.8°C까지 변화하였으며, 최고 수온은 9월에 그리고 최저 수온은 2월에 각각 기록되었다. 표층 광량의 최대치는 8월 그리고 최저치는 5월에 각각 기록되었다.

청각의 가이식 및 양성 기간중 각 수심별 성장율 및 수심과 수중광량과의 관계는 표 16과 같다. 가이식 60일후 수심 0.5m구의 일간성장율은  $0.055 \pm 0.032$  mm/day로 최대치를 나타내었으며, 수심 1m구의 일간성장율은  $0.052 \pm 0.018$  mm/day, 그리고 수심 2m구에서 일간성장율은  $0.017 \pm 0.005$  mm/day로 나타났다. 따라서 청각의 가이식 기간중 적정 수심은 0.5m이며, 이 시기의 수중광량은  $924 \pm 132 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 로 나타났



그림 32. 접합자의 채묘.



그림 33. 분리수사의 채묘.



그림 34. 수조 배양중 청각 채묘틀.



그림 35. 실모양으로 성장한 수사.

다. 청각의 가이식을 위한 수심과 수중광량간의 관계는  $Y=-0.88X+7.48$  ( $r^2=0.96$ )의 식으로 표준화되었다.

청각의 전기양성 기간중 각 수심별 생장을 및 수심과 수중광량의 관계는 표 16과 같다. 전기양성 150일후 수심 2m구에서 일간생장율이 최대치인  $0.113\pm 0.003$  mm/day를 나타내었으며, 수심 0.5m구에서 일간생장율이 최저치인  $0.018\pm 0.007$  mm/day를 나타내었다. 따라서 청각의 전기양성 기간중 적정 수심은 2m로 나타났으며, 이 시기의 수중광량은  $248\pm 116$   $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 로 나타났다. 청각의 전기양성 기간중 수심과 수중광량간의 관계는  $Y=-0.62X+6.86$  ( $r^2=0.98$ )의 식으로 표준화되었다.

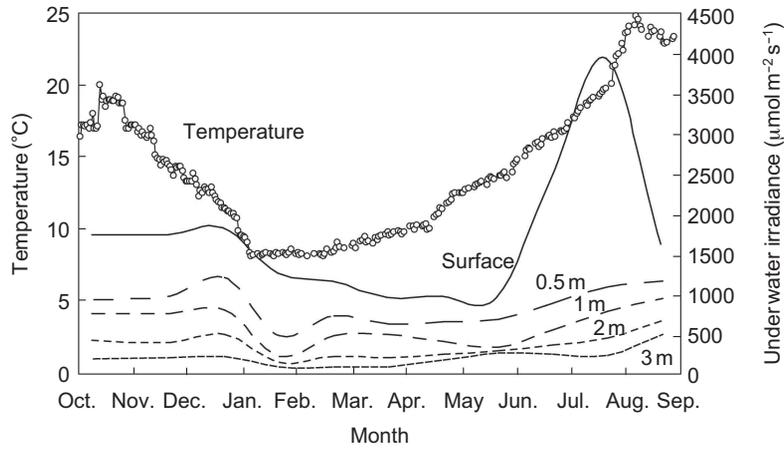


그림 36. 청각의 가이식 및 양성 기간중 수온 및 수심별 수중광량의 변화.

표 16. 청각의 양식 단계별 성장과 수중광량의 관계

양식 단계	Length growth of erect thalli*					Regression of depth vs LN light
	Depth (m)	Initial length (mm)	Final length (mm)	Culture duration (Day)	Growth rate (mm/day)	
가이식	0.5	0	3.3±1.9	60	0.055±0.032 <sup>a</sup>	Y=-0.88x+7.48 (r <sup>2</sup> =0.96)
	1	0	3.1±1.1	60	0.052±0.018 <sup>a</sup>	
	2	0	1.0±0.3	60	0.017±0.005 <sup>b</sup>	
	3	0	-**	60	-	
양성전기	0.5	2.0±1.1	4.7±2.1	150	0.018±0.007 <sup>a</sup>	Y=-0.62x+6.86 (r <sup>2</sup> =0.98)
	1	2.0±1.2	5.2±1.1	150	0.021±0.001 <sup>a</sup>	
	2	2.0±1.2	19.0±1.6	150	0.113±0.003 <sup>b</sup>	
	3	2.0±1.1	14.2±0.7	150	0.081±0.003 <sup>c</sup>	
양성후기	0.5	30.2±1.5	142.1±15.3	90	1.24±0.15 <sup>a</sup>	Y=-0.54x+7.27 (r <sup>2</sup> =0.91)
	1	30.2±1.3	233.2±18.1	90	2.26±0.19 <sup>b</sup>	
	2	30.2±1.4	198.5±21.6	90	1.87±0.22 <sup>c</sup>	
	3	30.2±1.5	168.4±20.1	90	1.54±0.21 <sup>a</sup>	

\* : 모든 수치는 3반복 실험구의 평균과 표준편차임

\*\* : 수사로만 성장하며 직립지 형성하지 않음

표 17. 청각의 단위면적당 생산량 및 생산액 추정

수 심 (m)	생체량* (kg-fresh wt./m)	건중량** (kg-dry wt./100 m)	생산량*** (kg-dry wt./ha)	추정생산액(천원/ha)	
				청 각	미 역
0.5	1.58±0.51 <sup>a</sup>	7.9±2.6 <sup>a</sup>	790		
1	7.22±1.03 <sup>b</sup>	36.1±5.2 <sup>b</sup>	36,110	41,165	14,304
2	3.43±0.62 <sup>c</sup>	17.2±3.1 <sup>c</sup>	1,720		
3	1.03±0.31 <sup>a</sup>	5.15±1.6 <sup>a</sup>	515		

\* : 3반복 실험구의 평균값(±표준편차)에 나타난 동일행의 각기 다른 첨자는 유의한 차이를 가짐( $p < 0.01$ )

\*\* : 건중량은 80°C에서 24시간 건조하였을 때 생체량의 약 5%

\*\*\* : ha당 양성로프의 간격은 1m 기준

청각의 후기양성 기간중 각 수심별 생장율 및 수심과 수중광량의 관계는 표 16과 같다. 후기양성 90일후 수심 1m구에서 일간생장율이 최대치인  $2.26 \pm 0.19$  mm/day를 나타내었으며 수심 0.5m구에서 일간생장율이 최저치인  $1.24 \pm 0.15$  mm/day를 나타내었다. 따라서 청각의 후기양성 기간중 적정 수심은 1m로 나타났으며 이 시기의 수중광량은  $632 \pm 266 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 로 나타났다. 청각의 후기양성 기간중 수심과 수중광량간의 관계는  $Y = -0.54X + 7.27$  ( $r^2 = 0.91$ )의 식으로 표준화되었다.

청각의 후기양성 과정중 소요되는 적정 수중광량을 이용하여 단위면적당 생산가능한 양식 수확량을 추정한 결과는 표 17과 같다. 수심 1m구에서 얻어진  $7.22 \pm 1.03$  kg-fresh wt./m를 이용하여 건조수율 5%를 적용하고 단위면적 1ha당 100대를 시설하였을 경우, 청각의 생산량은 36,110 kg-dry wt./ha로 추정할 수 있다. 이 생산량은 금액으로 환산하면 41,165천 원에 달하며 미역의 생산액 14,304천 원의 약 3배에 달한다.

### 3) 청각 양식 전개

청각 양식의 종합적인 전개과정은 그림 37과 같고, 양식 전개과정의 주요 광경은 그림 38과 같다.

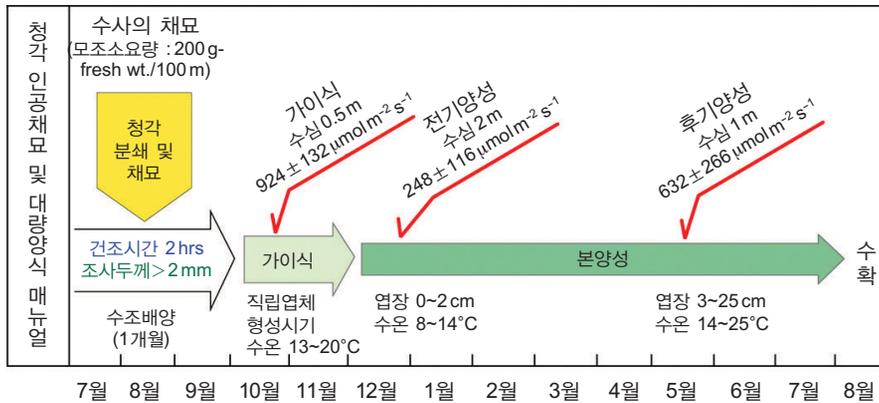


그림 37. 청각의 양식 전개도.



그림 38. 청각 양식의 주요 과정.



## 제6장 경제성 분석 및 유용성분

### 1. 경제성 분석

#### 1) 생산현황 및 면허

청각 생산은 크게 일반 해면어업과 천해 양식어업으로 구분된다. 표 18과 같이 청각의 2005년도 생산량은 일반 해면어업에서 3,083톤이고, 천해 양식어업에서 1,597톤이나 이들 모두 자연적으로 부착된 접합자의 채묘에 의한 것으로 불완전한 양식시스템 하에서 생산된 것들이다. 그러나 청각 양식만을 단독으로 행하는 어장은 표 19와 같이 거의 전무한 상태로 청각 양식의 대부분이 다른 해조류의 양식장에서 동시에 이루어지거나 다른 해조류가 양식되지 않는 어항기 동안에 주로 이루어지므로 어장의 활용성 증가로 단위 어장당 생산성 향상에 기여할 수 있다.

#### 2) 청각 양식어업의 수급구조

청각에 대한 수급구조를 국내생산 및 수입을 합한 총공급량과 수출 및 국내소비를 합한 총수요량으로 나누어 조사해보면 표 20과 같다. 생산에서부터 운반, 가공 및 유통과정에서 손실되는 감모량은 해조류의 경우 통상 총공급량의 5% 수준인 것을 감안하면,

표 18. 해조류 종별 생산량(M/T)

종	일반 해면어업	천해 양식어업
청각( <i>Codium</i> )	3,083	1,597
김( <i>Porphyra</i> )	13	197,610
꼬시래기( <i>Gracilaria</i> )	7	—
다시마( <i>Laminaria</i> )	9	108,327
도박류( <i>Pachymeniopsis</i> )	128	—
모자반( <i>Sargassum</i> )	2	—
미역( <i>Undaria</i> )	4,740	281,871
우뭇가사리( <i>Gelidium</i> )	3,079	—
풀가사리( <i>Gloiopeltis</i> )	84	—
툇( <i>Hizikia</i> )	3,520	30,058
파래( <i>Enteromorpha</i> )	246	814
기타 해조류	301	879
총	15,212	621,156

(해양수산통계연보, 2005)

표 19. 천해 해조류 양식업의 어업권 및 양식면적 현황

종	건 수	면 적(ha)
김( <i>Porphyra</i> )	944	51,894
미역( <i>Undaria</i> )	499	5,873
다시마( <i>Laminaria</i> )	390	5,283
파래( <i>Enteromorpha</i> )	36	2,130
우뭇가사리( <i>Gelidium</i> )	0	0
툇( <i>Hizikia</i> )	291	4,001
갈래곰보( <i>Meristotheca</i> )	0	0
모자반( <i>Sargassum</i> )	27	228
기 타	7	94
총	2,194	69,503

(해양수산통계연보, 2005)

표 20. 청각의 수급구조(단위 : M/T, 생체량)

구 분	년									
	2002		2003		2004		2005		2006	
생 산	해 면	양 식	해 면	양 식	해 면	양 식	해 면	양 식	해 면	양 식
	558	72	27	53	616	142	3,083	1,597	2,875	165
수 입	-		-		-		-		-	
공 급	630		80		758		4,670		2,930	
수 출	-		-		-		-		-	
국내소비	630		80		758		4,670		2,930	

(해양수산통계연보, 2007)

국내소비가 대부분이다. 즉, 청각양식은 내수위주의 양식품종이고 수출은 극히 미진하다. 따라서 청각의 판매가 내수에 의존한다고 볼 때, 청각양식어업의 소득 및 가공업자의 수익은 국내의 수요변동에 따라 크게 좌우 된다고 볼 수 있다.

### 3) 종묘생산 수지분석

청각 종묘생산의 경제성 분석은 표 21과 같이 종묘생산 표본어가로부터 조사된 종묘 1,000틀 생산 기준의 손익계산서이다. 손익계산서는 청각 종묘생산의 수지상황을 이해할 수 있도록 각 계정과목의 평균값을 제시하였다. 그리고 자가노력비가 청각 종묘생산에서 차지하는 비중을 나타내기 위하여 자가노력비를 비용에 포함시켰다. 청각종묘 1,000틀의 판매로 발생되는 평균 양식수익은 50,000천 원이고 자가노력비를 비용에 포함시킨 경우의 평균종묘생산비용은 17,360천 원이다. 평균 자가노력비는 매출액의 12%인 6,000천 원에 달한다. 그러므로 양식경영자가 자가노력비를 비용에 포함시키지 않을 경우 청각종묘생산의 매출액 순이익은 실질매출액 순이익을 보다 12%나 과대하게 평가하게 되는 것이다. 이와 같은 종묘생산 수익과 종묘생산 비용의 평균값은 상대적으로 종묘생산의 규모에 따라 차이를 갖는다.

표 21. 청각 종묘생산의 경제성 분석

비 목		수 량	단가(원)	금액(천원)	
조수입	계			50,000	
	판매소득	1,000톨	50,000	50,000	
생산비	시설비	1,000톨	5,000	5,000	
	종묘비	100kg	600	60	
	부대시설비	-	5,000,000	5,000	
	경 영 비	감가상각비	-	500,000	500
	운영관리비	-	500,000	500	
	판매수수료	-	300,000	300	
	소 계			11,360	
	자가노력비			6,000	
총 계			17,360		
총소득(조수입-경영비)				38,640	
소득율(총소득÷조수입)×100				77.28%	
순소득(조수입-생산비)				32,640	
이익율(순소득÷조수입)×100				65.28%	

#### 4) 양식생산 수지분석

청각 양식생산의 경제성 분석은 표 22와 같이 양식생산 표본어가로부터 조사된 100대/ha 양식 기준의 손익계산서이다. 손익계산서는 청각 양식생산의 수지상황을 이해할 수 있도록 각 계정과목의 평균값을 제시하였다. 그리고 자가노력비가 청각 양식생산에서 차지하는 비중을 나타내기 위하여 자가노력비를 비용에 포함시켰다. 청각 양식 100대의 생산판매로 발생하는 평균 양식수익은 60,000천 원이고 자가노력비를 비용에 포함시킨 경우의 평균양식생산비용은 24,300천 원이다. 청각 양식생산의 평균 자가노력비는 매출액의 13.3%인 8,000천 원에 달한다. 그러므로 양식경영자가 자가노력비를 비용에 포함시키지 않을 경우 청각 양식생산의 매출액 순이익은 실질매출액 순이익을

표 22. 청각 양식생산의 경제성 분석

비 목		수 량	단가(원)	금액(천원)	
조수입	계			60,000	
	양 식 소 득	100,000kg	600	60,000	
생산비	시 설 비	100틀 (대)	50,000	5,000	
	종 묘 비	100틀 (대)	50,000	5,000	
	부대시설비	—	5,000,000	5,000	
	경 영 비	감가상각비	—	500,000	500
	운영관리비	—	500,000	500	
	판매수수료	—	300,000	300	
	소 계			16,300	
	자가노력비			8,000	
총 계				24,300	
총소득 (조수입 - 경영비)				43,700	
소득율 (총소득 ÷ 조수입) × 100				72.83%	
순소득 (조수입 - 생산비)				35,700	
이익율 (순소득 ÷ 조수입) × 100				59.5%	

보다 13.3%나 과대하게 평가하게 되는 것이다. 이와 같은 양식생산 수익과 양식생산 비용의 평균값은 상대적으로 양식생산의 규모에 따라 차이를 갖는다.

## 2. 유용성분

### 1) 일반성분

청각의 일반성분은 표 23과 같이 생체의 경우 수분이 대부분을 차지하고 있으며, 다음으로 탄수화물이 2.4%로 높고, 건조체의 경우 탄수화물이 52.8%로 가장 높으며, 다음으로 회분이 22.6%로 높다.

표 23. 청각의 일반성분

구 성(%)	생 체	건 조
수 분	95.1	10.0
단 백 질	1.7	13.8
지 방	0.3	0.8
회 분	0.5	22.6
탄수화물	2.4	52.8

(국립수산과학원, 1995)

표 24. 청각의 무기질, 비타민 및 식이섬유

구 분	구 성	mg/100g(건중량)
무기염류	Ca	40
	P	18
	Fe	4.6
비 타 민	B <sub>1</sub>	0.01
	Niacin	1.4
	B <sub>2</sub>	0.05
	C	9
식이섬유	불용성	29.4
	수용성	6.5
	Cellulose	4.9
	Lignin	1.6

(국립수산과학원, 1995)

## 2) 무기염류

청각의 무기염류 함량은 표 24와 같이 칼슘의 함량이 40mg/100g(건중량)으로 매우 높으며, 비타민에 있어서는 비타민 C의 함량이 9mg/100g(건중량)으로 높다. 그리고 식이섬유는 불용성의 부분이 29.4%로 식이섬유의 대부분을 차지한다.

표 25. 청각의 아미노산 함량

종 류	mg/100 g (건중량)
Isoleucine (Ile)	312
Leucine (Leu)	564
Lysine (Lys)	368
Methionine (Met)	150
Cystine (Cys)	81
Phebylalanine (Phe)	448
Tyrosine (Tyr)	255
Threonine (Thr)	342
Tryptophan (Trp)	96
Valine (Val)	477
Histidine (His)	295
Arginine (Arg)	408
Alanine (Ala)	515
Aspartic acid (Asp)	649
Glutamic acid (Glu)	871
Glycine (Gly)	352
Proline (Pro)	340
Serine (Ser)	339
Taurine (Tau)	18
Total	6,880

(국립수산과학원, 1995)

### 3) 아미노산 함량

청각의 아미노산 함량은 표 25와 같다. 청각에는 다양한 아미노산이 함유되어 있어 이상적인 기능성 식품이라 할 것이다. 이러한 다양한 기능성분을 다량 함유하고 있는 청각을 이용해 일반 소비자들이 선호할 수 있는 다양한 건강 또는 기능성 식품이 개발된다면 내수시장에서의 저변확대도 기대할 수 있을 것이다.

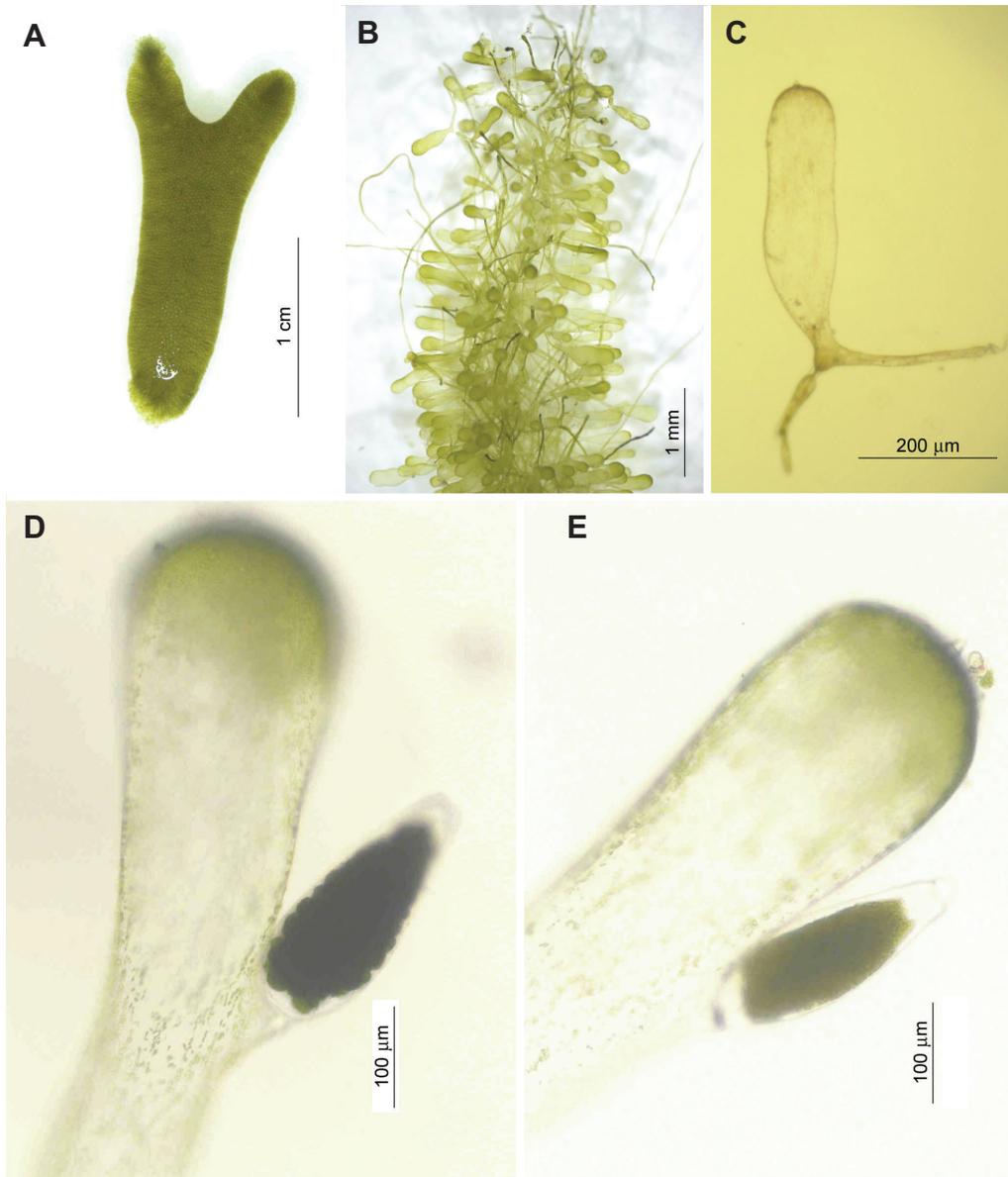


## 제7장 참고문헌

- Arasaki, S., Tokuda, H. and Fujitama, K. 1956. The reproduction and morphogeny in *Codium fragile*. Bot. Mag. Tokyo 69: 39~44.
- Campbell, J.S. 1999. Occurrence of *Codium fragile* subsp. *tomentosoides* (Chlorophyta: Bryopsidales) in marine embayments of southeastern Australia. *J. Phycol.* 35: 938~940.
- Carlton, J.T. and Scanlon, J.A. 1985. Progression and dispersal of an introduced alga: *Codium fragile* ssp. *tomentosoides* (Chlorophyta) on the Atlantic coast of North America. *Bot. Mar.* 28: 155~165.
- Chapman, V.J. 1962. The Algae. St Martin's Press Inc. New York. 94~104pp.
- Duke, C.S., Litaker, W. and Ramus, J. 1989. Effects of temperature, nitrogen supply and tissue nitrogen on ammonium uptake rates of the Chlorophyta seaweeds *Ulva carva* and *Codium fragile*. *J. Phycol.* 25: 113~120.
- Gerard, V.A., Dunham, S.E. and Rosenberg, G. 1990. Nitrogen-fixation by cyanobacteria associated with *Codium fragile* (Chlorophyta): environmental effects and transfer of fixed nitrogen. *Mar. Biol.* 105: 1~8.
- Glombitza, K.W. 1969. Antibiotics from algae. In (eds.) Hoppe HA, T Levring and Y Tanaka. Marine algae in pharmaceutical science. Walter de Gruyter. New York. 301~342pp.
- Hanisak, M.D. 1979. Physiological ecology of *Codium fragile* subsp. *tomentosoides*. Ph.D. thesis. Univ. of Rhode Island. 148pp.

- Head, W.D. and Carpenter, E.J. 1975. Nitrogen fixation associated with the marine macroalga *Codium fragile*. *Limnol. Oceanogr.* 20: 815~823.
- Hoppe, H.A. 1979. Marine algae and their products and constituents in pharmacy. In (eds.) Hoppe HA, Levring T and Y Tanaka. Marine algae in pharmaceutical science. Walter de Gruyter. New York. 28~29pp.
- Hwang, E.K., Baek, J.M. and Park, C.S. 2008. Green alga, *Codium fragile* (Suringar) Hariot cultivation by artificial seed production in Korea. *J. Appl. Phycol.* 20: 469~475.
- Lobban, C.S., Harrison, P.J. and Duncan, M.J. 1985. The physiological ecology and seaweeds. Cambridge Univ. Press. Cambridge, 242pp.
- Moeller, H.W. 1969. Ecology and life history of *Codium fragile* subsp. *tomentosoides*. Ph.D. Thesis, Rutgers Univ., New Brunswick, 129pp.
- Nanba, N., Kado, R., Ogawa, H. and Komuro, Y. 2002. Formation and growth of filamentous thalli from isolated utricles with medullary filaments of *Codium fragile* spongy thalli. *Aqua. Bot.* 73: 255~264.
- Nanba, N., Kado, R., Ogawa, H., Nakagawa, T. and Sugiura, Y. 2005. Effects of irradiance and water flow on formation and growth of spongy and filamentous thalli of *Codium fragile*. *Aqua. Bot.* 81: 315~325.
- Oh, Y.S., Lee, I.K. and Boo, S.M. 1990. An annotated account of Korean economic seaweeds for food, medical and industrial uses. *Korean J. Phycol.* 5: 57~71.
- Ramus, J. and Venable, M. 1987. Temporal ammonium patchiness and growth rate in *Codium* and *Ulva*. *J. Phycol.* 23: 518~523.
- Rogers, D.J. and K. Hori. 1993. Marine algal lectins: new developments. *Hydrobiologia* 260/261: 589~593.
- Tseng, C.K. and Zhang, J.F. 1984. Chinese seaweeds in herbal medicine. *Proc. Int'l. Seaweed Symp.* 11: 152~154.
- Velasquez, G.T. 1972. Studies and utilization of the Philippine marine algae. *Proc. Int'l. Seaweed Symp.* 7: 62~65.
- Yotsui, T. and Migita, S. 1989. Cultivation of a green alga *Codium fragile* by regeneration. *Nippon Suisan Gakkaishi* 55: 41~44.
- 국립수산과학원. 1995. 한국수산물성분표. 216pp.
- 강제원. 1968. 한국동식물도감, 제8권 식물편(해조류). 문교부, 465pp.

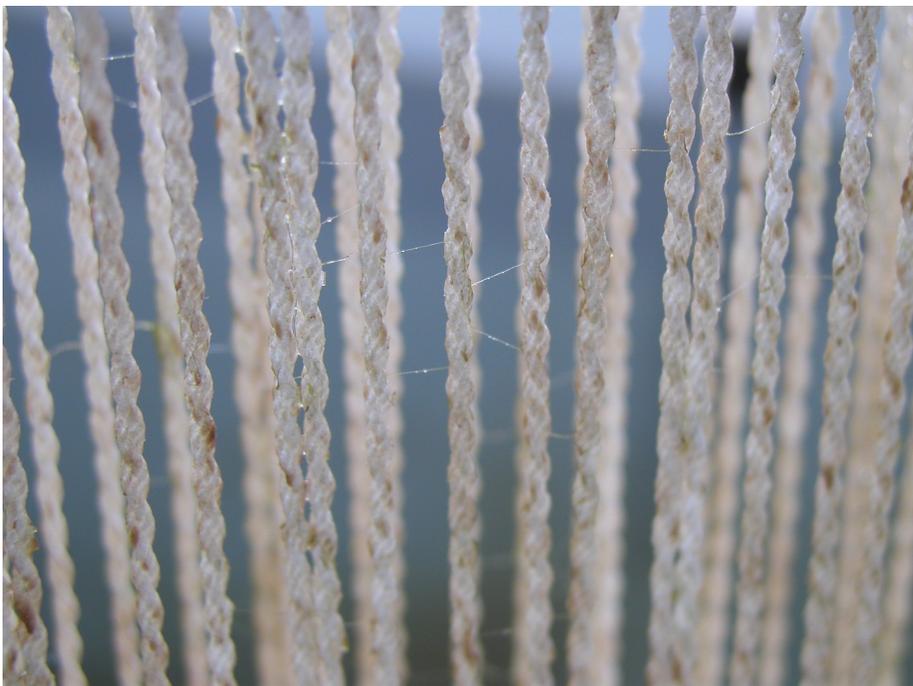
- 강제원 · 고남표. 1977. 해조양식. 삼화출판사, 294pp.
- 박찬선 · 손철현. 1992. 실내 배양된 청각(*Codium fragile*)의 형태형성에 있어서 온도와 광의 영향. 한국조류학회지, 7: 213~223.
- 이인규 · 강제원. 1986. 한국산 해조류의 목록. 한국조류학회지, 1: 311~325.
- 이용필 · 강서영. 2002. 한국산 해조류의 목록. 제주대학교 출판부, 경신인쇄사, 662pp.
- 황은경, 백재민, 박찬선. 2005a. 녹조류 청각의 생식방법을 이용한 인공종묘생산. 한국수산학회지, 38: 164~171.
- 황은경, 백재민, 박찬선. 2005b. 청각, *Codium fragile* (Suringar) Hariot의 분리수사 재생에 의한 종묘생산과 가이식 조건. 한국수산학회지, 38: 393~398.
- 해양수산통계연보. 2007. 해양수산부, <http://badarosi.momaf.go.kr>.



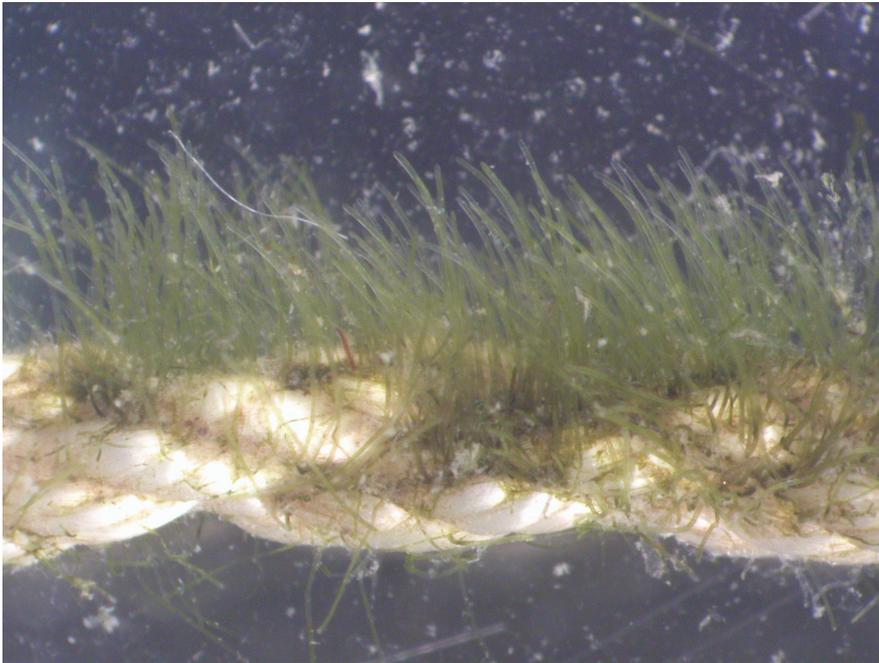
A : 청각 엽체 단편. B : 청각 엽체의 포낭 및 수사 분리. C : 청각 포낭과 수사. D : 청각 포낭과 암배우자낭. E : 청각 포낭과 수배우자낭.



청각 분리수사액을 이용한 인공채묘



청각 분리수사 채묘후 1개월간 수조배양한 채묘들의 종사



가이식 1개월후 수사가 밀생한 청각 종사의 현미경사진



가이식 2개월후 밀생한 수사와 직립 엽체로 자란 청각



청각 종사의 감기식 본양성 시설



양성시설 2개월후 청각 업체의 성장



분리수사 채묘를 통해 양성된 친생의 청각



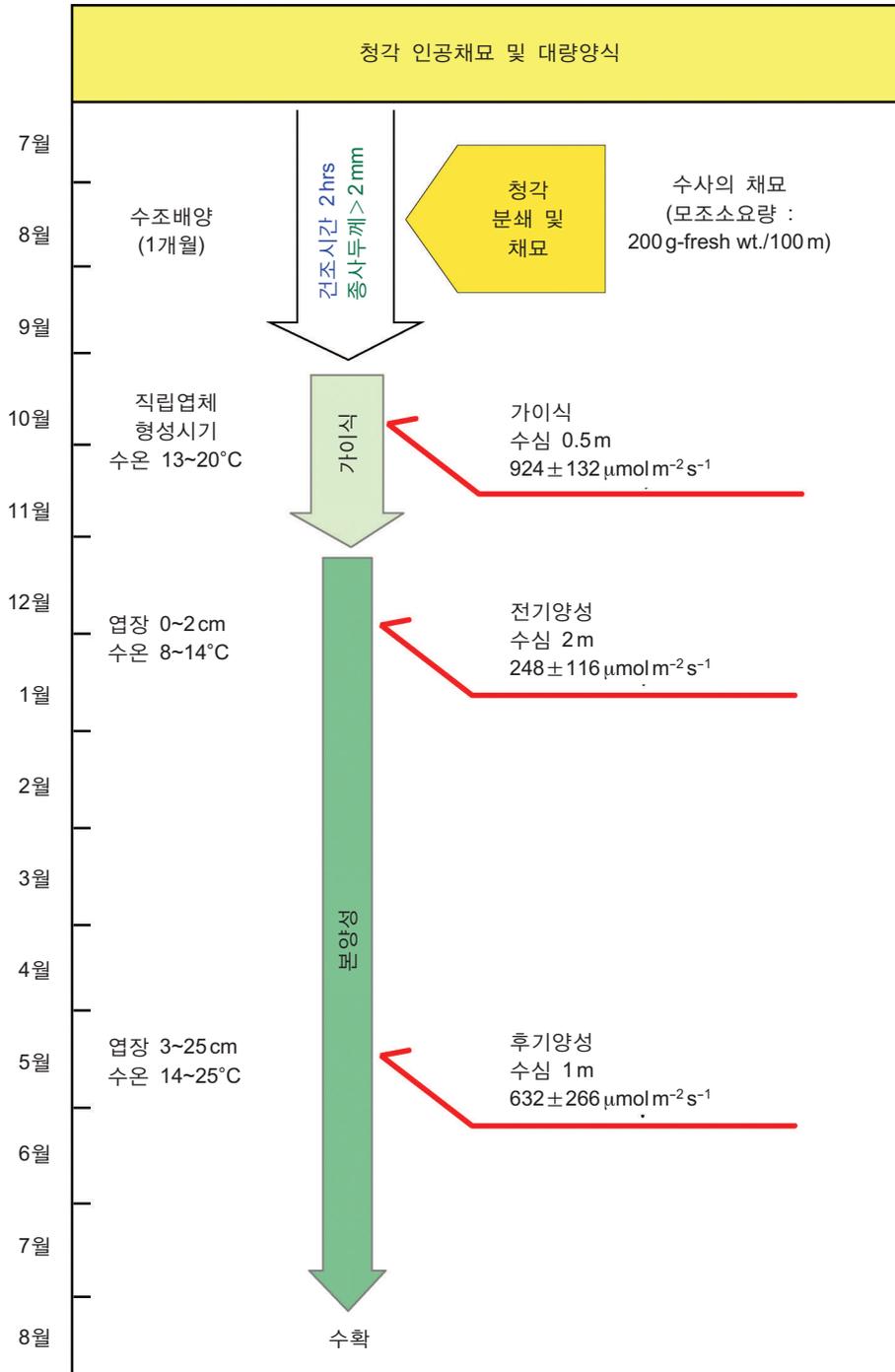
청각의 채취



청각을 부재료로 사용한 김치



청각 냉채 요리 재료 및 완성된 청각 냉채



**청각 양식** *Codium fragile* Cultivation

2009년 2월 20일 인쇄  
2009년 2월 25일 발행

발행인 : 국립수산과학원 남해수산연구소장 손상규

편집인 : 해조류연구센터장 백재민

집필진 : 해조류연구센터 황은경, 김성철, 황미숙  
목포대학교 해양수산자원학과 박찬선

발행처 : 국립수산과학원 남해수산연구소 해조류연구센터  
전남 목포시 옥암동 1101번지

전화 : 061-285-1951

홈페이지 : [www.nfrdi.re.kr](http://www.nfrdi.re.kr)

ISBN : 978-89-88154-61-8 93480      가 격 : 10,000원

