

곰피 양식

Cultivation of *Ecklonia stolonifera*



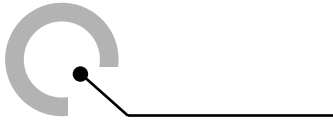
예조류바이오연구센터
국립수산물과학원 전락양식연구소
Seaweed Research Center, NFRDI

곰피 양식

Cultivation of
Ecklonia stolonifera



예조류바이오연구센터
국립수산물과학원 전락양식연구소
Seaweed Research Center, NFRDI



목 차

제1장 서 론 ▣ 1

제2장 생물학적 특성 ▣ 4

1. 분류학적 위치 ▣ 4
2. 분 포 ▣ 5
3. 생 태 ▣ 7

제3장 인공종묘생산 ▣ 16

1. 생식방법별 대량배양 ▣ 16
2. 인공채묘 ▣ 30
3. 곰피의 생리학적 특성 ▣ 34

제4장 가 이 식 ▣ 54

1. 환경조건 ▣ 54
2. 생 장 ▣ 56
3. 해적생물 ▣ 60

제5장 양 성 ▣ 62

1. 환경조건 ▣ 62
2. 생 장 ▣ 63
3. 해적생물 ▣ 69
4. 양식과정 요약 ▣ 71

제 6 장 먹이효율 ▣ 75

1. 전복 급이시 먹이효율 ▣ 75

제 7 장 양식 경제성 분석 ▣ 81

1. 경제성 분석 ▣ 81

제 8 장 성분 분석 ▣ 97

1. 일반성분 ▣ 97
2. 유용 성분 ▣ 97

제 9 장 참고문헌 ▣ 100

부 록 [양식과정 사진] ▣ 105





제1장 서론

해조류를 인간의 식량원이나 해산동물의 사료로 이용하기 시작한 것은 아시아 지역 국가들에서는 오랜 역사를 가지고 있다(Critchley, 1993). 집약적인 해조류 양식기술은 한국, 중국 및 일본에서 이루어지고 있는 김, 미역 및 다시마에서 잘 발달되어왔다(Kawashima, 1984; Tseng, 1987; Ohno and Matsuoka, 1993; Oohusa, 1993). 한국은 전세계 해조류 생산량의 6%인 621,154톤을 생산하는 세계 4위의 해조류 생산국가이다 (FAO, 2005).

우리나라의 천해양식 생산량의 대부분을 차지하는 것이 해조류이고, 천해양식업에 종사하는 대부분의 어업인들이 해조류를 생산하여 생계의 기본을 이룬다 해도 과언이 아닐 것이다. 최근 서남해역을 중심으로 발전하고 있는 전복 양식 산업도 우리나라의 풍부한 해조자원과 높은 양식기술이 기저에 있었기에 단기간 내에 가능한 것이었다. 그러나 우리나라의 해조 양식 산업은 과잉생산에 따른 가격하락으로 영세성을 면치 못하고 있다. 해조류 양식 산업을 바탕으로 보다 높은 고부가가치를 창출할 수 있는 전복 양식 산업의 연계는 우리나라 수산양식 산업의 발전에 크게 기여할 것으로 보인다.

우리나라 서남해역은 어류와 패류 양식의 중요성이 해조류 양식 못지않게 중요한 지역으로서 해조류의 수질정화능을 이용한 환경친화적인 양식을 통하여 고부가가치의 양식 생산을 추구할 수 있다. 또한 곰피 등의 다년생 대형 갈조류는 부착기에 의한 영양번

식이 우세하여 이식된 지역에서 서식 면적을 넓혀 나가는 특성이 있으므로 연안 해중림 조성에 적합한 종이라 할 수 있다.

대형갈조류는 다시마, 대황, 감태, 곰피, 모자반 등을 일컬으며 이러한 대형 갈조류가 우점하는 점심대에 형성된 해조류 군락을 해조숲 또는 해중림이라 부른다(大野, 1985; 谷口, 1996). 해중림은 가장 중요한 일차 생산이 일어나는 장소일 뿐만 아니라 엽상체를 생활 기반으로 하는 부착성 표생동물 군집과 전복, 성게, 소라 등 초식 동물과 불락, 조피불락, 쥐노래미 등 해조 군락을 서식지나 산란장 또는 은신처로 이용하는 어류(Watanuki and Yamamoto, 1990; Ohno, 1993)에 이르기까지 풍부한 생물상을 가지는 생물사회를 구성하고 있다(김과 장, 1992). 특히 전복, 성게, 소라 등은 그 어업 생산 자체가 먹이 자원의 풍부도에 의하여 직접 영향을 받는다고 알려져 있다(Laycock, 1974; 남 등, 1985).

곰피는 성게, 전복 등 유용해산동물의 먹이원으로 해중림의 주요 구성종이자 일차생산자이며(Kang and Yoo, 1993; Brown and Lamare, 1994), 경남 지역에서는 씹 채소의 하나로 오래전부터 식용으로 이용해오고 있다. 특히, 곰피에는 알긴산 뿐만 아니라 순도가 높은 fucoidan이 다량 함유되어 있으며(이 등, 1995), 곰피의 fucoidan은 트롬빈 활성이 높아 헤파린의 약 1.4배에 달한다고 한다. 이와 같이 곰피는 새로운 생리활성물질의 추출원으로써도 가능성이 매우 높다(Hwang *et al.*, 2008).

최근 우리나라에서 전복양식 산업의 급증으로 2009년 기준으로 5,500톤을 생산하고 있으며 생산량과 생산면적은 점차 증가하고 있는 추세이다. 양식 전복은 매일 해조류를 체중의 10~30%까지 섭취하므로(Corazani and Illanes, 1998; Serviere-Zaragoza *et al.*, 1998), 전복양식 산업의 성패는 먹이가 되는 해조류의 안정적 생산이 관건이라 할 수 있다(Edding and Tala, 2003).

최근 전복 산업의 확대에 따라 여름철 고수온기 전복 먹이의 부족현상을 해결하기 위한 대안으로 여름철 고수온기에 최대 생체량을 갖는 곰피에 대한 관심이 높아지고 있다. 따라서 본 연구에서는 곰피의 생식방법에 따른 기초연구를 바탕으로 하여 종묘생산

및 양식기술을 개발함으로써 해조류 양식품종의 다양화를 유도하고, 양식 기술을 널리 보급함으로써 어업인의 소득증대에 기여할 뿐만 아니라 곰피의 대량생산을 통한 고부가가치성을 창출하는 의약품용 원료 공급원 및 다년생 갈조류인 곰피의 특성을 이용하여 연안양식어장의 부영양염 흡수를 위한 인공 해중립의 구성원으로 이용코자 한다. 곰피는 종묘생산 및 양식기술이 확립되어 있는 다시마와 아주 비슷한 생활사를 갖는 해조류로써 다시마의 양식기술을 응용해 이들에 관한 인공종묘생산 및 양식기술 개발을 체계적으로 수행한다면 곰피의 완전양식화는 기술적으로 크게 어렵지 않을 것으로 판단된다.

다년생 대형 갈조류인 곰피의 생태에 대하여는 Maegawa(1990), Maegawa and Kida(1989) 등에 의해 연구된 바 있으나, 국내에서는 Park *et al.* (1994)의 곰피의 생장과 연령 조성에 관한 연구를 제외하고는 이들의 증양식과 관련한 연구는 아직까지 체계적으로 수행되지 않고 있다.

지금까지 곰피의 인공채묘는 자연의 성숙 엽체를 채취하여 유주자를 채묘하는 방법으로 이루어지고 있으며 양식기술을 상세히 기술한 자료집은 발간된 바가 없었다. 그러나 최근 곰피 양식에 관한 일련의 연구가 수행되어 진일보된 양식기술 개발(Hwang *et al.*, 2009)과 양식 산업화가 이루어지고 있는 시점에서, 최근까지 수행되어온 일련의 곰피 관련 연구결과를 종합 기술한 자료의 필요성이 제기되었다. 따라서 본 책자에서는 현재까지 국내 곰피 양식기술개발 연구결과를 소개함으로써, 곰피 인공종묘생산 및 양식에 관심있는 어업인과 일반인들에게 다소나마 도움이 되길 바라며, 보다 체계화된 양식기술을 제공하고자 한다. 이 책자에 기술된 연구내용은 국립수산물과학원 해조류바이오연구센터와 국립목포대학교의 공동연구로 수행되었음을 밝힌다.



제2장 생물학적 특성

1. 분류학적 위치

Phaeophyta (갈조식물문)
Phaeophyceae (갈조강)
Laminariales (다시마목)
Laminariaceae (다시마과)
Ecklonia (감태속)
Ecklonia stolonifera Okamura (곰피)

곰피는 갈조식물의 다시마과에 속하는 해조(그림 2-1)로 속명은 스웨덴의 식물학자(EKLON의 이름)이고, 종소명은 포복경을 가진다(stoloniferum)는 뜻이다(Kang, 1968). 줄기는 원주상이고 길이 10~25 cm, 굵기 3~5 mm이고 실질이며 단면에는 다소 불규칙하게 배열된 2층의 점액강도가 있다. 잎 모양은 띠 모양이며 길이가 30 cm~1 m 또는 그 이상, 폭은 5~30 cm, 대개는 단조인데, 1회 우상으로 열편을 가지는 수도 있다. 잎의 기부는 썩기모양이고 주름이 있으며 가장자리에는 톱니가 있다. 뿌리는 포복경을 가지고 사방으로 길게 뻗어나서 그 끝에 새로운 엽상체를 만든다. 따라서 다수의 엽체가 영



그림 2-1. 곰피의 엽상체.

켜서 큰 군락을 이룬다.

생활사는 줄기의 하단에서 나온 포복경의 끝에서 유체가 11월경에 나타나고 다음해 가을까지는 충분히 성장한다(그림 2-2). 포자를 방출하고 나면 엽상부는 쇠퇴하고, 겨울 동안 성장대에서 새로운 엽상부가 급히 자라나서 구엽상부를 밀어올리고 이 구엽은 차차 소실된다. 자낭반은 가을에 형성되며 유주자 방출은 10월이 성기이다.

2. 분 포

곰피는 우리나라 동해안 특산이었으나 최근 경북 포항으로부터 전남 여수 지역까지 자생지역이 확인되었다(그림 2-3).

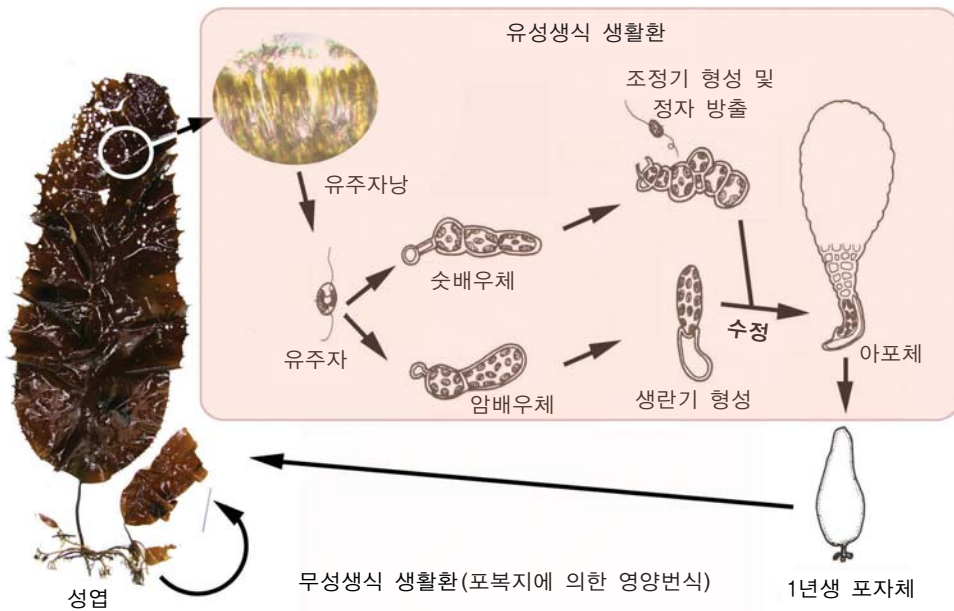


그림 2-2. 곰피의 생활사.



그림 2-3. 곰피의 분포.

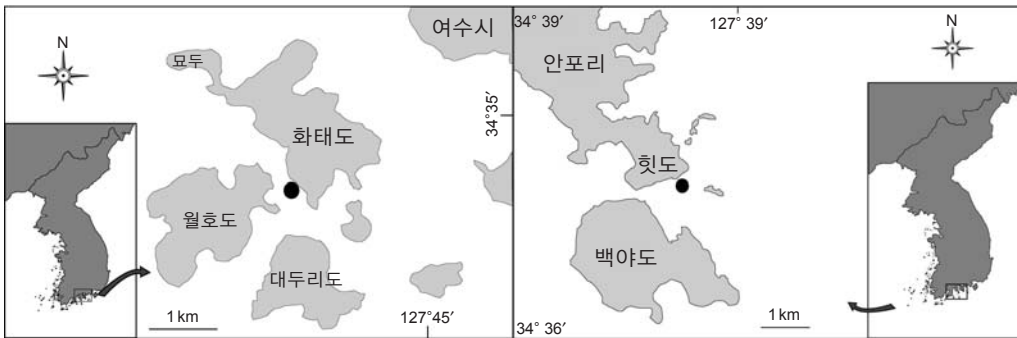


그림 2-4. 곰피 서식지 조사지점(좌: 화태도, 우: 히도).



그림 2-5. 곰피 서식지 조사 광경.

3. 생태(여수지역 중심)

곰피가 주로 서식한다고 알려진 경상남도 지역 이외에서의 새로운 서식지를 찾고자 탐문 조사 후 전라남도 여수시 해역에서 서식지를 확인하고(그림 2-4), SCUBA diving에 의한 정성적 목시조사로 분포조사를 실시하였다(그림 2-5). 서식지의 환경은 수온, 염분 및 용존산소를 YSI-85(YSI Inc., USA)로 매월 측정하였다.

곰피의 성장 및 성숙 주기 조사를 위하여 매월 잠수조사방법을 이용하고 50×50 cm 방형구법을 이용한 정량조사를 실시하였으며, 최소한 3개의 방형구내 분포하는 곰피

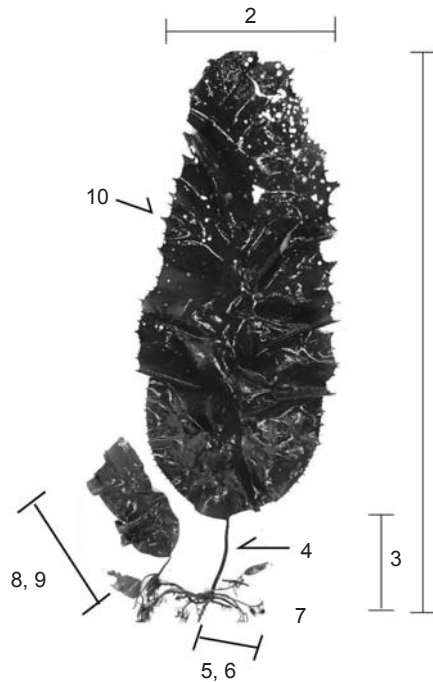


그림 2-6. 곰피의 형태 형질 측정 모식도(1: 엽장. 2: 엽폭. 3: 주지길이. 4: 주지폭. 5: 포복지길이. 6: 포복지분지수. 7: 중량. 8: 신생엽체수. 9: 신생엽체 엽장. 10: 거치상 열편길이).

엽체를 전량 채취하였다. 조사지역은 전남 여수시 화태리 지역에서 2006년 5월부터 12월까지 매월 조사를 실시하였으며, 6월과 8월에는 히도 지역에서 서식지 분포조사를 병행하였다. 채집된 시료는 실험실로 옮겨 엽장, 엽폭, 주지길이, 최대 포복지 길이, 포복지 분지수, 중량, 신생 엽체의 수와 엽장, 거치상 열편의 길이 및 연령을 구분하여 측정하였다(그림 2-6). 연령의 구분은 Park *et al.* (1994)의 방법을 적용하였다.

평균 현존량 측정은 방형구별 곰피의 출현 개체수 및 중량을 단위면적당 습중량 및 밀도로 환산하였으며, 생식세포 형성 및 성숙주기는 그림 2-7과 같이 곰피 엽체의 자낭반 형성 유무 확인, 성숙개체의 비율 및 성숙 면적의 비율을 측정하였다.

여수시 화태도 해역에서 곰피가 서식하는 수심은 4~5m였으며, 저질은 암반과 펄질로 구성되어 있었다. 해조류의 분포는 곰피의 순군락으로 형성되어 있어 타 해조류가 거의 없었다. 암반위에 부착한 포복지는 잘 발달되어 있어 포복지에 의한 일년생 엽체

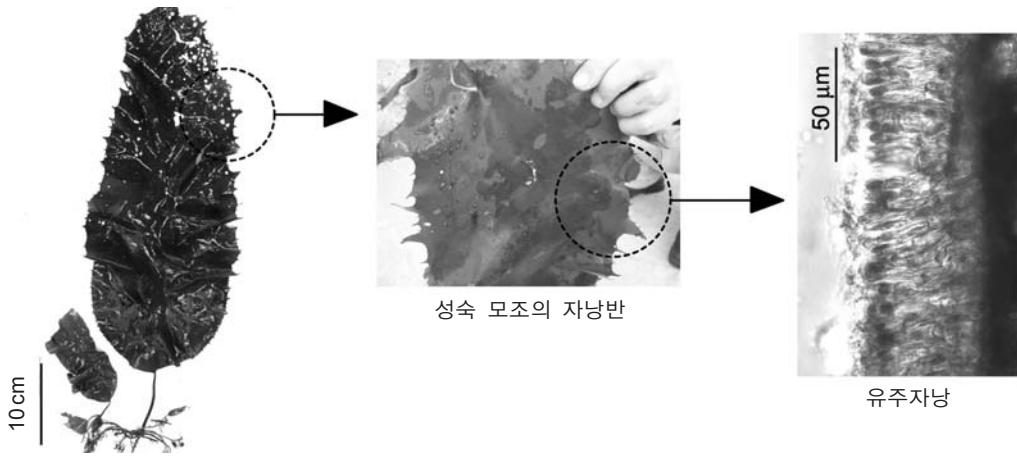


그림 2-7. 곰피 성숙 엽체의 자낭반 및 유주자낭의 단면

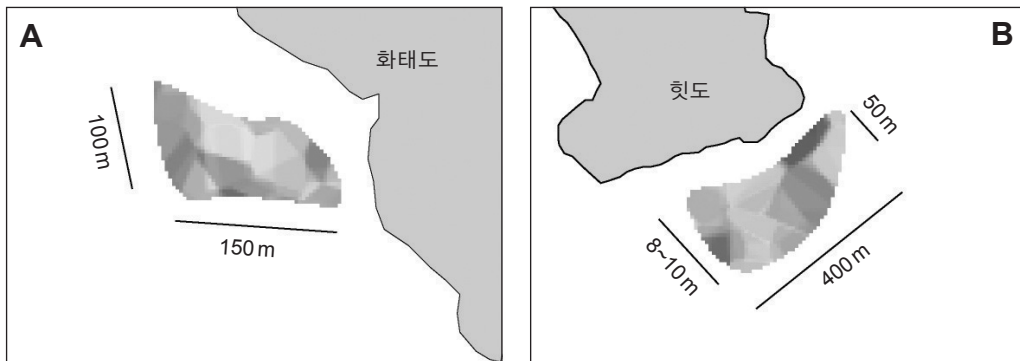


그림 2-8. 곰피 서식지의 위치 및 분포 면적(A: 화태도, B: Hitsdo).

와 다양한 연령군의 곰피가 출현하였다. 곰피의 분포 면적은 약 1 ha로 추정되었다(그림 2-8). 여수시 Hitsdo 해역은 수심 3~6m에 곰피가 주로 서식하고 있었으며, 저질은 화태도 해역과 유사하게 암반과 펄질로 구성되어 있었다. 이 해역에서는 곰피 이외에도 녹조류 3종, 갈조류 10종 및 홍조류 10종 등 총 23종의 다양한 해조류가 혼생하고 있었다. 곰피의 분포 면적은 약 0.5 ha로 추정되었다.

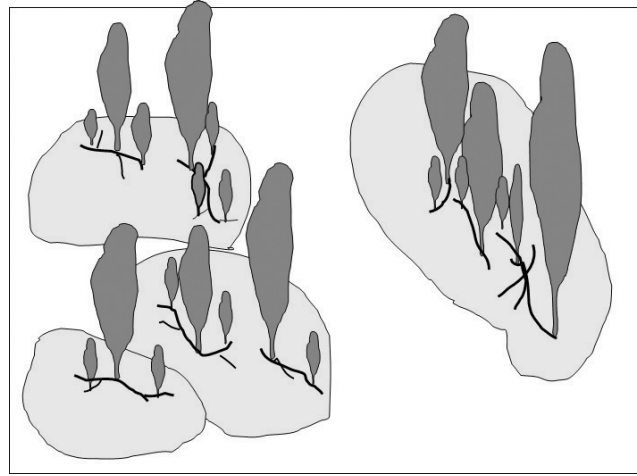


그림 2-9. 곰피의 서식 모식도.

1) 곰피의 분포 특징

곰피 서식지의 환경조사 결과 수온은 12.4~27.3°C였으며, 12월이 가장 낮고 8월이 가장 높았다. 염분은 20.2~34.05 범위로서 7월이 가장 낮았고, 5월이 가장 높게 나타났다.

여수지역의 곰피 서식지는 수로가 형성된 지역에서 연안에 인접하여 유속이 낮은 수심 6m 이내 암반위에 한정적으로 서식하고 있었다(그림 2-9). 특히 여수지역의 곰피 서식지는 탁도가 높아 서식 수층이 제한적이며, 유속이 낮은 연안 암반위에 부분적으로 포복지가 서로 엉켜 서식하고 있으므로 무분별한 채취가 이루어질 경우 서식지가 급속히 파괴될 것으로 우려된다.

2) 생태조사

곰피 생태조사 결과 여수시 화태도 해역에서는 7월에 단위면적당 현존량이 9.1 ± 1.2 kg/m²로 가장 높았다. 성숙개체가 출현하는 9월부터 현존량이 급격히 감소하여 10월

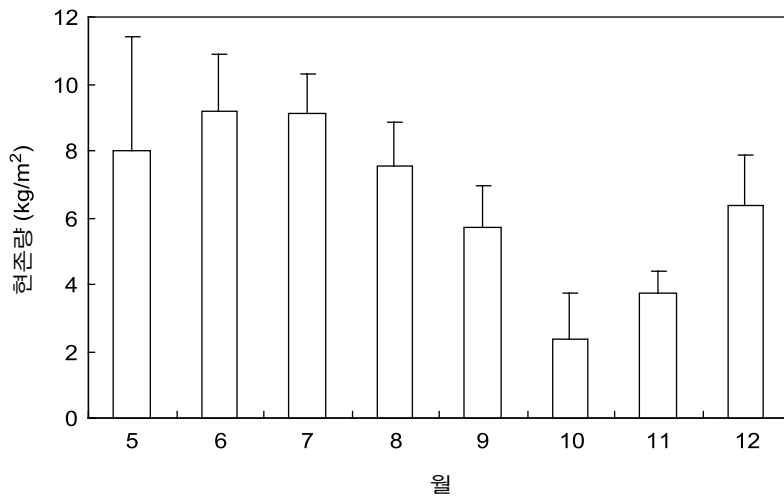


그림 2-10. 곰피 개체군의 현존량 변화.

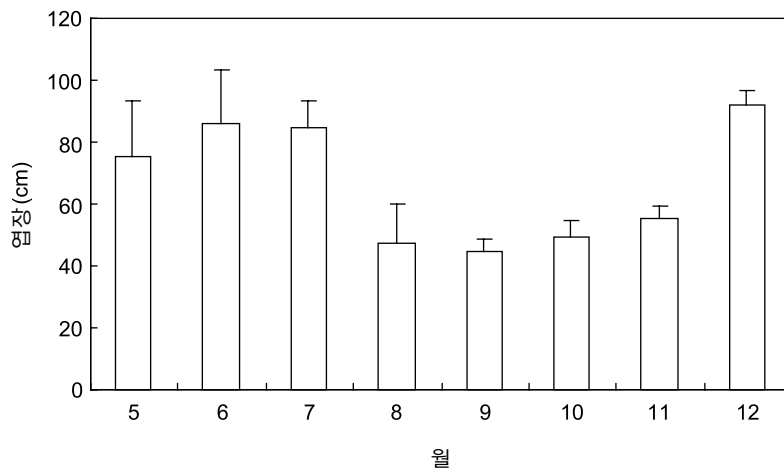


그림 2-11. 곰피 개체군의 엽장 변화.

에는 $2.3 \pm 1.4 \text{ kg/m}^2$ 로 가장 낮은 값을 보인 이후 11월부터 다시 증가하는 경향을 보였다(그림 2-10, 표 2-1).

단위면적당 개체수는 화태도 해역에서 5월에 $20.8 \pm 6.2 \text{ 개체/m}^2$ 로 가장 높았으며 10월에 $6.1 \pm 1.2 \text{ 개체}$ 로 가장 낮게 나타났다(표 2-1).

표 2-1. 어수지역 자연군락 김피의 현존량, 생장도 및 연령조성 비율

월	염체중량 (g/m ²)	개체수 (개체/m ²)	염 장 (cm)	염 폭 (cm)	주지길이 (cm)	현존량 (kg/m ²)	연령군 조성(%)					
							0세	1세	2세	3세	4세	5세
2006년												
5월	729.2±216.1	20.78±6.2	75.2±17.9	24.0±12.7	8.8±5.5	8.0±3.4	60.4	25.0	6.6	2.4	3.7	1.8
6월	237.9±40.1	12.0±0.6	86.0±17.4	18.4±0.5	11.4±1.6	9.2±1.7	66.5	7.5	11.0	6.1	0.9	8.0
7월	512.7±14.6	14.0±2.34	84.6±8.6	20.2±1.5	5.4±1.3	9.1±1.2	70.7	3.9	9.3	16.1	0.0	0.0
8월	160.32±0	6.5±0.6	47.5±7.9	12.0±0.2	10.3±5.1	7.5±1.3	40.3	14.9	26.1	17.5	1.1	0.0
9월	331.4±62.6	7.3±1.7	44.4±4.2	18.1±2.0	3.9±0.3	5.7±1.3	39.0	22.0	31.5	7.5	0.0	0.0
10월	193.9±43.9	6.1±1.2	49.5±5.3	13.1±0.6	3.7±0.6	2.3±1.4	31.8	38.6	29.5	0.0	0.0	0.0
11월	216.1±14.0	7.2±1.2	55.4±1.8	13.7±0.1	2.7±0.4	3.7±0.7	42.6	34.8	20.9	1.7	0.0	0.0
12월	405.8±20.8	7.4±0.9	91.7±0.8	17.4±0.9	5.6±0.6	6.4±1.5	45.5	23.0	27.0	4.5	0.0	0.0

곰피의 엽장 변화는 6월에 86.1 ± 17.4 cm로 최대값을 보인 후 감소하기 시작하여 9월에 44.4 ± 4.2 cm의 최소값을 나타내었고, 이후 다시 증가하는 경향을 나타내었다(그림 2-11). 이는 수온 상승에 의한 끝늑음 현상과 자낭반의 형성된 엽체가 쇠퇴하여 탈락하는 현상 때문으로 판단된다. 한편 김(2001)은 통영해역의 곰피 엽장은 5월에 120.6 cm로 최대치를 나타내었으며 11월에 59.1 cm로 최소치를 나타내어 약 2배 이상 차이가 나타났다고 보고하고 있어 본 연구 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

연령 조성은 연중 당년생(0세)의 비율이 매우 높게 나타나 7월에 최고 70.7%를 나타내었다. 수온이 상승하는 9월부터 당년생이 점차 낮아지다가 10월에 31.8%로 가장 낮은 값을 보였다. 이후 11월부터 점차 증가하는 경향을 보였다. 본 조사에서는 1월부터 4월까지의 조사결과가 포함되지 않아 정확한 연령군 조성의 변동을 파악하기는 어려우나 당년생군의 비율이 매우 높게 나타나는 것으로 보아 포자에 의한 번식 이외에도 포복지에 의한 영양번식이 매우 빈번히 일어나는 것으로 판단되었다. Park *et al.* (1994)의 보고에 의하면 부산해역에서도 당년생의 비율이 41.5%로 높게 나타나 본 연구결과와 비슷한 경향이였다.

곰피 자연군락에서 성숙 엽체가 출현하는 시기는 7월부터이며 이후 점차 증가하기 시작하여 11월에는 최고 $84.6 \pm 12.2\%$ 를 나타내었다(그림 2-12). 12월부터 성숙 엽체의 출현비율은 점차 감소하기 시작하여 1월에 $30.0 \pm 2.0\%$ 로 감소하였고, 2월에는 성숙 엽체가 출현하지 않았다. 따라서 곰피 성숙 엽체의 출현비율은 11월에 최고치를 나타내었다.

곰피 성숙 엽체의 총 면적 중 자낭반을 형성한 면적의 비율은 실제로 유주자를 방출하는 면적이 되므로 채묘 시기의 결정에 직접적인 영향을 준다고 할 수 있다. 곰피 성숙 엽체의 총 면적 중 자낭반 형성 면적의 월별 변동결과는 그림 2-13과 같다. 즉 7월부터 자낭반 형성 면적이 점차 증가하는 경향을 보여 10월에 최고치인 $28.4 \pm 9.7\%$ 를 나타내었다. 11월부터 자낭반 형성면적은 점차 감소하는 경향을 보여 1월에 최저치인 $2.0 \pm 1.4\%$ 를 나타내었고 2월부터는 성숙 엽체가 관찰되지 않았다. 11월에 자낭반 형성 면

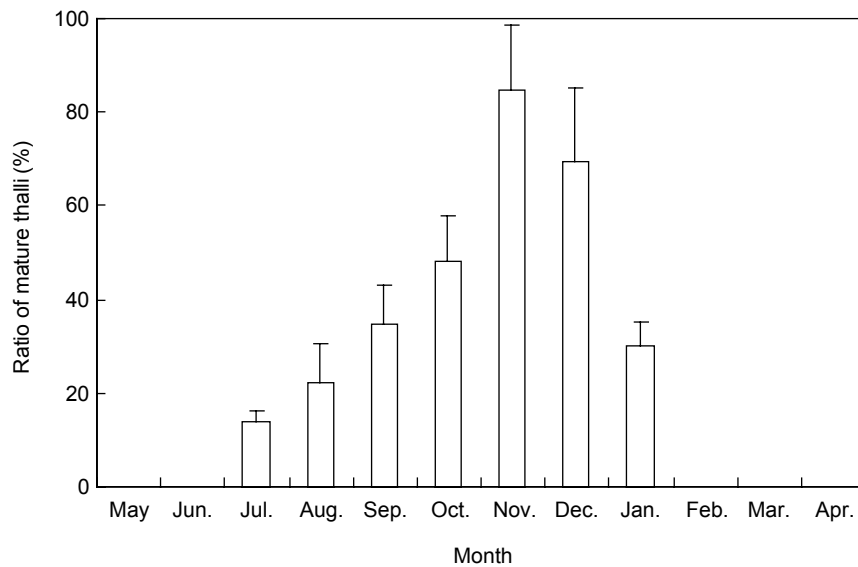


그림 2-12. 곰피 성숙 개체의 출현 비율.

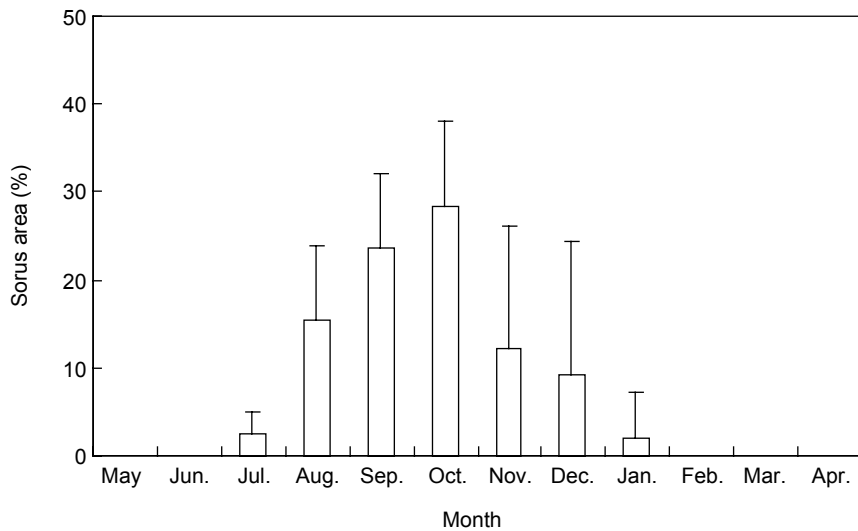


그림 2-13. 곰피 성숙 개체의 자낭반 형성 면적 비율.

적 비율이 낮은 현상은 곰피 개체군의 성숙차이에 의한 것으로 판단된다. 김 (2001)의 보고에 의하면 통영해역에서 곰피의 자낭반 형성은 8월부터 시작하여 12월까지 형성

되고 있으며 형성율은 9월에 78%로서 12월에 16.0%에 비하여 약 5배의 형성율을 나타내었다. 한편 Park *et al.* (1994)은 부산만 인근해역에서 성숙의 주성기는 10월부터 12월이라고 보고하였다. 본 연구결과는 통영해역과 거의 일치하는 결과를 보이고 있으며 부산해역 보다는 다소 빠른 성숙시기를 보이고 있는데 이는 지역간 환경차이에 의한 결과라 판단된다.



제3장 인공종묘생산

1. 생식방법별 대량배양

1) 유주자의 대량방출 유도

곰피 성숙 엽체는 2006년 10월 전남 여수시 화태도 인근의 수심 4~5m에서 채취하였으며, 채집 즉시 실험실로 운반하였다. 유주자의 방출은 자낭반이 형성된 엽체 부위만을 선별 절단하여 약 1시간 정도 음건시킨 후 여과해수를 1/4 정도 채운 1.5톤 수조에 수용하여 유주자 방출을 유도하였다. 유주자 방출 수를 현미경으로 검경한 후 채묘틀(45×55 cm)을 약 3시간 동안 유주자액에 담가 채묘를 실시하였다. 3시간 후 채묘틀은 여과해수를 채운 다른 1.5톤 수조로 옮겨 수조배양을 실시하였다. 수조배양시 표면 조도는 약 $60\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 이었으며, 1주일 간격으로 채묘틀의 상하를 교체하였다.

곰피 성숙 엽체(그림 3-1A)에 나타나는 자낭반 부위를 절단해 보면 그림 3-1B와 같이 유주자낭 내부에 가득차 있는 유주자가 관찰된다. 유주자낭으로부터 방출된 유주자(그림 3-1C)는 방출 즉시 기물에 착생하여 발아관을 형성하여 배우체로 자라게 된다(그림 3-1D). 배양 10일 이후에는 각각 암수배우체의 성을 구분할 수 있게 되며 배양 15일 후에는 성성숙이 이루어지게 된다(그림 3-1E). 정자와 알세포간의 수정을 통하여 아포체

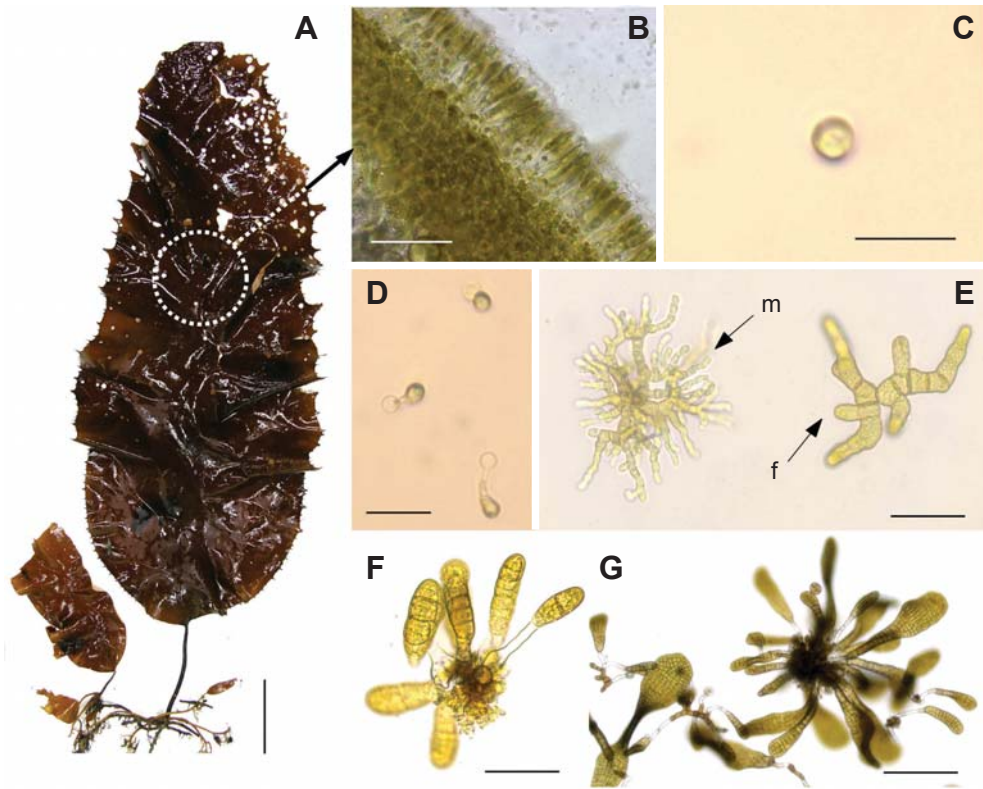


그림 3-1. 곰피의 유주자 방출 및 발생과정. A: 자낭반을 형성한 성숙 모조. B: 유주자낭. C: 방출 직후의 유주자. D: 발아관을 형성한 배양 1일 후의 발아체. E: 배양 15일 후의 암배우체 (f) 및 숫배우체 (m). F: 배양 18일 후의 아포체. G: 배양 33일 후의 포자체. Scale bar 10 cm (A), 50 μm (B), 10 μm (C), 20 μm (D, E), 50 μm (F) 및 500 μm (G). 배양조건은 15°C, 30 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 및 10:14 (L:D).

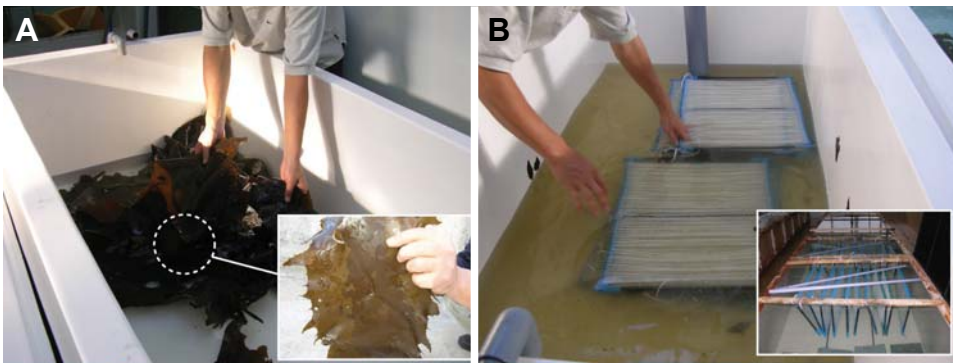


그림 3-2. 곰피의 인공채묘 및 수조배양 과정. A: 자낭반이 형성된 곰피 엽체 및 수조에 성숙 모조 넣기. B: 유주자가 방출된 수조에 채묘를 넣기 및 수조 배양.

가 형성되며(그림 3-1F), 이 아포체는 어린 포자체(그림 3-1G)로 자라게 된다.

곰피의 자낭반으로부터 대량의 유주자 방출을 유도하기 위하여 음건 시간은 약 1시간으로 하였으며, 여과해수를 담은 수조에 넣어 유주자를 방출 시켰다(그림 3-2A). 현미경 검경을 통하여 유주자의 활발한 운동을 확인한 후 채묘틀을 넣어 약 3시간 정도 유주자의 착생을 유도하였다(그림 3-2B).

2) 유리배우체의 대량배양

곰피의 천연자원의 보호와 효율적인 이용을 위한 양식의 기초로서 곰피 암수 배우체의 분리 배양 및 생장과 성숙 조건을 파악하여 안정적인 유리배우체의 대량배양조건을 확립하는 것을 목적으로 하였다.

본 연구에 사용된 성숙 모조는 해조류연구센터에서 양식 실험중인 전남 완도군 약산면의 시험어장에서 2007년 9월에 채취하였다. 성숙 모조는 Ice box에 넣어 즉시 실험실로 운반한 뒤, 자낭반 부분을 절취하여 멸균해수로 수 회 세척한 후 멸균해수를 200 mL 채운 500 mL 용량의 비이커에 자낭반 조각을 넣고, Incubator(EYELA MTI-202B, Japan)를 이용하여 10°C, 20 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 및 10 : 14 h(L:D)조건에서 4시간 동안 유주자 방출을 유도하였다. 방출된 유주자액 0.1 mL를 취하여 multi well-plate를 이용하여 유주자액을 차례로 분주하여 밀도를 낮추었다. 4~5일 후 암수배우체가 구별되면 각각 암배우체와 숫배우체로 구분하여 별도의 직경 5cm의 멸균된 Petri dish에 수용하여 1개월간 배양하였다.

암배우체와 숫배우체 덩어리로 자란 유리 배우체를 각각 호모게나이저(DI 25basic, GMBH & Co., Germany)로 24,000 min^{-1} 의 속도로 1분간 분쇄하여, 12 well plate에 PESI 배지(Tatewaki, 1966) 1 mL를 채우고 한 well당 1개씩의 암수배우체를 각각 수용하였다. 배양조건은 4개 온도구간(5, 10, 15, 20°C)과 4개 조도구간(5, 10, 20, 40 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) 및 3개 광주기 구간[10 : 14, 12 : 12, 14 : 10 h(L:D)]으로 설정하여 Multi room

incubator (DS-14MCLP)를 이용하여, 배우체의 길이생장 및 성숙 여부를 도립현미경 (Axio Observer A1, Carl zeiss, Germany)으로 관찰하였다. 조도의 측정은 LI-1400 (LICOR, USA)으로 하였고, 조도 구간의 설정은 중성필터(Lee Filter) ND 209, 210, 211호를 사용하여 조절하였다. 호모게나이저(DI 25basic, GMBH & Co., Germany)로 분쇄 후 절단된 배우체는 분지가 없는 상태의 것을 선별해 측정하였으며 PESI 배지 (Tatewaki, 1966)는 7일마다 교환해 주었다.

곰피는 이형세대교변을 하는 해조류로서 엽상형의 포자체 세대와 현미경적 크기의 미소체인 배우체 세대가 교변한다. 이형세대교변을 하는 다시마과의 해조류는 배우체 세대에서 암수배우체를 각각 분리하여 무성적으로 증식시킬 수 있으며, 배우자형성을 유도할 수 있음이 알려져 왔다(Lüning, 1980). 또한 최근 칠레에서는 전복 먹이원으로 써 다시마류의 대량양식에 실내에서 대량증식시킨 유리 배우체를 이용하는 방안이 개발된 바 있다(Edding and Tala, 2003; Westermeier *et al.*, 2006).

현재 우리나라에서 행해지고 있는 미역이나 다시마 등의 양식방법은 모조로부터 유주자를 기질에 채묘하여 양식을 하는 방법을 사용하고 있으나 이러한 방법을 곰피의 양식에 적용할 경우 많은 양의 모조를 채취해야 하므로 자연군락의 훼손을 야기할 가능성이 있다. 그러나 유리배우체의 배양에 의한 증식 방법은 소량의 성숙 엽체만으로도 많은 양의 배우체 확보가 가능하며, 클론 배우체의 유도를 통한 우량 품종의 교배와 선발 육종의 기초를 다질 수 있는 방법이라 할 수 있다. 국내에서는 이러한 이형세대교변을 수행하는 갈조류의 유리배우체 배양과 관련한 연구로 감태의 유리배우체 재생 및 성숙 유도 조건이 밝혀진 바 있다(Wi *et al.*, 2008).

따라서 본 연구에서는 곰피의 천연자원의 보호와 효율적인 이용을 위한 양식의 기초로서 곰피 암수 배우체의 분리 배양 및 생장과 성숙 조건을 파악하여 안정적인 유리배우체의 배양조건을 확립하는 것을 목적으로 하였다.

본 연구에 사용된 성숙 모조는 해조류연구센터에서 양식 실험중인 전남 완도군 약산면의 시험어장에서 2007년 9월에 채취하였다. 성숙 모조는 Ice box에 넣어 즉시 실험실

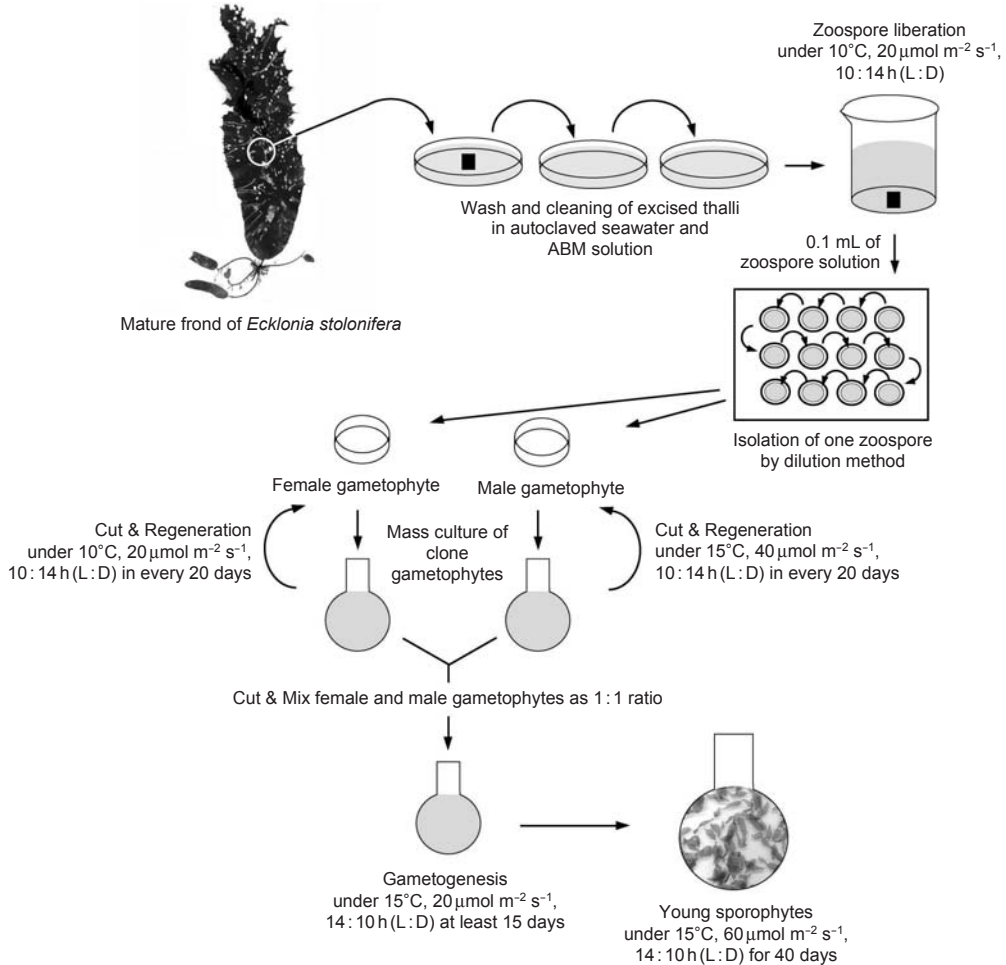


그림 3-3. 곶피 암수배우체 분리 배양 및 성숙 유도 과정의 모식도.

로 운반한 뒤, 자낭반 부분을 절취하여 멸균해수로 수 회 세척한 후 멸균해수를 200 mL 채운 500 mL 용량의 비이커에 자낭반 조각을 넣고, Incubator (EYELA MTI-202B, Japan)를 이용하여 10°C , $20\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 및 10:14 h(L:D)조건에서 4시간 동안 유주자 방출을 유도하였다. 방출된 유주자액 0.1 mL를 취하여 multi well-plate를 이용하여 희석법으로 그림 3-3과 같이 유주자액을 차례로 분주하여 밀도를 낮추었다. 4~5일 후 암수배우체가 구별되면 각각 암배우체와 수배우체로 구분하여 별도의 직경 5 cm의 멸균된 petri dish에 수용하여 1개월간 배양하였다.

가. 암수배우체의 절단 및 배양조건

암배우체와 숫배우체 덩어리로 자란 유리 배우체를 각각 호모게나이저 (DI 25basic, GMBH & Co., Germany)로 24,000 min⁻¹의 속도로 1분간 분쇄하여, 12 well plate에 PESI 배지 (Tatewaki, 1966) 1 mL를 채우고 한 well당 1개씩의 암수배우체를 각각 수용하였다. 배양조건은 4개 온도구간 (5, 10, 15, 20°C)과 4개 조도구간 (5, 10, 20, 40 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) 및 3개 광주기 구간 [10:14, 12:12, 14:10 h (L:D)]으로 설정하여 Multi room incubator (DS-14MCLP)를 이용하여, 배우체의 길이생장 및 성숙 여부를 도립현미경 (Axio Observer A1, Carl zeiss, Germany)으로 관찰하였다. 조도의 측정은 LI-1400 (LI-COR, USA)으로 하였고, 조도 구간의 설정은 중성필터 (Lee Filter) ND 209, 210, 211호를 사용하여 조절하였다. 호모게나이저 (DI 25basic, GMBH & Co., Germany)로 분쇄 후 절단된 배우체는 분지가 없는 상태의 것을 선별해 측정하였으며 PESI 배지 (Tatewaki, 1966)는 7일마다 교환해 주었다. 유리배우체의 상대생장율 (RGR)은 Serisawa *et al.* (2002)의 방법을 응용하여 아래와 같은 식으로 구하였다.

$$\text{RGR} (\% \text{ day}^{-1}) = 100 t^{-1} \ln (V_a / V_b)$$

$$V_a = \text{length at time } t_2$$

$$V_b = \text{length at time } t_1$$

실내배양실험에서 얻어진 배우체 단편의 성장율에 대한 온도, 조도 및 광주기 조건에 대한 각각의 유의성 분석은 분산분석법 (one-way ANOVA)을 이용하여 실시하였으며 (Zar, 1984), 통계프로그램은 SPSS ver. 8.0과 SYSTAT ver. 9.0을 이용하여 0.05 수준에서 이루어졌다. 성장율 데이터는 통계분석 이전에 arcsine transformation하였다 (Parker, 1979).

나. 암수 배우체의 생장

곰피 엽체 (그림 3-4A)의 자낭반 (그림 3-4B)으로부터 방출된 유주자 (그림 3-4C)는 방

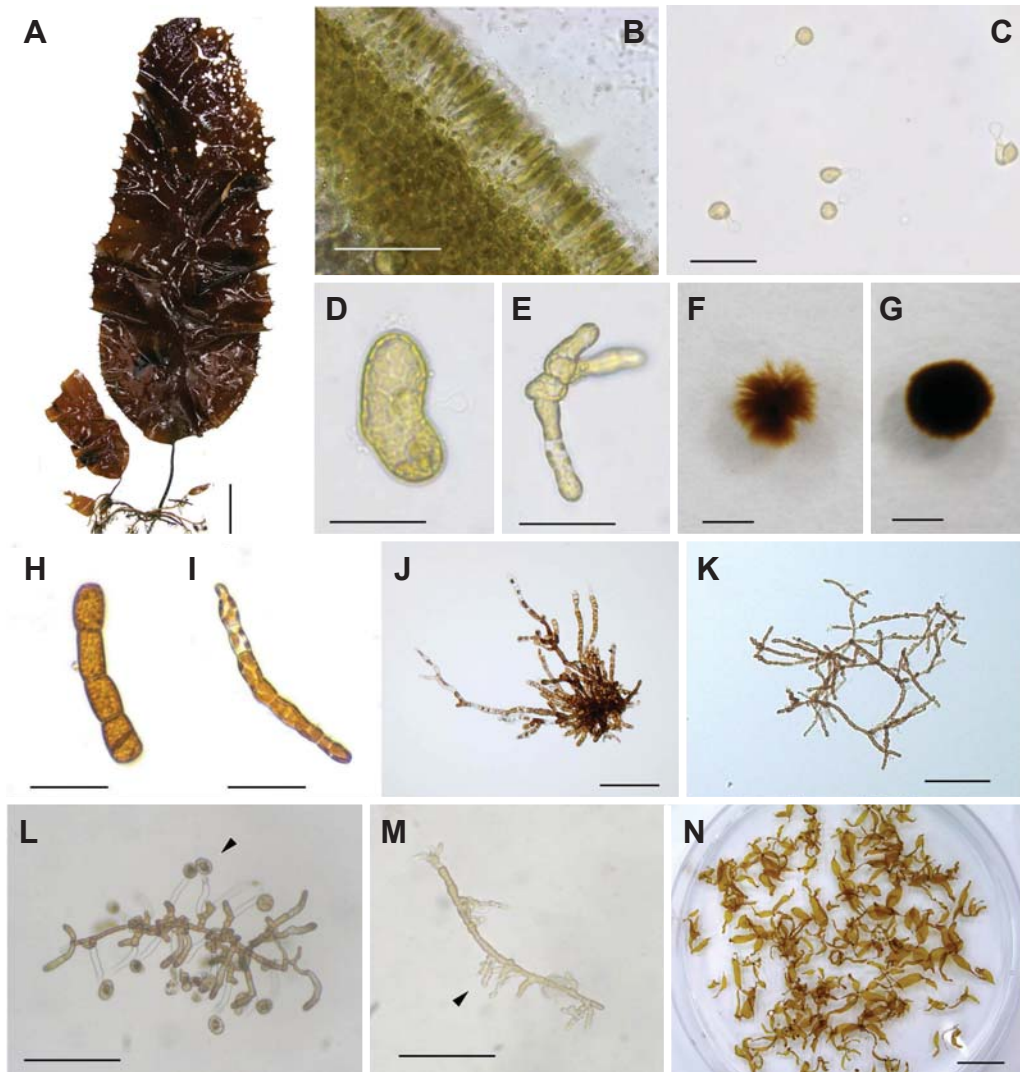


그림 3-4. 곶피 암수 배우체의 분리배양 및 성숙 유도 과정. A: 성숙 포자체. B: 유주자낭. C: 유주자 방출 1일 후의 발아체. D: 배양 5일 후의 암배우체. E: 배양 5일 후의 숫배우체. F: 배양 20일 후 암 배우체 덩어리. G: 배양 20일 후 숫배우체 덩어리. H: 절단한 암배우체의 단편. I: 절단한 숫배우체의 단편. J: 배양 20일 후 증식된 암배우체 덩어리. K: 배양 20일 후 증식된 숫배우체 덩어리. L: 성숙 유도 15일 후 장란기가 형성된 암배우체 단편. M: 성숙 유도 15일 후 장정기가 형성된 숫배우체 단편. N: 배양 50일 후의 유엽. Scale bar are 10 cm (A), 200 μ m (B), 50 μ m (C-E), 1 mm (F-G), 50 μ m (H-I), 100 μ m (J-M), and 1 cm (N).

출즉시 기물에 부착하여 구형으로 착생하였으며 배양 3일 후 각각 암배우체(그림 3-4D) 또는 숫배우체(그림 3-4E)로 성장하였다. 각각의 암수 배우체는 통기 조건하에서 약 30

표 3-1. 곰피 암수배우체의 온도, 조도 및 광주기 조건별 일간생장율*

실험조건		시작시 길이($\mu\text{m} \pm \text{SD}$)		종료시 길이($\mu\text{m} \pm \text{SD}$)		생장율(% day ⁻¹)	
		암배우체	숫배우체	암배우체	숫배우체	암배우체	숫배우체
온도 (°C)	5	164.1 $\pm$ 72.4	133.9 $\pm$ 41.9	214.0 $\pm$ 68.3	234.5 $\pm$ 113.9	1.3 $\pm$ 0.5 ^a	2.8 $\pm$ 0.1 ^a
	10			233.2 $\pm$ 38.1	247.1 $\pm$ 36.7	1.8 $\pm$ 0.1 ^a	3.1 $\pm$ 0.2 ^a
	15			289.290 $\pm$ 75.9	390.30 $\pm$ 45.4	2.8 $\pm$ 0.5 ^b	5.4 $\pm$ 0.2 ^b
	20			276.7 $\pm$ 41.2	308.5 $\pm$ 38.3	2.6 $\pm$ 0.4 ^c	4.2 $\pm$ 0.2 ^c
조도 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	5	164.1 $\pm$ 72.4	133.9 $\pm$ 41.8	265.0 $\pm$ 58.8	242.1 $\pm$ 32.1	2.4 $\pm$ 0.5 ^a	3.0 $\pm$ 0.3 ^a
	10			310.2 $\pm$ 91.8	296.0 $\pm$ 55.7	3.2 $\pm$ 0.3 ^b	4.0 $\pm$ 0.2 ^b
	20			323.2 $\pm$ 99.5	320.0 $\pm$ 45.1	3.4 $\pm$ 0.6 ^c	4.4 $\pm$ 0.2 ^c
	40			276.6 $\pm$ 41.2	308.1 $\pm$ 36.2	2.6 $\pm$ 0.4 ^d	4.2 $\pm$ 0.2 ^b
광주기 (L:D)	14:10	164.1 $\pm$ 72.4	133.9 $\pm$ 41.8	276.6 $\pm$ 41.2	308.5 $\pm$ 38.3	2.6 $\pm$ 0.4 ^a	4.2 $\pm$ 0.2 ^a
	12:12			298.3 $\pm$ 85.9	299.4 $\pm$ 35.0	3.0 $\pm$ 0.2 ^a	4.0 $\pm$ 0.1 ^a
	10:14			290.7 $\pm$ 76.2	277.8 $\pm$ 55.9	2.9 $\pm$ 0.7 ^a	3.7 $\pm$ 0.3 ^b

*모든 수치는 평균과 3반복실험구의 편차로 나타내었음. 같은 행의 각기 다른 어깨글자는 통계적으로 유의함을 나타냄($p < 0.05$)

일이 경과되면 그림 3-4F-G와 같이 배우체 덩어리로 증식되었다. 호모게나이저를 이용하여 절단된 암수 배우체의 절편(그림 3-4H-I)은 정체배양 20일 후 그림 3-4J-K와 같이 각각 배우체 덩어리로 증식하였다.

온도, 조도 및 광주기 조건별 암수배우체의 생장은 표 3-1과 같다. 암배우체의 온도조건별 길이생장은 배양 10일 이후부터 20°C 조건에서 빠르게 길이생장이 증가하기 시작하여 20일 후 최대 289.20 $\pm$ 75.99 μm 로 타 온도 구간에 비하여 가장 높았다. 조도 구간별로는 배양 10일 이후부터 40 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 의 조도구간에서 암배우체의 길이생장이 빠르게 증가하였다. 광주기 조건별로는 배양 5일까지는 10:14h(L:D) 조건에서 길이생장이 빠르게 증가하였으나 이후 12:12h(L:D) 조건에서 타 광주기 조건에 비하여 길이생장이 빠르게 증가하여 배양 20일 후 최대 290.70 $\pm$ 76.21 μm 에 달하였다.

암배우체의 온도조건별 생장율은 표 3-1과 같이 15°C 조건에서 2.8 $\pm$ 0.5% day⁻¹로 가장 높았으며, 5°C 조건에서 1.3 $\pm$ 0.5% day⁻¹로 가장 낮았다($p < 0.05$). 조도구간별로

는 $20\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 조건에서 $3.4\pm0.6\% \text{ day}^{-1}$ 로 가장 높았으며, $5\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 조건에서 $2.4\pm0.5\% \text{ day}^{-1}$ 로 가장 낮았다($p<0.05$). 광주기 조건별로는 12:12h(L:D) 조건에서 $3.0\pm0.2\% \text{ day}^{-1}$ 로 가장 높았고, 14:10h(L:D)에서 $2.6\pm0.4\% \text{ day}^{-1}$ 로 가장 낮았다($p<0.05$).

수배우체의 온도조건별 생장은 배양 5일 후부터 20°C 조건에서 빠르게 길이생장이 증가하기 시작하여 배양 20일 후 최대 $390.30\pm45.44\mu\text{m}$ 로 타 온도 조건에 비하여 가장 높았으며, 5°C 에서 길이생장이 가장 저조하였다. 조도구간별로는 $40\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 조건에서 길이생장의 증가가 가장 빨랐으며, $5\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 조건에서 가장 저조하였다. 광주기 구간별로는 14:10h(L:D) 조건에서 길이생장이 가장 빠르게 증가하여 $308.50\pm38.31\mu\text{m}$ 로 최대치를 보였으며, 12:12와 10:14h(L:D) 조건에서는 $277.80\mu\text{m}$ 및 $299.40\mu\text{m}$ 로 길이생장이 저조하였으나 구간별로 유의한 차이는 없었다($p>0.05$).

수배우체의 온도조건별 생장율은 표 3-1과 같이 15°C 조건에서 $5.4\pm0.2\% \text{ day}^{-1}$ 로 가장 높았으며 5°C 조건에서 $2.8\pm0.0\% \text{ day}^{-1}$ 로 가장 낮았다($p<0.05$). 조도구간별로는 $40\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 조건에서 $4.4\pm0.2\% \text{ day}^{-1}$ 로 가장 높았으며, $5\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 조건에서 $3.0\pm0.3\% \text{ day}^{-1}$ 로 가장 낮았다($p<0.05$). 광주기 조건별로는 14:10h(L:D) 조건에서 $4.2\pm0.2\% \text{ day}^{-1}$ 로 가장 높았으나 10:14h(L:D)과 12:12h(L:D)에서는 각각 $3.7\pm0.3\% \text{ day}^{-1}$ 및 $4.0\pm0.0\% \text{ day}^{-1}$ 로 유의한 차이가 없었다($p>0.05$). 따라서 곶피 배우체의 무성적 증식에 필요한 적정 배양조건은 암배우체가 10°C $10\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 및 10:14h(L:D)이며, 수배우체가 20°C , $40\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 및 10:14h(L:D) 조건인 것으로 나타났다.

다. 암수 배우체의 성숙 유도

곶피 암배우체의 장란기 형성은 온도, 조도 및 광주기 조건에 따라 차이를 나타내었다(표 3-2). 배양 15일 후 암배우체는 온도 $15\sim20^{\circ}\text{C}$ 조건에서 장란기를 형성하였으며 배양 20일까지 $5\sim10^{\circ}\text{C}$ 조건에서 배양된 암배우체는 장란기를 형성하지 않았다. 조도

표 3-2. 곰피 암수배우체의 성숙에 미치는 온도, 조도 및 광주기의 영향

		배우체의 성숙										
		배양일수	장란기 형성					장정기 형성				
			0	5	10	15	20	0	5	10	15	20
온 도 (°C)	5	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	
	10	—	—	—	—	—	—	—	+	+	+	
	15	—	—	—	+	+	—	—	—	+	+	
	20	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—	
조 도 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	5	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	
	10	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+	
	20	—	—	—	+	+	—	—	—	+	+	
	40	—	—	+	+	+	—	—	—	—	—	
광주기 (L:D)	14:10	—	—	—	+	+	—	—	—	+	+	
	12:12	—	—	—	+	+	—	—	+	+	+	
	10:14	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	

조건별로는 배양 10일 후 $40\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 구간에서 장란기 형성이 가장 먼저 시작되었으며 배양 15일 후 $20\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 구간에서도 장란기 형성을 보였다. 그러나 $10\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 구간에서 배양된 암배우체에서는 배양 20일까지도 장란기가 형성되지 않았다. 광주기 조건별로는 배양 15일 후 14:10h(L:D)과 12:12h(L:D) 구간에서 장란기가 형성되었으며 배양 20일 후에는 10:14h(L:D) 구간에서도 장란기가 형성되었다.

곰피 숫배우체의 장정기 형성은 온도, 조도 및 광주기 조건에 따라 차이를 나타내었다(표 3-2). 배양 10일 후 10°C 구간에서 가장 먼저 장정기 형성이 시작되었으며, 배양 15일 후에는 $5\sim 15^{\circ}\text{C}$ 구간에서 모두 장정기가 형성되었다. 그러나 20°C 구간에서 배양된 숫배우체에서는 배양 20일까지 장정기가 형성되지 않았다. 광주기 조건별로는 배양 10일 후 12:12h(L:D) 구간에서 가장 먼저 장정기가 형성되었으며, 배양 15일 후 14:10h(L:D)에서 그리고 배양 20일 후 10:14h(L:D) 구간에서도 장정기의 형성을 보였다. 따라서 곰피 암수배우체의 성숙 유도를 위한 적정 배양 조건은 15°C , $20\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

구간 및 14:10h(L:D) 조건인 것으로 나타났다.

따라서 곰피의 유리배우체를 대량 증식 시키고자 할 때는 암수배우체를 각각 분리하여 영양생장에 적합한 배양조건하에서 증식시킨 후 종묘생산 시기에 맞춰 성숙유도 조건으로 전환하여 암수배우체의 혼합 배양을 실시함으로써 안정적인 인공종묘생산이 이루어질 수 있다. 이와 같은 곰피 배우체의 대량배양 체계는 그림 3-3과 같이 요약되었다.

본 연구를 바탕으로 곰피의 보호와 이용을 위한 유리배우체의 배양조건의 구명과 인공적인 대량 종묘생산은 대량 양식 가능성을 크게 높여, 해조 양식 대상종을 다양화하고, 해중립 조성을 위한 다년생 해조류의 대상종 확대에 크게 기여할 것으로 판단된다.

해조류의 생장 및 분포는 물리적 요인과 화학적 요인에 의하여 영향을 받는데 이 중 조도와 온도는 해조류의 생장 및 생식에 중요한 제한 요인으로 작용한다는 것에 대한 많은 연구가 이루어져 왔다(Gerard, 1984; Bolton and Lewitt, 1985; Novaczek and McLachlan, 1987; Leukart and Lüning, 1994). 조하대에 서식하는 일부 해조류들은 생장하는데 높은 조도를 요구하기도 하지만, 대부분의 대형 갈조류들은 낮은 조도 조건에 적응되어 있다(Kain, 1964; Fain and Murray, 1982). 이와 같은 사실은 자연생태에서 조하대의 저질에 부착 서식하는 대형갈조류는 군락을 이루며 성장하기 때문에 성엽의 수 관측 아래 부분은 그늘로 낮은 광량 조건을 이루게 되는데 바로 이러한 곳에서 배우체들은 적응하여 생존하므로 실내 배우체의 대량배양에서도 이러한 광 조건의 특성이 반영된 것으로 보아야 할 것이다.

해중립의 주요 구성원이면서 고수온기 양식 전복의 유용한 먹이원인 곰피의 자원관리와 보호 및 효과적인 이용을 위한 최선의 양식방법은 성숙 모조를 최소로 사용하면서 지속적인 증식효과를 가져올 수 있는 유리배우체 채묘에 의한 종묘생산 방법을 개발하는 것이다(Wi et al., 2008). 이러한 유리배우체를 활용한 증식 방법은 이형생활사를 가지는 대부분의 유용 대형갈조류에 적용할 수 있으며, 곰피 양식에 있어 유리배우체를 활용한 완전양식 방법은 자연에서의 엽체 성숙 시기와 관계없이 연중 안정된 종묘생산

이 가능성을 의미한다. 최근 Westermeir *et al.* (2006) 등은 다시마과의 대형갈조류인 *Lessonia trabeculata*와 *Macrocystis pyrifera*의 유리배우체 배양에 의한 양식에 성공함으로써 유리배우체 배양을 이용한 대량양식이 가능함을 입증한 바 있다. 우리나라에서는 감태류의 양식과 관련하여 Hwang *et al.* (2009)이 곰피의 유주자 채묘 방법을 통한 적정 가이식과 양성조건을 이미 구명한 바 있으므로, 곰피의 유리배우체 배양에 의한 양식 종묘의 안정적인 확보는 곰피 양식의 생력화 뿐만 아니라 산업화에 크게 기여할 것으로 보인다.

3) 포복지의 영양번식(재생)

곰피 엽체의 영양번식(재생)을 조사하기 위하여 2006년 3월부터 2007년 6월까지 전남 완도군 약산면 장용리의 시험어장의 곰피 양성 시설로부터 포복지의 영양번식(재생) 정도와 신생 엽체의 발달수를 측정하였다. 월별 영양번식(재생)의 측정은 개체당 포복지의 길이 및 분지횟수, 신생 엽체의 수 및 신생 엽체의 길이를 측정하였으며, 신생 엽체의 수는 단위 m당 총량으로 환산하여 측정하였다.

곰피 엽체의 포복지는 방사상으로 불규칙하게 뻗어나가며 분지한다. 2006년 3월부터 시험어장에서 곰피의 생장도는 표 3-3 및 그림 3-5, 3-6과 같다. 최대 포복지 길이는 2006년 6월부터 2007년 6월까지 불규칙적이기는 하나 지속적인 증가 경향을 나타내어 2007년 4월에는 평균길이가 최고치인 12.49cm에 달하였다. 포복지의 분지횟수 역시 불규칙적이기는 하나 3.5~7.5개의 범위에서 점차 증가하는 경향을 나타내었고, 시험양식 어장의 로프에 부착하여 그림 3-5와 같이 매우 복잡하게 얽혀서 자랐다. 포복지로부터 재생된 신생엽체의 수는 그림 3-6과 같이 2006년 9월부터 관찰되기 시작하였으며, 점차 증가하기 시작하여 12월에 최고치인 평균 1.6개/개체를 나타내었다. 이후 2007년 1월부터는 포복지로부터 재생되는 신생 엽체의 수가 점차 감소하는 경향을 보였다. 각 개체당 포복지로부터 재생된 신생 엽체의 수를 기준으로 하여 단위 로프 1m

표 3-3. 시험 양식 기간동안 김피 포복지의 영양번식(재생)

월 측정치	2006										2007					
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
엽 장 (cm)	0.8	2.17	25.00	51.43	60.78	62.00	55.87	58.01	79.00	124.33	127.08	131.10	128.03	149.30	107.10	84.23
주지길이 (cm)	0.10	0.20	0.50	1.56	4.72	4.75	3.34	4.46	5.05	11.81	18.92	20.38	15.94	28.82	18.90	10.70
포복지길이 (cm)				2.73	5.97	4.70	5.20	3.90	5.30	6.35	5.66	8.27	5.34	12.49	8.05	7.32
포복지분지 횡수(회)				4.70	4.50	4.70	3.50	4.70	5.60	5.50	6.10	7.50	4.60	6.60	4.70	6.96
신생엽체 엽장(cm)				-	-	-	1.94	1.54	8.15	15.29	13.40	16.30	10.07	8.49	2.01	4.83
신생엽체 수 (개/개체)	0	0	0	0	0	0	0.56	0.42	1.10	1.60	0.94	0.93	0.17	0.02	0.01	0.01
신생엽체수 (개/m)				-	-	-	18.00	16.00	46.00	72.00	92.00	84.00	24.00	2.40	0.55	1.19



그림 3-5. 이식 5개월후 포복지로부터 재생된 곰피 유엽.

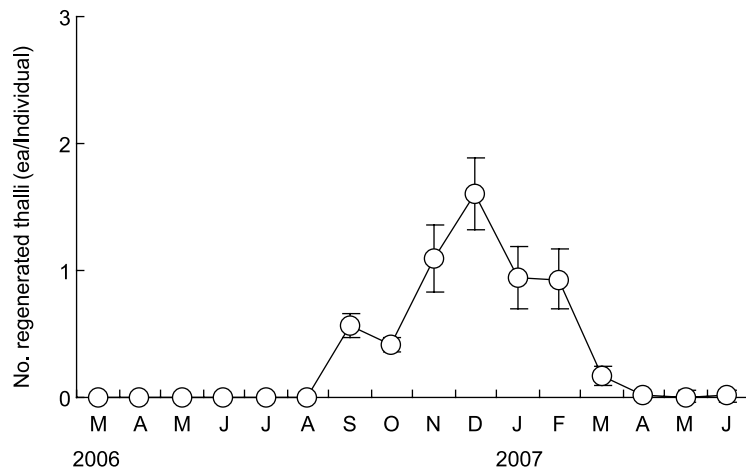


그림 3-6. 곰피의 포복지로부터 재생된 신생엽체의 수(개/개체).

당 포복지로부터 재생되는 신생 엽체의 수는 표 3-3과 같이 최대 92개/m로 추정할 수 있다.

따라서 곰피의 경우 해마다 유주자를 채묘하여 양식의 종묘로 사용하는 것이 아니라

포복지의 재생력을 이용하여 영양번식을 곰피 종묘의 수급 수단으로 이용할 수 있을 것이다.

2. 인공채묘

1) 인공채묘 조건

가. 적정 채묘 시기

곰피의 적정 채묘 시기 구명을 위하여 2006년 5월부터 2007년 4월까지 전남 여수시 화태리 인근의 수심 4~5m에 분포하는 곰피 자연개체군에서 방형구법에 의한 정량조사를 통하여 매월 곰피의 성숙 엽체 출현 비율 및 자낭반 형성 면적을 조사하였다. 성숙 엽체의 출현비율은 방형구당 출현한 엽체의 수에 대한 자낭반 형성 엽체의 비율로 구하였다. 자낭반 형성 면적은 한 개체 내에 형성된 자낭반의 분포 면적을 모두 더하여 개체당 자낭반 형성 면적으로 구하였다.

곰피의 적정 채묘 시기는 자연에서 곰피의 자낭반이 형성되는 시기와 밀접한 관련이 있다. 따라서 자연군락에서 곰피의 자낭반이 형성되는 시기를 조사한 결과는 그림 3-7과 같다. 곰피 자연군락에서 성숙 엽체가 출현하는 시기는 7월부터이며 이후 점차 증가하기 시작하여 11월에는 최고 $84.6 \pm 12.2\%$ 를 나타내었다. 12월부터 성숙 엽체의 출현 비율은 점차 감소하기 시작하여 1월에 $30.0 \pm 2.0\%$ 로 감소하였고, 2월에는 성숙 엽체가 출현하지 않았다. 따라서 곰피 성숙 엽체의 출현비율은 11월에 최고치를 나타내었다.

곰피 성숙 엽체의 총 면적 중 자낭반을 형성한 면적의 비율은 실제로 유주자를 방출하는 면적이 되므로 채묘 시기의 결정에 직접적인 영향을 준다고 할 수 있다. 곰피 성숙 엽체의 총 면적 중 자낭반 형성 면적의 월별 변동결과는 그림 3-8과 같다. 즉 7월부터 자낭반 형성 면적이 점차 증가하는 경향을 보여 10월에 최고치인 $28.4 \pm 9.7\%$ 를 나타

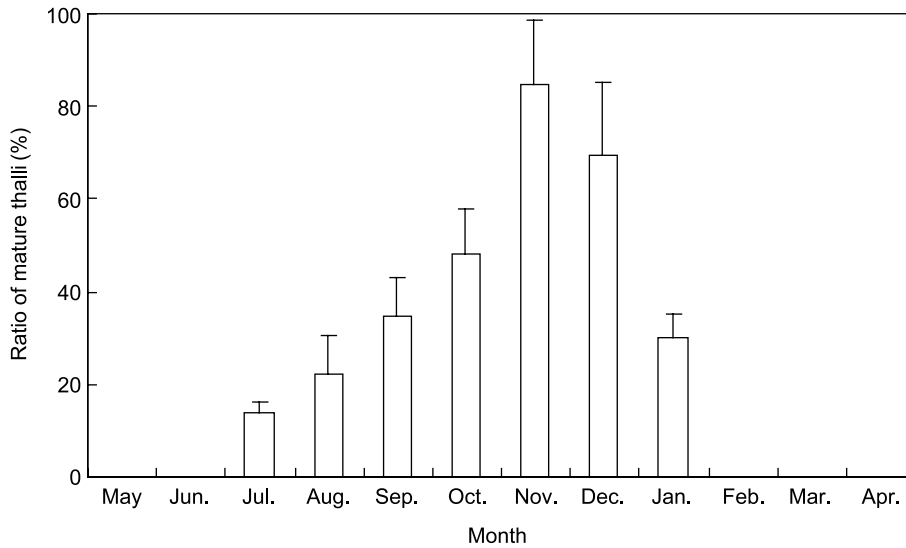


그림 3-7. 자연군락에서 성숙 곰피 엽체의 출현 비율.

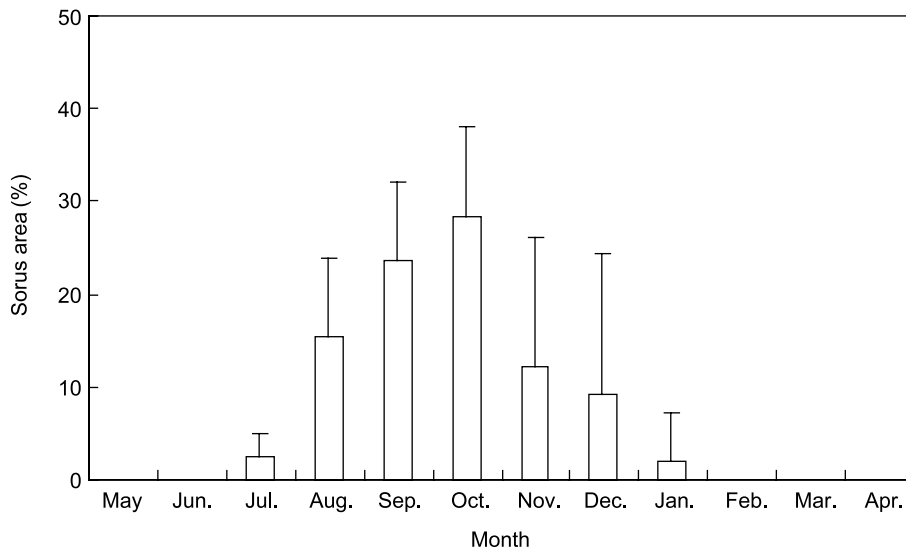


그림 3-8. 곰피 엽체의 자낭반 형성 면적 비율.

내었다. 11월부터 자낭반 형성면적은 점차 감소하는 경향을 보여 1월에 최저치인 $2.0 \pm 1.4\%$ 를 나타내었고 2월부터는 성숙 엽체가 관찰되지 않았다.

표 3-4. 수조배양 기간 중 채묘 기질별 곰피 배우체의 밀도와 성장도

배양 일수	구 분	채묘기질	
		21합사	42합사
0	밀도 (cell/cm)	224.1±183.4	315.1±198.4
	엽장 (μm)	5.1±2.6	5.1±1.7
15	밀도 (cell/cm)	163.0±98.4	181.4±12.7
	엽장 (μm)	17.6±4.9	12.4±8.0
30	밀도 (cell/cm)	89.0±49.4	129.4±82.7
	엽장 (μm)	22.8±8.8	13.5±3.5
60	밀도 (cell/cm)	73.0±19.4	96.2±32.7
	엽장 (μm)	54.9±24.0	30.6±14.5

따라서 자연군락에서 곰피의 성숙 엽체 출현 비율은 11월이 가장 높으나 성숙 개체의 자낭반 형성 면적 비율로서는 10월이 가장 높다고 할 수 있으며 이 시기가 곰피의 인공 채묘에 있어서 적기라고 할 수 있다.

나. 채묘 기질별 생장 및 채묘 효과

곰피 유주자의 인공 채묘시 채묘기질의 영향을 알아보기 위하여 크레모나사 21합사와 크레모나사 42합사로 구분하여 유주자를 채묘한 후 2개월간의 수조배양 기간 중 생장의 측정은 1개월 간격으로 종사 10cm의 중량, 배우체의 엽장, 1cm 당 배우체의 수를 측정하였다.

곰피 인공채묘시 채묘 기질별 생장효과는 표 3-4와 같다. 유주자의 채묘 직후 부착밀도는 크레모나사 21합사의 경우 224.1 ± 183.4 개/cm를 나타내었으나 42합사의 경우 315.1 ± 198.4 개/cm를 나타내어 42합사의 경우 부착밀도가 높은 것으로 나타났다. 수조배양 기간이 지속되면서 부착밀도는 점차 감소하는 경향을 나타내었으며 60일 후의 부착밀도는 21합사와 42합사에서 각각 73.0 ± 19.4 개/cm 및 96.2 ± 32.7 개/cm로 나타났다. 배우체의 성장도는 배양 60일 후 21합사의 경우 엽장 $54.9 \pm 24.0 \mu\text{m}$ 였으나

표 3-5. 채묘 시간별 곰피 배우체의 밀도와 생장도

배양 일수	구 분	채묘시간 (hr)				
		1	2	3	4	5
0	밀도 (cell/cm)	81.4±42.5	95.4±30.4	114.3±24.7	224.1±183.4	105.4±45.2
	엽장 (μm)	5.1±2.1	5.1±2.2	5.1±2.4	5.1±2.5	5.1±2.1
14	밀도 (cell/cm)	72.0±32.4	75.7±24.7	90.4±20.5	163.0±98.4	95.0±12.8
	엽장 (μm)	16.4±4.6	17.1±3.4	17.8±3.5	17.6±4.9	17.5±3.1
30	밀도 (cell/cm)	60.5±27.5	74.5±24.5	74.2±15.4	89.0±49.4	42.0±15.7
	엽장 (μm)	16.5±3.5	15.6±5.1	18.4±4.8	16.8±8.8	17.6±4.9
60	밀도 (cell/cm)	57.1±13.4	72.2±18.1	75.4±12.4	84.0±21.1	39.5±11.4
	엽장 (μm)	19.8±2.6	21.7±4.7	21.6±43.5	17.3±4.7	17.8±11.6

42합사의 경우 $30.6 \pm 14.5 \mu\text{m}$ 로 나타나 21합사의 실험구에서 곰피 배우체의 생장도가 보다 우세한 것으로 나타났다.

다. 채묘 시간별 생장 및 채묘 효과

곰피의 유주자 채묘시 유주자액에 채묘를 담금 시간의 영향을 알아보기 위하여 각각을 담금 시간을 1, 2, 3, 4 및 5시간으로 구분하여 유주자를 채묘한 후 2개월간의 수조 배양 기간 중 생장의 측정은 1개월 간격으로 종사 10cm의 중량, 배우체의 엽장, 1cm 당 배우체의 수를 측정하였다.

곰피의 인공채묘시 채묘 시간은 유주자의 부착에 소요되는 시간을 결정하는데 중요한 요인이라 할 수 있다. 곰피의 유주자액에 채묘를 담그는 시간을 1, 2, 3, 4 및 5시간으로 하였을 때 종사에 부착된 배우체 또는 아포체의 생장 및 채묘효과는 표 3-5와 같다. 채묘 직후 유주자의 부착 밀도는 채묘 4시간 실험구에서 224.1 ± 183.4 개/cm로 최고치를 보였으며 1시간 실험구에서 81.4 ± 42.5 개/cm로 최저치를 나타내었다. 따라서 곰피의 유주자를 인공채묘할 경우 채묘물의 담금 시간은 4시간으로 유지하는 것이 효과적인 것으로 나타났다.



그림 3-9. 곰피 엽체 디스크의 자낭반 형성 유도. 좌: 영양엽체. 우: 중앙부에 자낭반이 형성됨. 디스크의 직경은 1.1cm임.

3. 곰피의 생리학적 특성

1) 포자체의 엽체 부위별 성숙 및 유주자 방출 유도

곰피 엽체의 단편을 디스크 모양으로 절취하여 각각의 광 온도 조건에서 배양한 결과 그림 3-9와 같이 자낭반의 형성을 유도할 수 있었다. 자낭반의 형성은 디스크의 중앙부 위에서 형성되기 시작하며 짙은 갈색으로 자낭반이 형성되지 않은 디스크와 확연하게 구별되었다.

가. 생장대 부위의 광, 온도 조건별 성숙 및 유주자 방출 유도

곰피 엽체의 부위별로 생장대 부위의 직경 1.1cm 크기의 엽체를 디스크 모양으로 절취하여, 3개 조도 조건(30, 60, 100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) 및 4개 온도 조건(10, 15, 20, 25°C)의 조합인 12개 실험구간에서 각각 10개씩의 디스크를 수용하여 3반복 실험하였다. 자낭반의 형성 비율은 10개의 디스크중 자낭반이 형성된 디스크의 비율로 구하였으며, 각 디스크의 자낭반 형성 면적의 평균을 자낭반 형성 면적으로 구하였다. 모든 실험구는 직경 5cm의 멸균된 Petri dish를 사용하였으며, 배양액은 PESI 배지를 사용하여 3일간격으로 환수하였다. 배양실험은 Multi thermo incubator MTI-202B(EYELA, Japan)를

표 3-6. 곰피 생장대 엽체 부위에서 절취한 디스크의 광·온도 조건에 따른 자낭반 형성율. ()안의 숫자는 자낭반 형성면적 비율을 표시함

Irradiance ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Day							
		0	25	50	75	100	125	150	175
30	10	—	—	—	—	—	—	—	—
	15	—	—	—	—	33(3.5)	44(8.4)	44(8.4)	44(8.4)
	20	—	—	—	—	10(2.8)	30(12.9)	30(12.9)	40(15.8)
	25	—	—	—	—	—	—	—	—
60	10	—	—	—	—	—	—	35(8.3)	40(11.8)
	15	—	—	—	—	—	—	70(22.6)	80(25.3)
	20	—	—	—	—	—	67(21.1)	100(21.4)	100(25.4)
	25	—	—	—	—	—	—	—	—
100	10	—	—	—	—	—	—	—	—
	15	—	—	—	—	—	10(21)	10(21.1)	60(22.5)
	20	—	—	—	—	—	56(22.1)	67(31.6)	67(35.1)
	25	—	—	—	—	—	—	—	—

사용하였다. 유주자 방출의 유무는 현미경 검경을 통하여 암기가 끝나는 시점에 측정하였다.

곰피의 생장대 부위에서 디스크 모양으로 절취된 엽체 단편은 표 3-6 및 그림 3-10과 같이 배양 100일 후 $30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 의 15°C 와 20°C 조건에서 가장 먼저 자낭반 형성이 관찰되었다. 조도구간별로는 $30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 의 구간에서 배양 175일까지 15°C 와 20°C 조건에서만 자낭반 형성이 확인되었으며, 10°C 와 20°C 조건에서는 자낭반이 형성되지 않았다. $60 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 의 구간에서는 배양 125일 후 20°C 조건에서 가장먼저 자낭반이 형성되기 시작하여 배양 150일 후 10°C 와 15°C 조건에서도 자낭반 형성이 확인되었다. $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 의 구간에서는 15°C 와 20°C 조건에서 배양 125일 후 가장 먼저 자낭반 형성이 확인되었으며, 배양 175일 후에도 10°C 와 25°C 조건에서는 자낭반 형성이 관찰되지 않았다.

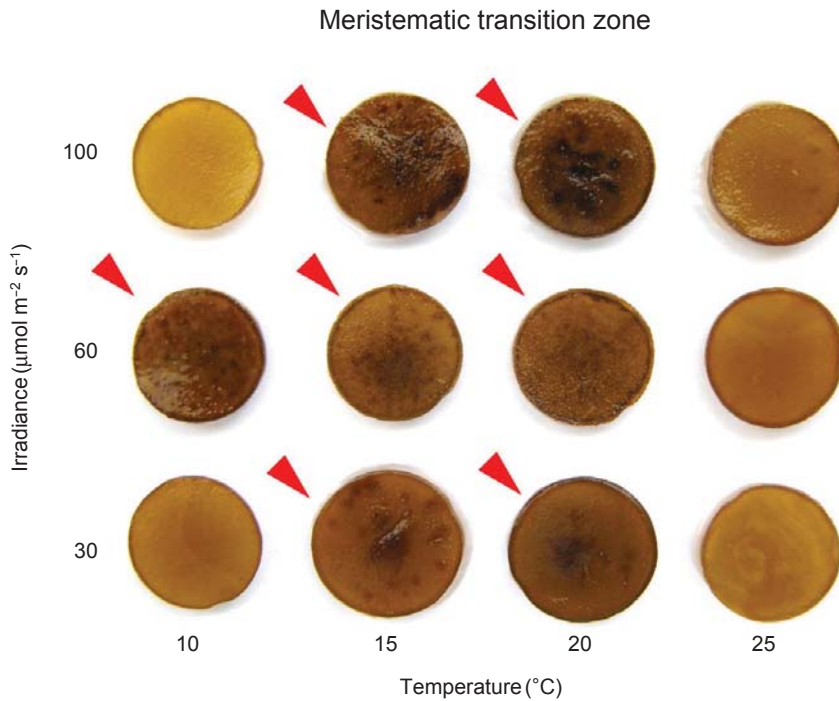


그림 3-10. 광 · 온도 조건별 곰피의 생장대 부분 엽체 단편의 성숙 유도.

생장대 부위에서 절취한 디스크로부터 형성된 자낭반의 형성율은 배양 175일 후 $60 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 의 20°C 조건에서 100%로 가장 높았으며, 디스크의 면적 중 자낭반이 차지하는 자낭반 형성면적 비율은 $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 의 20°C 조건에서 35.1%로 가장 높았다.

자낭반이 형성된 디스크의 주변에서는 방출된 유주자가 유영하고 있거나 착생하여 발아하고 있는 것이 관찰되었다.

나. 선단 부위의 광, 온도 조건별 성숙 및 유주자 방출 유도

곰피 엽체의 부위별로 선단 부위의 직경 1.1 cm 크기의 엽체를 디스크 모양으로 절취하여, 3개 조도 조건($30, 60, 100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) 및 4개 온도 조건($10, 15, 20, 25^{\circ}\text{C}$)의 조합인 12개 실험개 실험구간에서 각각 10개씩의 디스크를 수용하여 3반복 실험하였

표 3-7. 곰피의 선단 엽체 부위 디스크의 광·온도 조건에 따른 자낭반 형성율. ()안의 숫자는 자낭반 형성면적 비율을 표시함

Irradiance ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Day							
		0	25	50	75	100	125	150	175
30	10	—	—	—	—	—	—	—	—
	15	—	—	—	—	—	33(8.4)	50(14)	50(17.6)
	20	—	—	—	—	66.7(15.0)	100(24.6)	100(31.6)	100(35.1)
	25	—	—	—	—	—	100(5.3)	100(42.1)	100(42.1)
60	10	—	—	—	—	—	—	—	—
	15	—	—	—	—	—	22(9)	22(9)	22(9)
	20	—	—	—	—	—	67(14)	100(15.2)	100(24.6)
	25	—	—	—	—	—	33(19)	50(19.3)	50(19.3)
100	10	—	—	—	—	—	10(6.3)	100(13.8)	100(13.8)
	15	—	—	—	—	—	10(8.4)	13(24.8)	50(27.1)
	20	—	—	—	—	—	8(15.0)	12(21.1)	12(21.1)
	25	—	—	—	—	—	—	—	—

다. 자낭반의 형성 비율은 10개의 디스크 중 자낭반이 형성된 디스크의 비율로 구하였으며, 각 디스크의 자낭반 형성 면적의 평균을 자낭반 형성 면적으로 구하였다. 모든 실험구는 직경 5cm의 멸균된 Petri dish를 사용하였으며, 배양액은 PESI 배지를 사용하여 3일 간격으로 환수하였다. 배양실험은 Multi thermo incubator MTI-202B (EYELA, Japan)를 사용하였다. 유주자 방출의 유무는 현미경 검경을 통하여 암기가 끝나는 시점에 측정하였다.

곰피 엽체의 선단 부위에서 디스크 모양으로 절취된 엽체 단편은 표 3-7 및 그림 3-11과 같이 배양 100일 후 $30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 의 20°C 조건에서 가장 먼저 자낭반 형성이 관찰되었다. 배양 125일 후에는 30과 $60 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 의 $15\sim 25^{\circ}\text{C}$ 구간에서 자낭반 형성이 관찰되었으며 $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 의 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ 구간에서도 자낭반이 형성되기 시작하였다.

선단 부위에서 절취한 디스크로부터 형성된 자낭반의 형성율은 배양 125일 후 30

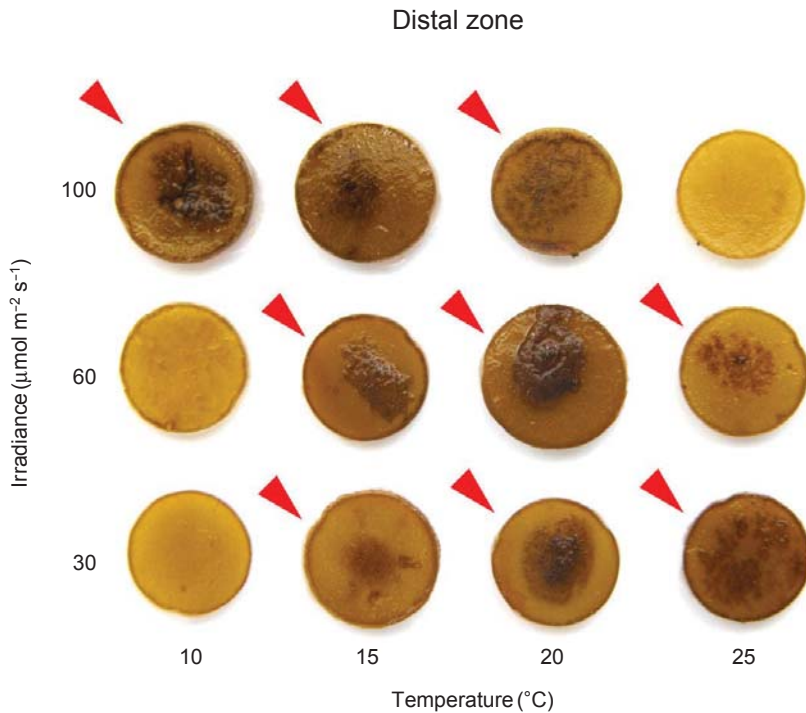


그림 3-11. 광·온도 조건별 곰피의 선단 부분 엽체 단편의 성숙 유도.

$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 의 20~25°C 조건에서 100%로 가장 높았으며, 디스크의 면적 중 자낭반이 차지하는 자낭반 형성면적 비율은 배양 175일 후 $30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 의 25°C 조건에서 42.1%로 가장 높았다.

자낭반이 형성된 디스크의 주변에서는 방출된 유주자가 유포하고 있거나 착생하여 발아하고 있는 것이 관찰되었다.

다. 곰피 엽체의 연령별 성숙 및 유주자 방출 유도

실험에 사용한 곰피 엽체는 2006년 10월에 전남 완도군 약산면 해조류연구센터 시험어장에서 채취하였다. 곰피 엽체는 각각 2년생과 1년생으로 구분하여 채집 즉시 실험실로 운반하였으며, 자낭반 일부를 직경 1.1cm 크기의 엽체를 디스크 모양으로 절취하여 멸균해수로 수회 세척한 후 항생제 용액 (Provasoli's antibiotic concentrated

표 3-8. 곰피 엽체의 연령별 자낭반 형성 면적 비율

조 도 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	1년생			2년생					
		배양일수(일)			배양일수(일)					
		0	25	50	0	25	50	75	100	150
30	10	—	—	d	—	—	—	—	—	—
	15	—	—	d	—	—	—	—	—	14.1 $\pm$ 9.5
	20	—	d		—	—	—	—	15.0 $\pm$ 4.2	31.6 $\pm$ 12.5
	25	—	d		—	—	—	—	—	42.1 $\pm$ 9.4
60	10	—	—	d	—	—	—	—	—	—
	15	—	—	d	—	—	—	—	—	9.6 $\pm$ 5.0
	20	—	d		—	—	—	—	—	15.2 $\pm$ 7.5
	25	—	d		—	—	—	—	—	19.3 $\pm$ 12.4
100	10	—	d		—	—	—	—	—	13.8 $\pm$ 5.1
	15	—	d		—	—	—	—	—	24.8 $\pm$ 8.4
	20	—	d		—	—	—	—	—	21.1 $\pm$ 4.5
	25	—	d		—	—	—	—	—	—

d : 엽체가 고사함

solution, Sigma)에 2~3분간 침적하였다. 실험조건은 3개 조도 조건(30, 60, 100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) 및 4개 온도 조건(10, 15, 20, 25 $^{\circ}\text{C}$)의 조합인 12개 실험구간에서 각각 10개씩의 디스크를 수용하여 3반복 실험하였다. 자낭반의 형성 비율은 10개의 디스크 중 자낭반이 형성된 디스크의 비율로 구하였으며, 각 디스크의 자낭반 형성 면적의 평균을 자낭반 형성 면적으로 구하였다. 모든 실험구는 직경 5 cm의 멸균된 Petri dish를 사용하였으며, 배양액은 PESI 배지를 사용하여 3일 간격으로 환수하였다. 배양실험은 Multi thermo incubator MTI-202B(EYELA, Japan)를 사용하였다. 유주자 방출의 유무는 현미경 검경을 통하여 암기가 끝나는 시점에 측정하였다.

곰피 엽체의 연령별 디스크의 성숙 유도 실험결과 표 3-8와 같이 1년생의 경우 배양 25일 후부터 20 $^{\circ}\text{C}$ 및 25 $^{\circ}\text{C}$ 조건에서 디스크가 색소를 잃고 고사하였으며 10 $^{\circ}\text{C}$ 및 15 $^{\circ}\text{C}$ 조건에서는 배양 50일 후 디스크의 색소가 탈색되어 고사하였다. 2년생의 경우 모든 실험

표 3-9. 곶피 엽체의 영양엽과 자낭반 형성 부위의 형태적 차이 및 광합성능 비교

구 분	직경 1.1 cm 디스크의 형태적 특성		광합성능(Yield)
	중량(g)	두께(mm)	
영양엽 부위	0.068 ± 0.01	0.746 ± 0.15	0.743 ± 0.002
성숙 부위	0.080 ± 0.01	0.861 ± 0.11	0.716 ± 0.001

협조건에서 배양 150일 후에도 디스크의 색소가 그대로 유지되고 있었으며, 배양 100 일째 $30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 의 20°C 조건에서 처음으로 $15.0 \pm 4.2\%$ 의 자낭반 형성 면적 비율을 나타내었다. 배양 150일 후에는 $30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 의 25°C 조건에서 자낭반 형성 면적이 가장 많은 $42.1 \pm 9.4\%$ 를 나타내었다.

라. 곶피 엽체의 부위별 광합성능

곶피 엽체의 부위별 광합성능의 차이를 알아보기 위하여 생장대 부분과 자낭반이 형성된 부위에서 각각 직경 1.1 cm 크기의 엽편을 디스크 모양으로 절취하여 디스크의 중량과 두께 그리고 각각의 광합성능을 측정하였다. 디스크의 절취는 각각 5개의 개체로부터 한 개씩 절취하여 생장대 부분과 자낭반 부위의 5반복 실험이 가능하도록 하였다. 광합성능의 측정은 부위별 디스크를 암적응시킨 후 PAM-2000 (Walz, Germany)를 사용하여 최적양자수율(optimum quantum yield)을 구하였다. 곶피 엽체의 암적응 방법은 멸균해수를 넣은 Petri dish에 넣어 빛이 투과되지 않는 Ice box 내에서 5분간 유지하였다.

자연에서 곶피 엽체의 자낭반이 형성되는 시기인 10월에 채취된 엽체로부터 영양엽과 자낭반 형성 부위에서 절취한 직경 1.1 cm의 중량과 두께는 표 3-9와 같다. 즉 자낭반이 형성된 성숙 부위는 엽체의 두께와 중량이 영양엽 보다 증가하며, 광합성능은 영양엽에 비하여 감소하는 것으로 나타났다.

마. 곶피 엽체의 연령별 형질과 광합성능 및 클로로필 함량

곶피 엽체의 연령군별 형질과 광합성능 및 클로로필 함량 비교를 위하여, 2007년 4

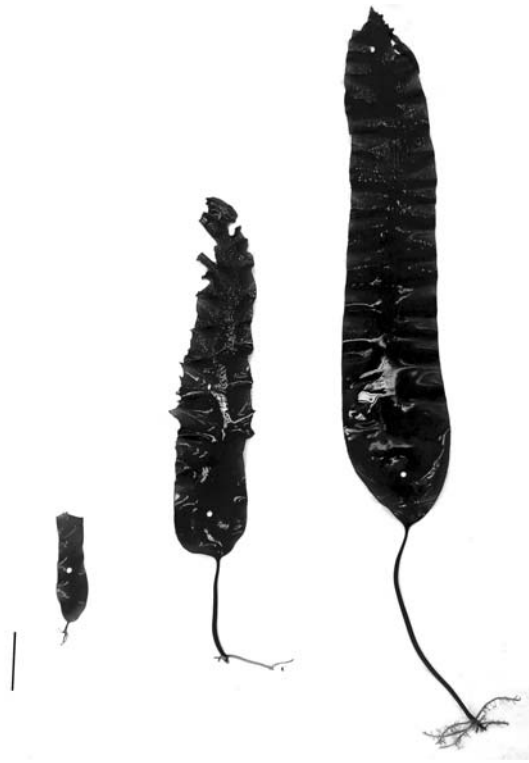


그림 3-12. 곰피의 연령별 형태(좌측부터 0년생, 1년생 및 2년생). Scale bar 10 cm

월에 전남 완도군 약산면 장용리의 시험어장에서 예비양성 실험중인 곰피 엽체를 채취하여 0년생, 1년생 및 2년생 군으로 구분하여 각각 5개씩의 엽체를 선별하였다. 연령별 형질의 측정은 엽장, 엽폭, 주지길이, 중량 등을 측정하였다. 광합성능의 측정은 연령군별 디스크를 암적응시킨 후 PAM-2000 (Walz, Germany)를 사용하여 최적양자수율(optimum quantum yield)을 구하였다. 곰피 엽체의 암적응 방법은 멸균해수를 넣은 Petri dish에 넣어 빛이 투과되지 않는 Ice box 내에서 5분간 유지하였다. 클로로필의 분석은 아세톤 추출법(Meeks 1974; Sternman 1994)에 따라 630, 647 및 664 nm의 흡광도에서 분광광도계(U-1100 Spectrophotometer, Hitachi, Japan)를 이용하여 측정하였다.

곰피의 연령별 형태적 특성 및 생리적 특성은 표 3-10과 같다. 곰피의 형태 측정 항목은 그림 2-6과 같이 10개의 형질을 사용하였으며, 연령별 형태적 특징은 그림 3-12와

표 3-10. 곰피 엽체의 연령별 형태 및 생리적 특징

구 분	측정치	연령구분(년)		
		0	1	2
형태적특성	엽장(cm)	27.63±6.38	106.9±3.57	193.04±19.25
	엽폭(cm)	6.10±0.26	12.88±1.82	22.66±2.89
	측엽길이(mm)	0	0.48±0.57	1.41±1.65
	주지길이(cm)	1.30±0.10	10.25±5.55	27.16±12.62
	주지폭(mm)	2.03±0.35	6.35±1.18	8.94±1.07
	포복지길이(cm)	3.13±1.20	7.23±3.52	11.28±4.49
	포복지 분지횟수(회)	5.00±1.00	6.25±1.71	7.80±1.30
	신생엽체수(개)	0	0.25±0.50	0.40±0.15
	신생엽체 엽장(cm)	0	1.13±2.25	2.94±5.93
	엽체 1/4 두께(mm)	0.33±0.07	0.42±0.05	0.47±0.05
	엽체 3/4 두께(mm)	0.29±0.10	0.28±0.07	0.31±0.05
	중량(g)	8.00±3.46	83.0±12.91	235.00±31.86
	엽면굴곡(%)	17±29	70±24	66±23
	직경 1.1 (cm) 디스크 중량(g)	0.05±0.01	0.09±0.01	0.09±0.01
	직경 1.1 (cm) 디스크 두께(mm)	0.54±0.06	0.99±0.05	1.03±0.09
생리적특성	광합성능	0.657±0.044	0.764±0.005	0.763±0.010
	클로로필 a(mg/g-dry wt.)	6.45	6.15	3.92
	클로로필 c(mg/g-dry wt.)	2.52	2.31	0.99
	630nm 흡광도	0.08	0.074	0.039
	647nm 흡광도	0.221	0.184	0.109
	664nm 흡광도	0.252	0.236	0.149

같이 연령의 증가에 따라 전체적인 엽장 뿐 아니라 주지의 신장도 함께 이루어지며 1년생 이상에서는 포복지에 의한 새로운 엽체의 출현이 나타남을 알 수 있다. 광합성능은 0년생이 가장 낮게 나타나 0.657 ± 0.044 를 나타내었으며 1년생이 가장 높은 0.764 ± 0.005 그리고 2년생이 이와 유사한 0.763 ± 0.010 을 나타내었다. 클로로필 a와 c의 함량은 연령이 증가할수록 점차 함량이 작아지는 것으로 나타났으며 0년생에서 가장 높

왔다.

2) 곰피의 생육 단계 및 배양조건별 생장

가. 온도, 조도 및 광주기 조건별 곰피 배우체의 생장

실험에 사용한 곰피 업체는 2006년 10월에 전남 완도군 약산면 해조류연구센터 시험어장에서 채취하였다. 곰피 성숙 업체는 채집 즉시 실험실로 운반하여 자낭반 일부를 절취하고 멸균해수로 수회 세척한 후 항생제 용액 (Provasoli's antibiotic concentrated solution, Sigma)에 2~3분간 침적하였다. 자낭반은 100 mL의 멸균해수를 넣은 비이커에 수용하여 15°C와 $40\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 및 14:10h(L:D)의 조건하에서 유주자 방출을 유도하였다. 10 cm 직경의 Petri dish를 이용하여 바닥에는 멸균된 cover glass를 깔고 멸균해수 20 mL와 유주자액 2 mL을 분주하여 cover glass에 방출된 유주자가 착생하도록 하였다. 유주자가 착생된 cover glass는 다시 5 cm 직경의 Petri dish로 옮겨 각각의 온도, 조도 및 광주기 실험 조건으로 옮겨 배우체의 생장을 측정하였다. 배양액은 PESI medium(Tatewaki, 1966)에 항생제 용액을 첨가하여 사용하였으며 2~3일 마다 전량 교체하였다.

온도 및 조도 조건은 각각 4개 온도 조건(10, 15, 20, 25°C) 및 3개 조도 조건(20, 30, $60\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)의 조합인 12개 실험구간에서 각각 3반복 실험구의 평균값을 구하였으며 광주기 조건은 10:14h(L:D)로 하였다.

광주기 조건별 배우체의 생장실험은 온도와 조도를 15°C 및 $30\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 로 고정하고 각각 10:14, 12:12 및 14:10h(L:D)의 조건하에서 곰피 배우체의 생장도를 측정하였다. 곰피 배우체의 생장도 측정은 엽장, 엽폭 및 세포수를 측정하였다.

곰피의 배우체는 표 3-11과 같이 배양 온도 및 조도 조건별로 길이생장에 차이를 나타내었다. 배양 10일 후 20°C와 $20\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 길이생장이 최대치인 $59.5\mu\text{m}$ 를 나타내었으며, 10°C와 $20\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 실험구에서 최저치인 $23.5\mu\text{m}$ 를 나타내었다. 배

표 3-11. 온도 및 조도 조건별 곰피 배우체의 성장(평균길이, μm)

온도 ($^{\circ}\text{C}$)	조도 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	암수 배우체	배양일수(일)							
			0	1	3	6	10	11	14	17
10	20	♀						20.00	29.0	59.0
		♂	11.5	16.2	15.9	18.9	23.5	26.67	44.0	53.0
	30	♀						18.33	37.0	58.4
		♂	14.0	19.2	18.5	20.7	24.0	35.00	41.0	48.0
	60	♀						25.00	34.0	60.0
		♂	12.0	16.9	18.5	20.5	26.0	30.00	45.0	43.0
15	20	♀						51.67	67.0	109.0
		♂	11.0	19.5	24.6	22.0	37.0	53.33	68.0	74.0
	30	♀						48.33	79.0	97.0
		♂	11.5	19.7	18.9	22.0	36.5	63.33	61.0	65.0
	60	♀						35.00	57.0	116.0
		♂	12.5	13.9	15.5	19.5	37.0	48.33	62.0	53.0
20	20	♀						48.33	79.0	118.0
		♂	13.0	19.6	22.0	22.0	59.5	98.33	117.0	139.0
	30	♀						51.67	87.0	129.0
		♂	12.0	18.5	15.5	23.5	54.0	83.33	104.0	152.0
	60	♀						55.00	98.0	129.0
		♂	12.5	17.6	17.0	24.0	51.5	83.33	120.0	161.0
25	20	♀						56.67	104.0	156.0
		♂	12.5	21.4	19.0	20.5	59.0	78.33	110.0	166.0
	30	♀						48.33	106.0	117.0
		♂	13.0	20.8	18.0	25.0	54.5	90.00	91.0	149.0
	60	♀						98.33	112.0	158.0
		♂	13.0	18.1	18.5	23.5	47.5	65.00	137.0	148.0

양 11일 후부터 암수배우체의 구분이 가능하였으므로 모든 실험구별로 암수배우체의 구분을 통한 길이생장을 측정하였다. 배양 17일 후 20°C 와 $20\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 실험구에서

표 3-12. 광주기 조건별 곰피 배우체의 생장[평균길이(μm), 배양온도 15°C , 조도 $30\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$]

광주기 (L:D)	암 수 배우체	배양일수 (일)							
		0	1	3	6	10	11	14	17
10:14	♀	11.5	19.7	18.9	22.0	36.5	48.33	61.0	65.0
	♂						63.33	79.0	97.0
14:10	♀	12.0	20.1	19.5	20.5	37.0	46.7	54.0	62.0
	♂						51.7	67.0	92.0
12:12	♀	12.5	18.7	16.5	18.0	31.0	23.3	53.0	61.0
	♂						45.0	59.0	101.0

암배우체의 길이생장은 최고치인 $118.0\mu\text{m}$ 을 나타내었으며, 10°C 와 $30\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 실험구에서 최저치인 $58.4\mu\text{m}$ 을 나타내었다. 수배우체의 길이생장은 배양 17일 후 25°C 와 $20\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 실험구에서 최고치인 $166.0\mu\text{m}$ 을 나타내었으며, 10°C 와 $60\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 실험구에서 최저치인 $48.0\mu\text{m}$ 을 나타내었다.

따라서 곰피 암수배우체의 배양시 최적 배양조건은 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ 와 $20\sim 30\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 조건이라 할 수 있으나 20°C 의 경우 구조류의 발생이 심하므로, 15°C 와 $30\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 조건이 곰피 배우체의 최적 배양조건이라 할 수 있다.

곰피의 배우체 배양시 광주기 조건은 표 3-12과 같이 배양 10일 후 14:10(L:D) 실험구에서 최고치인 평균 $37.0\mu\text{m}$ 를 보였으며 12:12(L:D) 실험구에서 최저치인 $31.0\mu\text{m}$ 를 나타내었다. 배양 17일 후 암배우체의 길이생장은 10:14(L:D) 실험구에서 최고치인 $65.0\mu\text{m}$ 를 나타내었으며 12:12(L:D) 실험구에서 최저치인 $61.0\mu\text{m}$ 를 나타내었다. 배양 17일 후 수배우체의 길이생장은 12:12(L:D) 실험구에서 최고치인 $101.0\mu\text{m}$ 를 보였으며, 14:10(L:D) 실험구에서 최저치인 $92.0\mu\text{m}$ 를 나타내었다. 따라서 광주기 조건별 곰피 배우체의 길이생장은 광주기 조건에 따른 유의한 차이나 일정한 경향성을 보이지 않았다.

표 3-13. 온도 및 조도 조건별 곰피 아포체의 생장[평균길이(μm)]

온도 ($^{\circ}\text{C}$)	조도 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	배양일수(일)						
		19	21	24	31	38	45	52
10	20	40.0	47.0	66.0	110.5	191.0	323.0	555.5
	30	40.5	53.0	61.0	124.0	234.5	332.0	697.0
	60	45.5	54.0	74.5	115.5	181.5	341.0	735.0
15	20	63.0	94.5	133.5	276.0	594.0	665.0	1415.5
	30	69.0	99.5	120.5	308.0	799.0	1072.0	1527.5
	60	73.0	81.0	120.5	277.5	503.0	722.0	730.0
20	20	82.0	54.0	77.5	129.5	333.0	528.0	626.0
	30	86.0	81.5	70.5	160.0	749.5	1102.0	1587.5
	60	68.5	68.5	87.5	157.0	338.5	569.0	1167.5
25	20	35.1	45.3	85.1	159.2	258.5	509.0	512.0
	30	26.0	33.0	83.5	151.0	255.1	314.0	385.1
	60	21.0	25.1	29.5	65.0	98.1	153.4	367.0

나. 온도, 조도 및 광주기 조건별 곰피 아포체의 생장

온도 및 조도 조건은 각각 4개 온도 조건(10, 15, 20, 25°C) 및 3개 조도 조건(20, 30, $60 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)의 조합인 12개 실험구간에서 각각 3반복 실험구의 평균값을 구하였으며 광주기 조건은 10:14h(L:D)로 하였다.

광주기 조건별 아포체의 생장실험은 온도와 조도를 15°C 및 $30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 로 고정하고 각각 10:14, 12:12 및 14:10h(L:D)의 조건하에서 곰피 아포체의 생장도를 측정하였다. 곰피 아포체의 생장도 측정은 엽장, 엽폭 및 1개의 암배우체당 아포체 수를 측정하였다.

곰피의 암수배우체는 배양 18일 이후 수정이 이루어져 현미경적 크기의 포자체인 아포체로 발달하게 되는데, 각 온도 및 조도 조건별 곰피 아포체의 생장은 표 3-13와 같다.

온도구간별로는 10°C 구간에서 조도가 증가할수록 아포체의 평균 엽장이 증가하여 배양 52일 후 조도 20, 30 및 $60 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 조건에서 각각 555.5, 697.0 및 $735 \mu\text{m}$

표 3-14. 광주기 조건별 곰피 아포체의 성장도[평균길이(μm), 배양온도 15°C , 조도 $30\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$]

광주기 (L:D)	배양일수(일)						
	19	21	24	31	38	45	52
10:14	69	99.5	120.5	277.5	503.0	722.0	730.0
14:10	75	94.5	173	249	695	955.5	1025
12:12	56	86.5	119.5	296	753	919.5	1312.5

의 길이생장을 나타내었다. 15°C 구간에서는 $30\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 조건에서 아포체의 엽장이 타 조도 조건에 비하여 높은 값인 평균 $1,527.5\mu\text{m}$ 의 길이생장을 나타내었다. 20°C 구간에서는 15°C 구간과 마찬가지로 $30\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 조건에서 아포체의 엽장이 타 조도 조건에 비하여 가장 높은 값인 평균 $1,587.5\mu\text{m}$ 의 길이생장을 나타내었다. 25°C 구간에서는 모든 조도 구간에서 아포체의 길이생장이 저조하였으며 가장 낮은 조도 조건인 $20\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 조건에서 평균 엽장이 가장 높은 $512.0\mu\text{m}$ 을 나타내었다.

광주기 조건별로는 12:12(L:D) 조건에서 배양 52일 후 아포체의 평균 엽장이 $1,312.5\mu\text{m}$ 로 가장 높은 값을 보였으며, 14:10(L:D) 조건에서 $1,025.0\mu\text{m}$ 및 10:14(L:D) 조건에서 $730.0\mu\text{m}$ 의 순으로 길이생장의 차이를 나타내었다(표 3-14).

다. 온도, 조도 및 광주기 조건별 곰피 포자체의 생장

온도 및 조도 조건은 각각 4개 온도 조건($10, 15, 20, 25^{\circ}\text{C}$) 및 3개 조도 조건($20, 30, 60\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)의 조합인 12개 실험구간에서 각각 3반복 실험구의 평균값을 구하였으며 광주기 조건은 10:14h(L:D)로 하였다.

광주기 조건별 포자체의 생장실험은 온도와 조도를 15°C 및 $30\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 로 고정하고 각각 10:14, 12:12 및 14:10h(L:D)의 조건하에서 곰피 포자체의 성장도를 측정하였다. 곰피 포자체의 성장도 측정은 엽장 및 엽폭을 측정하였다.

곰피의 어린 포자체 생장단계에서 각 온도 및 조도 조건별 생장 차이는 표 3-15 및 그림 3-13과 같다. 5°C 온도 조건에서는 $60\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 실험구에서 배양 34일 후 길이생

표 3-15. 온도 및 조도 조건별 곰피 포자체의 생장[엽장 평균길이(mm), 광주기 조건 10:14(L:D)]

온도 (°C)	조도 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	배양일수(일)					
		0	11	14	21	27	34
5	20	12.4	14.4	15.2	16.0	16.8	20.4
	30	10.8	12.2	13.0	13.6	14.6	17.0
	60	12.2	15.0	15.2	16.6	19.0	22.4
10	20	12.0	18.0	18.4	21.0	25.2	29.0
	30	14.6	19.2	19.8	23.4	28.0	31.8
	60	12.8	18.6	20.2	26.0	32.2	36.4
15	20	12.4	18.2	20.0	23.2	28.6	32.6
	30	13.2	21.8	22.8	30.0	33.0	36.8
	60	13.8	19.0	20.4	25.0	30.8	34.6
20	20	13.8	18.2	19.4	23.4	27.0	29.0
	30	13.8	21.2	23.8	31.6	36.2	37.8
	60	13.0	19.4	22.2	27.8	31.8	34.8
25	20	13.6	16.6	16.8	19.4	22.4	22.8
	30	13.6	18.2	18.2	24.4	25.8	25.4
	60	13.0	17.0	19.2	20.4	21.4	20.2

장이 최고치인 22.4mm였으며, $30\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 실험구에서 최저치인 17.0mm를 나타내었다. 10°C 온도 조건에서는 $60\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 실험구에서 배양 34일 후 길이생장이 최고치인 36.3mm였으며, $20\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 실험구에서 최저치인 29.0mm를 나타내었다. 15°C 온도 조건에서는 $30\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 실험구에서 길이생장이 최고치인 36.8mm를 나타내었으며, $20\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 실험구에서 최저치인 32.6mm를 나타내었다. 20°C 온도 조건에서는 $30\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 실험구에서 길이생장이 최고치인 37.8mm를 나타내었으며, $20\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 실험구에서 최저치인 29.0mm를 나타내었다. 25°C 온도 조건에서는 $30\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 실험구에서 길이생장이 최고치인 25.4mm를 나타내었으며, $60\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 실험구에서 최저치인 20.2mm를 나타내었다. 따라서 곰피의 어린 포자체

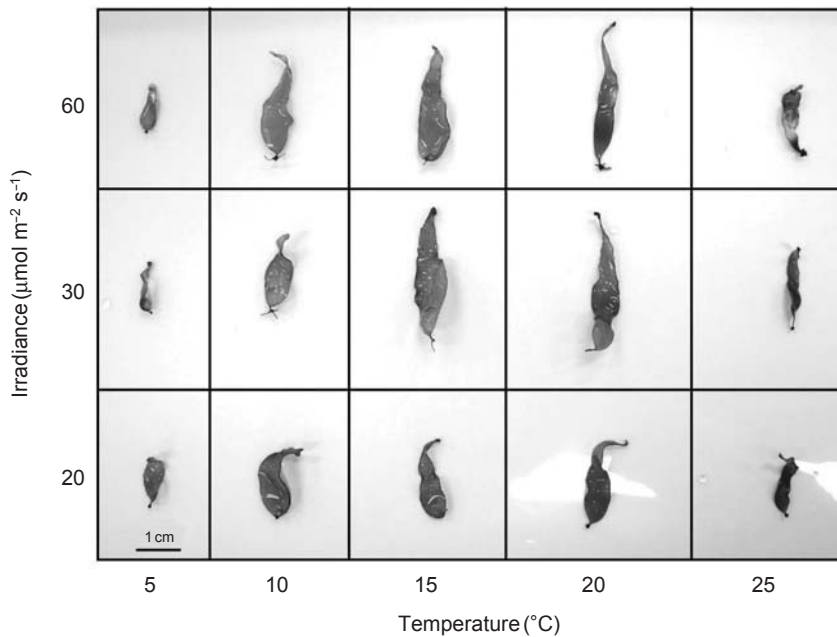


그림 3-13. 배양 34일후 곰피 포자체의 온도 및 조도조건별 생장

단계에서는 20°C 와 $30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 실험구에서 길이생장이 가장 우세하였다.

광주기 조건별 곰피 포자체의 생장은 표 3-16 및 그림 3-14와 같다. 14:10 (L:D)의 장일조건에서 배양 34일 후 길이생장이 최고치인 39.2mm로 나타났으며, 10:14(L:D)의 단일조건에서 34.6mm의 최저치를 나타내었다. 따라서 곰피의 어린 포자체의 경우 장일조건에서 길이생장이 우세한 것으로 나타났다.

라. 곰피 유엽의 크기별 온도 내성

곰피 유엽의 전배양은 성숙 모조로부터 수집한 유주자를 15°C 및 $30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 와 10:14h(L:D) 조건에서 실시하였다. 유엽의 엽장은 각각 평균 1mm, 5mm 및 10mm 군으로 구분하여 각각 30 개체씩 직경 5cm의 멸균된 petri dish 또는 $10 \times 4 \text{ cm}$ 의 SPL lab ware를 사용하여 분주하였다. 온도 내성 실험은 5개 온도 조건($12, 15, 18, 21, 24^{\circ}\text{C}$)에서 실시하였으며 이때 조도와 광주기는 $30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 와 10:14h(L:D)로 하였

표 3-16. 광주기 조건별 곶피 포자체의 생장[엽장 평균길이(mm); 배양온도 15°C, 조도 30 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$]

광주기 (L:D)	배양일수 (일)					
	0	11	14	21	27	34
14:10	12	20.4	23.6	28.4	35.8	39.2
12:12	11.8	19	19.4	26.6	30.8	35
10:14	13.2	19.0	20.4	25.0	30.8	34.6



그림 3-14. 배양 34일후 곶피 포자체의 광주기 조건별 생장.

다. 모든 실험은 3반복 실험구로 실시하였으며, 배양액은 PESI 배지를 사용하여 3일 간격으로 환수하였다. 배양실험은 Multi thermo incubator MTI-202B(EYELA, Japan)를 사용하였다.

엽장 1mm군의 곶피 유엽(그림 3-15)은 배양 5주 동안 18°C의 온도 조건에서 가장 빠르게 성장하였으나 배양 5주 후에는 15°C 구간에서 엽장이 최대치인 22.6mm를 나타내었다. 각 온도 구간별로 길이생장에 있어서 유의한 차이는 없는 것으로 나타났으며 모든 온도구간에 걸쳐 평균 20mm의 엽장을 가지는 엽체로 성장하였다. 즉, 엽장 1

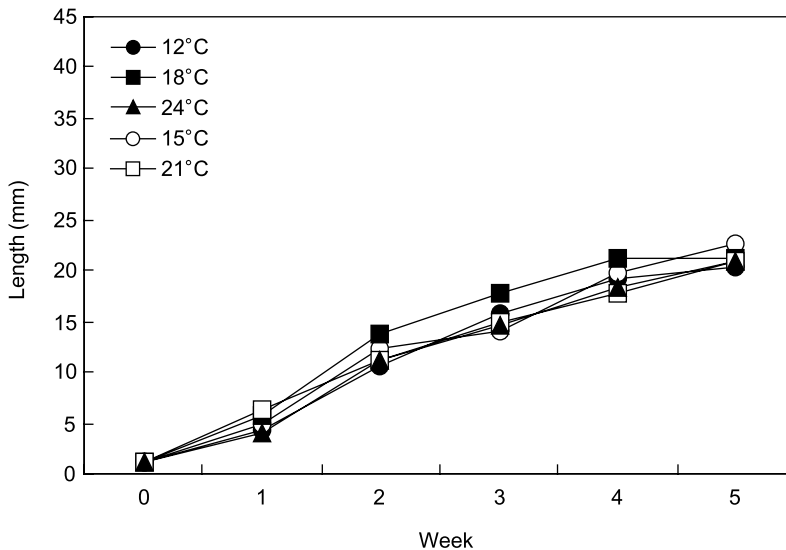


그림 3-15. 곰피 엽장 1mm 군의 온도 구간별 생장.

mm의 곰피 유엽은 12~24°C 구간의 온도 범위에서 배양 5주일간 약 20 mm의 엽체로 성장하여 평균 일간 생장율 0.54 mm/day을 나타낸다고 할 수 있다.

엽장 5mm군의 곰피 유엽(그림 3-16)은 배양 2주까지 21°C 온도 구간에서 평균 22.6 mm로 길이생장이 가장 빨랐으나 이후에는 12°C 온도 구간에서 길이생장이 보다 빨라져 배양 5주 후 30.9 mm로 최고치를 나타내었다. 24°C 온도 구간에서는 배양 3주까지 길이생장이 평균 20 mm로 증가하였으나 이후 점차 감소하여 배양 5주 후에는 평균 엽장 9.9 mm로 최저치를 나타내었다. 따라서 엽장 5mm군의 곰피 유엽은 12~21°C 구간의 온도 범위에서 배양 5주일간 약 25~30 mm의 엽체로 성장하여, 평균 일간 생장율 0.55~0.73 mm/day을 나타낸다고 할 수 있다.

엽장 10mm군의 곰피 유엽(그림 3-17)은 배양 기간동안 15°C의 온도 조건에서 가장 빠르게 성장하여 배양 5주 후 평균 엽장 38.6 mm에 달하였으며, 12°C 온도 구간에서도 지속적인 길이생장을 보여 배양 5주 후 평균 엽장 39.2 mm의 최고치를 나타내었다. 18°C 온도 구간에서는 배양 2주 후부터 길이생장이 증가하지 않고 일정한 경향을 나타내

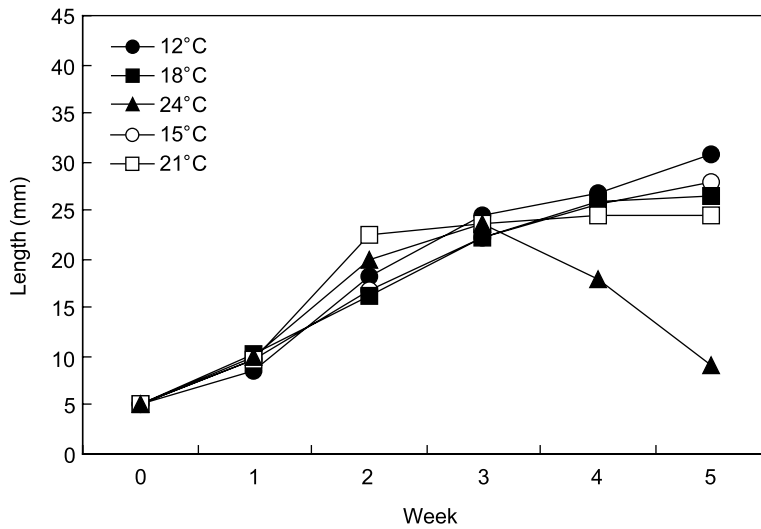


그림 3-16. 곰피 엽장 5mm 군의 온도 구간별 생장.

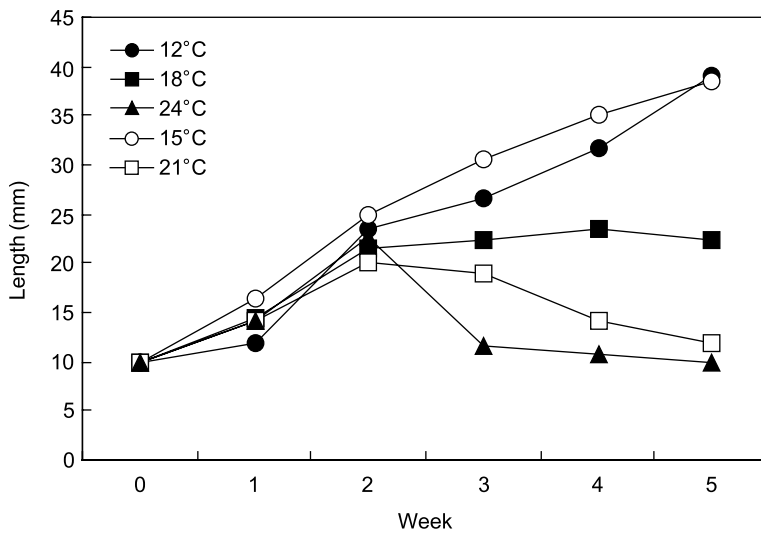


그림 3-17. 곰피 엽장 10mm 군의 온도 구간별 생장.

었으며, 21°C 온도 구간에서는 배양 2주 후 길이생장의 감소를 나타내었다. 또한 24°C 온도 구간에서는 곰피 엽체의 길이생장이 크게 감소하기 시작하여 배양 5주 후 평균 엽

장 9.9mm의 최저치를 나타내었다. 따라서 엽장 10mm군의 곰피 유엽은 12~15°C 온도 범위에서 배양 5주일간 약 39mm의 엽체로 성장하여, 평균 일간 생장율 0.82~0.83 mm/day을 나타낸다고 할 수 있다.

따라서 곰피 엽체의 크기별 온도 내성범위는 엽체의 크기가 작을 수록 보다 넓은 수온 범위에서 적응할 수 있는 것으로 나타났으며 엽장 10mm군을 이용한 경우 수온 조건이 12~15°C가 유지되는 조건하에서는 일간생장율이 가장 높았다.



제4장 가이식

1. 환경조건

적정 가이식장의 환경조건 파악은 수온, DO, 염분도, 유속, pH, 전기전도도, 수중광량 등의 요소들을 전남 완도군 약산면 장용리 시험어장에서 2006년 12월부터 2007년 3월까지 매월 환경 측정치를 모니터링 하였다.

곰피의 가이식은 12월에 실시하여(그림 4-1A) 약 3개월 후 육안적으로 유엽의 발아를 확인할 수 있다(그림 4-1B). 유엽이 발아된 종사는 약 2cm 길이로 잘라 10cm 간격으로 양성로프에 끼워 본양성 시설을 실시하며, 양성 3개월 후에는 엽장 15~20cm의 엽체(그림 4-1C)로 성장하고 약 8개월 후에는 엽장 2m에 달하는 성엽으로 성장하였다(그림 4-1D).

곰피의 가이식 시험이 이루어진 전남 약산의 장용리 어장은 인근에 미역양식이 분포하고 있으며 비교적 내만형 어장임에도 불구하고 유속이 빨라 해수의 유동이 매우 원활한 지역이다.

곰피의 가이식 기간이었던 2006년 12월부터 2007년 3월까지 수온, 염분, 전기전도도 및 용존산소의 농도 변화는 표 4-1과 같다. 즉 수온은 12월부터 2월까지 12.4 ~8.8℃로 점차 감소하였다가 3월부터 9.6℃로 다시 상승하기 시작하였다. 염분농도는



그림 4-1. 곰피의 가이식 및 양성 과정. A : 가이식을 위한 채묘를 달기. B : 가이식 3개월 후 종사에서 자라난 곰피 유엽. C : 양성 3개월 후 곰피 엽체. D : 양성 8개월 후 곰피 엽체.

표 4-1. 가이식 기간 동안 가이식장의 수온, 염분, 용존산소 및 전기전도도

조사일자 (가이식 일수)	수 온 (°C)	염 분 (ppt)	용존산소 (mg/L)	전기전도도 (ms)
2006. 12. 21 (0)	12.4	32.6	7.86	37.84
2007. 1. 4 (14)	11.1	32.8	7.73	36.93
2007. 1. 18 (28)	9.6	31.8	9.39	34.69
2007. 2. 6 (47)	9.7	32.7	8.10	35.66
2007. 2. 15 (56)	8.8	30.6	10.60	32.40
2007. 3. 13 (82)	9.6	32.3	8.56	49.85

32.6~30.6 ppt로 일정한 경향을 나타내었으며 용존산소농도는 2월에 최고치인 10.6 mg/L를 나타내었으며 1월에 최저치인 7.73 mg/L를 나타내었다. 전기전도도는 3월에

최고치인 49.85 ms를 보였으며 이외의 기간 중에는 32.40~37.84 ms의 범위를 나타내었다.

2. 생 장

1) 가이식 시기별 생장

곶피의 가이식 시기별 영향을 알아보기 위하여 2006년 12월부터 15일 간격으로 1차(2006년 12월 21일), 2차(2007년 1월 4일) 및 3차(2007년 1월 18일) 가이식으로 구분하여 2007년 4월까지 매월 생장도를 측정하였다.

가이식 시기별 곶피의 생장은 표 4-2 및 그림 4-2와 같다. 아포체의 부착밀도는 1차 가이식 시기인 12월 중순에 가이식을 실시한 실험구에서는 가이식 56일 후 아포체의 밀도가 15.4 ± 5.5 개/cm였으나 2차 가이식 실험구에서는 16.4 ± 6.1 개/cm 그리고 3차 가이식 실험구에서는 8.4 ± 2.8 개/cm로 나타나 2차 가이식 실험구에서 아포체의 부착밀도가 가장 높은 것으로 나타났다. 아포체의 길이생장은 2차 가이식 실험구에서 가이

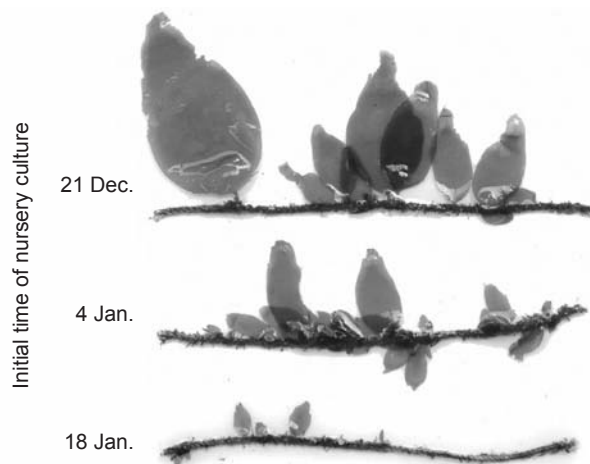


그림 4-2. 곶피의 가이식 시기별 생장.

표 4-2. 가이식 시기별 곰피 아포체의 밀도와 생장

구 분	가이식 시기					
	경과일수	1차 (2006. 12. 21)	경과일수	2차 (2007. 1. 4)	경과일수	3차 (2007. 1. 18)
밀도(개/cm)	0	87.4±21.5	0	48.4±12.3	0	59.1±24.6
엽장(μm)		35.4±26.1		33.4±6.2		37.3±10.8
밀도(개/cm)	14	27.4±11.5	14	37.4±12.8	14	28.4±9.5
엽장(μm)		14.8±3.6		32.5±14.3		85.6±42.7
밀도(개/cm)	28	23.4±5.9	28	29.4±16.4	28	10.4±3.4
엽장(μm)		30.3±26.9		127.9±71.6		112.5±56.8
밀도(개/cm)	47	16.1±3.4	47	17.4±2.8	32	8.9±4.2
엽장(μm)		127.4±50.2		137.6±68.0		195.3±15.0
밀도(개/cm)	56	15.4±5.5	60	16.4±6.1	45	8.4±2.8
엽장(μm)		114.3±55.3		347.2±124.9		240.4±173.2
밀도(개/cm)	82	1.3±1.2	69	3.5±3.6	55	0.6±3.2
엽장(mm)		15.2±2.3		8.9±3.4		5.4±2.5

식 56일 후 $347.2 \pm 124.9 \mu\text{m}$ 로 최고치를 나타내었으며 1차 가이식 실험구에서 $114.3 \pm 55.3 \mu\text{m}$ 로 최저치를 나타내었다. 가이식 82일 후 유엽의 생장도는 그림 4-2와 같이 1차 가이식 실험구의 경우 유엽 부착밀도는 종사 단위cm당 1.3 ± 0.1 개/cm로 가장 작았으며 2차 가이식 실험구의 경우 유엽의 부착밀도가 3.5 ± 0.3 개/cm로 가장 많았다.

유엽의 생장도는 표 4-2과 같이 1차 가이식 실험구에서 가이식 82일 후 $15.2 \pm 2.3 \text{ mm}$ 로 최고치를 보였으며, 2차 가이식 실험구에서는 69일 후 $3.5 \pm 3.6 \text{ mm}$ 그리고 3차 가이식 실험구에서는 55일 후 $0.6 \pm 3.2 \text{ mm}$ 를 나타내었다.

2) 가이식 수심별 생장

가이식 실험은 2006년 12월부터 2007년 3월까지 82일간 전남 완도군 약산면 장용리 시험어장에서 수행되었으며, 환경측정은 수온과 수심별 수중광량을 측정하였다. 수

중광량의 측정은 LI-1400 Data Logger (LI-Cor, USA)를 이용하여 7일 간격으로 수심(0, 0.5, 1, 2, 3m)별로 측정하였으며 측정시마다 5회 측정의 평균값으로 기록하였다. 가이식 수심은 각각 1, 2, 3 및 4m 실험구별로 채묘틀을 수하식으로 시설하였으며, 청각의 생장 및 가이식 효과의 측정은 30일 간격으로 각각의 종사를 10cm 길이로 3개씩 절단하여 종사 10cm의 중량, 엽체의 길이생장 및 1cm 당 아포체 또는 유엽의 수를 측정하였다.

곰피의 가이식 기간 중 수심별 생장도는 표 4-3 및 그림 4-3과 같다. 곰피 아포체의 수심별 실험구의 초기 밀도는 48.4 ± 12.3 개/cm였으며, 가이식 82일 후 각 수심별로 차이를 보여 수심 2m 실험구에서 부착밀도가 3.5 ± 0.4 개/cm로 최고치를 나타내었으며, 수심 1m 실험구에서 부착밀도가 0.3 ± 0.2 개/cm로 최저치를 나타내었다. 곰피 유엽의 생장은 각 수심별로 차이를 보여 가이식 82일 후 수심 2m 실험구에서 엽장이 15.9 ± 3.4 mm로 최고치를 나타내었으며, 수심 1m 실험구에서 1.2 ± 4.4 로 최저치를 나타내었다. 따라서 곰피의 가이식 기간 중 유엽의 발달을 위한 최적 가이식 수심은 그림 4-3과 같이 수심 2m→1.5m의 순인 것으로 나타났다.



그림 4-3. 곰피의 가이식 수심별 생장.

표 4-3. 가이식 수심별 곰피 아포체의 밀도와 생장

가이식 일 수	구 분	가이식 수심(m)				
		1	1.5	2	2.5	3
0	밀도(개/cm)			48.4±12.3		
	엽장(μm)			23.4±6.2		
14	밀도(개/cm)	3.4±1.5	13.3±3.8	37.4±12.8	35.5±13.0	16.1±9.1
	엽장(μm)	25.0±10.5	10.0±11.9	32.5±14.3	28.3±15.9	31.3±28.2
33	밀도(개/cm)	1.6±0.9	11.1±4.2	29.4±16.4	27.5±17.5	13.8±6.4
	엽장(μm)	65.5±21.1	159.2±60.2	127.9±71.6	156.0±45.8	94.0±24.6
42	밀도(개/cm)	0.5±0.2	11.0±5.1	17.4±2.8	15.5±6.1	11.4±4.8
	엽장(μm)	58.0±15.4	73.2±13.3	137.6±68.0	162.9±25.5	125.5±42.4
68	밀도(개/cm)	0.5±0.1	6.8±3.4	16.4±6.1	7.4±6.9	3.1±2.0
	엽장(μm)	107.9±42.5	283.5±50.4	347.2±224.9	190.5±121.2	146.2±71.5
82	밀도(개/cm)	0.3±0.2	1.4±0.2	3.5±0.4	2.3±0.2	0.5±0.3
	엽장(mm)	1.2±4.4	9.5±1.6	15.9±3.4	8.1±2.7	3.5±1.6

표 4-4. 곰피의 가이식 수심별 일간생장율

구 분	가이식 생장도				
	수 심 (m)	가이식 시작시 엽장(mm)	가이식 종료시 엽장(mm)	가이식 기간 (일)	일간생장율 (mm/day)*
가이식	1.0	0	1.2±0.4	82	0.014±0.005a
	1.5	0	9.5±1.6	82	0.116±0.020b
	2.0	0	15.9±3.4	82	0.194±0.041c
	2.5	0	8.1±2.7	82	0.099±0.033b
	3.0	0	3.5±1.6	82	0.042±0.019a

*모든 수치는 3반복 실험구의 평균과 표준편차로 표시하였음. 각각의 첨자는 *a posteriori* Fisher's LSD test 결과 유의함 ($p < 0.01$)

가이식 수심별 일간생장율은 표 4-4와 같이 수심 2m 구간에서 0.194 ± 0.041 mm/day로 가장 높았으며, 수심 1.5m 구간에서 0.116 ± 0.020 mm/day 및 수심 2.5m

표 4-5. 가이식 기간중 출현한 해적생물

출현종	월 2007			
	1	2	3	4
해조류				
<i>Enteromorpha linza</i> (잎파래)		+	+	
<i>Ulva pertusa</i> (구멍갈파래)	+	+	+	+
<i>Petalonia fascia</i> (개미역쇠)			+	
<i>Acrosorium polyneurum</i> (잔금분홍잎)		+		
<i>Lomentaria catenata</i> (마디잘록이)		+		
<i>Lomentaria hakodatensis</i> (애기마디잘록이)			+	+
<i>Polysiphonia morrowii</i> (모로우붉은실)	+	++	+++	+
규조류 및 기타 해적생물				
<i>Navicular</i> sp.	+	+	+	+
<i>Caprella</i> sp.	+	++	++	++
<i>Gammaropsis</i> sp.	+	+	+	+
Hydrozoans		+		
Mud		+	+	+

구간에서 $0.099 \pm 0.033 \text{ mm/day}$ 의 순으로 나타났다.

3. 해적생물

가이식 기간 중 곶피 채묘틀의 종사에 출현한 해적 생물상을 조사하였다. 해적생물은 해조류, 요각류, 규조류 및 빨질 등이 주를 이루었으며, 30일 간격으로 해적생물의 출현 빈도와 발생량을 분석하였다.

곶피의 가이식 기간 중 채묘틀 및 종사에 출현한 해적생물은 표 4-5와 같다. 1월에는 구멍갈파래와 모로우붉은실 등이 출현하였으며 *Caprella* sp.가 출현하기 시작하였다. 2월에는 모로우붉은실의 밀도가 더욱 높아졌으며 잎파래와 구멍갈파래, 잔금분홍잎, 마

디잘룩이 등이 출현하였고, *Caprella* sp.가 전달 보다 많은 밀도로 출현하였다. 3월에는 모로우붉은살의 밀도가 가장 높았으며 개미역쇠와 애기마디잘룩이가 새로이 출현하였다. 4월에는 구멍갈파래와 *Caprella* sp.가 높은 밀도로 출현하였다. 종사에 덮인 빨질은 1월부터 지속적으로 출현하였다. 따라서 곰피의 가이식 기간 중 출현한 해조류는 7종이었으며 규조류와 동물을 포함하여 모두 11종의 해적생물이 출현하였다.



제5장 양 성

1. 환경조건

적정 양성 어장의 환경조건 파악은 수온, DO, 염분도 및 전기전도도와 수중광량의 요소들을 전남 완도군 약산면 장용리 시험어장에서 2006년 3월부터 2007년 6월까지 매월 환경 측정치를 모니터링 하였다. 곰피의 양성 기간중 수중광량과 수심의 관계 표준화를 위하여 수중광량의 측정은 Li-Cor(LI-1400)을 이용하여 5회 측정한 값의 평균치를 구하였다. 광량측정 센서는 구형센서(LI-193, Spherical quantum sensor)를 이용하였다.

어장별 환경 조사는 전남 완도군 약산면 장용리 시험 어장에서 2006년 3월부터 2007년 6월까지 매월 환경 측정치를 모니터링 하였다(표 5-1). 양성 기간 중 수온은 8.80~25.6°C의 분포를 나타내었으며, 2007년 2월에 가장 낮은 8.8°C를 보였고, 2006년 8월에 가장 높은 25.6°C를 나타내었다. 염분농도는 29.7~33.6 ppt의 분포를 나타내었으며, 2006년 7월에 가장 낮은 29.7 ppt를 나타내었고, 2006년 4월에 가장 높은 33.6 ppt를 나타내었다. 용존산소의 농도는 매우 변화가 심하였으며 4.51~10.60 mg/L의 분포를 나타내었다. 계절별로는 겨울철에 용존산소의 농도가 높았으며 여름철에 낮은 농도를 보였다. 전기전도도는 32.4~49.85 ms의 분포를 나타내었다.

표 5-1. 곰피의 양성 기간 중 양성장의 환경자료

월	수 온 (°C)	염 분 (ppt)	용존산소 (mg/L)	전기전도도 (ms)
2006 M	8.90	32.30	6.95	37.80
A	10.80	33.60	8.55	37.11
M	13.00	33.30	8.08	38.97
J	17.10	31.90	7.22	48.70
J	20.80	29.70	6.33	42.23
A	25.60	31.40	4.51	48.10
S	23.40	30.50	6.44	45.39
O	20.30	30.30	6.28	42.25
N	15.50	32.60	6.59	40.78
D	12.40	32.60	7.86	37.84
2007 J	10.00	32.10	6.55	35.30
F	8.80	30.60	10.60	32.40
M	9.60	32.30	8.56	49.85
A	12.00	33.40	8.20	38.35
M	15.80	33.10	7.46	41.56
J	19.40	33.50	7.09	45.44

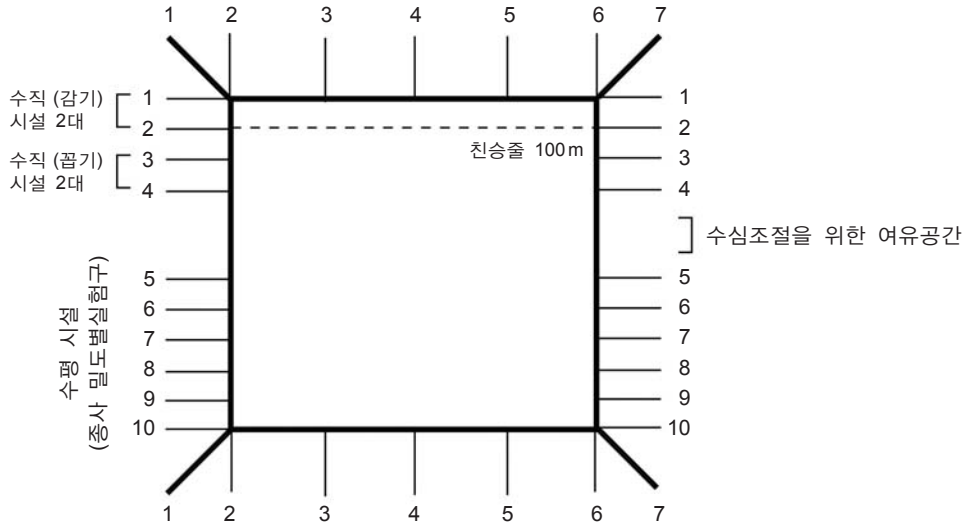
2. 생 장

1) 곰피의 양성 생장

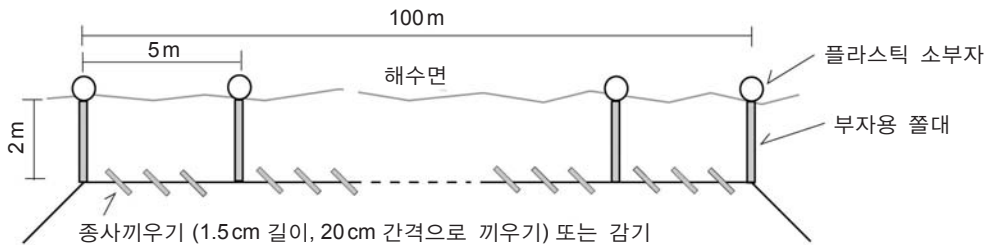
양성 실험은 2006년 3월부터 2007년 6월까지 전남 완도군 약산면 장용리 시험어장에서 실시하였으며, 양성 시설은 수평 연승식으로 본 양성 로프는 수심 2m에 위치하도록 부자의 길이를 조절하였다. 매월 엽체의 생장도는 엽장, 엽폭, 엽중량, 주지길이, 엽면적, 포복지로부터의 신생엽체 수 및 길이 그리고 단위 m당 현존량과 개체수를 측정하였다.

곰피의 양성실험은 그림 5-1과 같이 수평식 및 수직식으로 시설하였다. 곰피의 수평식 양성 생장도의 월별 변화는 그림 5-2과 같다. 곰피의 엽장(그림 5-2A)은 2006년 5월

1. 양식시설 세트 구조



2. 연승로프의 수평시설



3. 연승로프의 수직시설

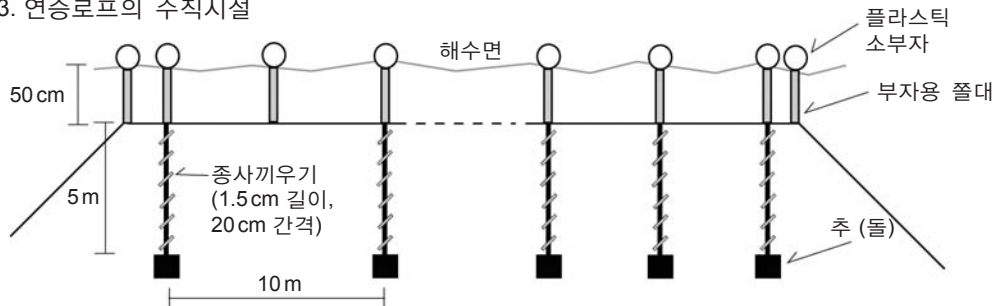


그림 5-1. 곶피 양식시설(수평식 및 수직식).

부터 빠르게 성장하기 시작하여 8월에 길이생장이 감소하였다가 10월부터 길이생장이 증가하는 경향을 나타내었다. 이러한 길이생장의 증가는 2007년 4월까지 지속적으로

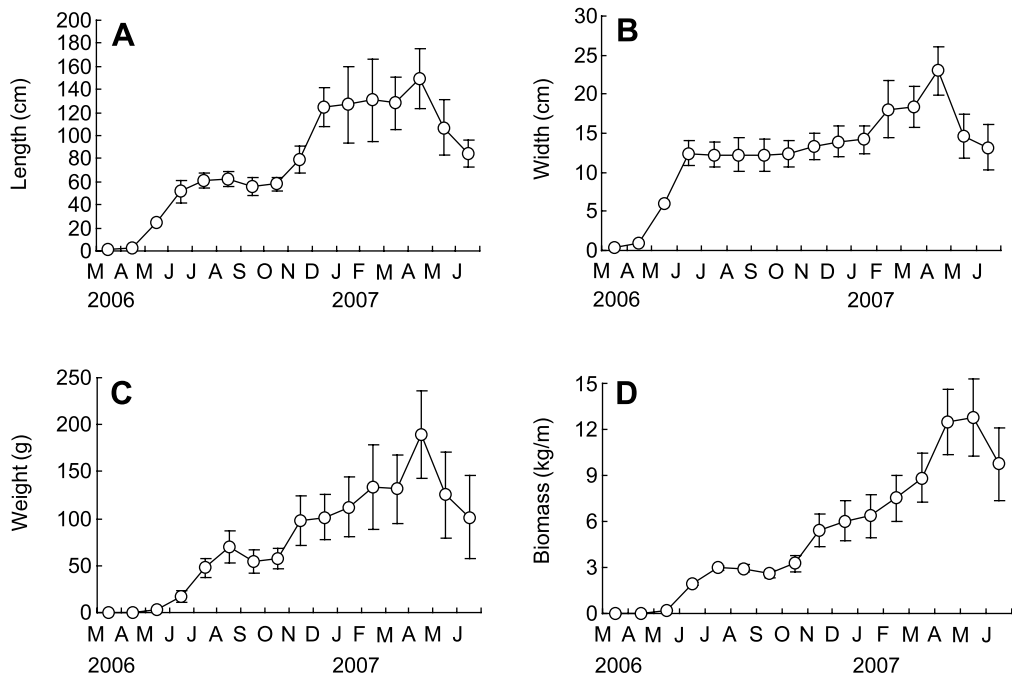


그림 5-2. 곰피의 월별 양성 생장도. A: 엽장(cm). B: 엽폭(cm). C: 엽중량(g). D: 단위m당 현존량(kg/m)

증가하여 최고 149.3 ± 26.2 cm를 나타내었으며 이후 수온의 증가와 함께 엽장이 감소하는 경향을 나타내었다. 곰피의 엽폭(그림 5-2B)은 2006년 6월까지 빠르게 증가하여 12.4 ± 1.6 cm를 나타낸 이후 2007년 1월까지 14.2 ± 1.8 cm로 큰 차이를 나타내지 않았으나 2월부터 다시 엽폭이 증가하기 시작하여 4월에 최고치인 23.0 ± 3.1 cm를 나타내었다. 엽중량(그림 5-2C)은 2006년 3월부터 2007년 4월까지 꾸준히 증가하여 2007년 4월에 최고치인 188.9 ± 46.5 g을 보였으며 5월부터 다시 감소하는 경향을 나타내었다. 양성 로프의 단위m당 곰피의 현존량(그림 5-2D)은 2006년 3월부터 꾸준히 증가하는 경향을 보여 2007년 5월에 최고치인 12.7 ± 7.1 kg/m를 나타내었다.

따라서 곰피의 양성 생장도는 1년생의 경우 6~7월에 길이생장이 최대에 달하였다가 10월까지 엽장이 감소하는 경향을 보였으며 11월부터 끝녹음 속도보다 생장속도가 빨라져 길이생장이 증가하는 것으로 나타났다.

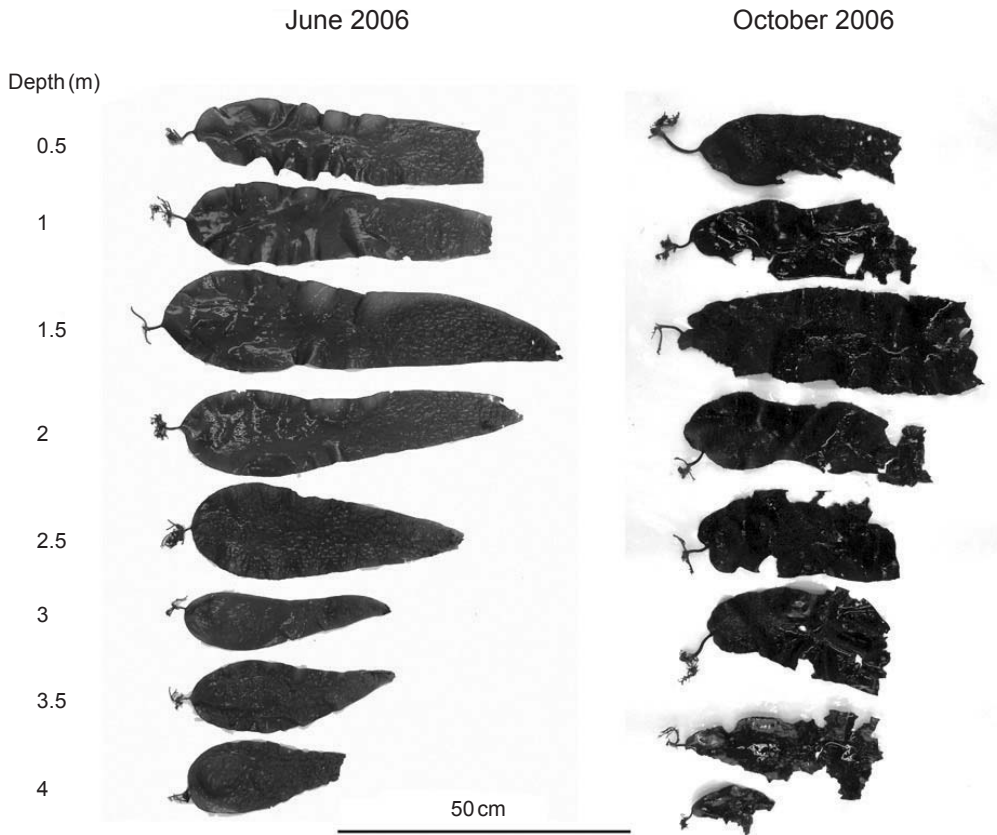


그림 5-3. 곶피의 양성수심별 생장(2006년 6월 및 10월).

2) 양성 수심별 생장

양성 수심별 곶피의 생장도는 2006년 3월부터 2006년 10월까지 수직 연승을 이용하여 수심 0.5~4m까지 0.5m 간격으로 구분하여 각각의 수심에서 곶피 엽체의 생장도를 비교하였다. 생장도의 측정은 엽장, 엽폭, 주지길이, 신생엽체의 수 및 길이, 포복지의 수 및 길이를 측정하였으며 50cm 내에 부착된 모든 곶피의 현존량을 해당 수심에서의 단위m당 현존량으로 환산하였다. 모든 생장도의 측정은 매월 2개씩의 수직 연승을 수거하여 반복 실험구로 사용하였다.

2006년 5월부터 10월까지 곶피의 주 생장시기 동안 수직식 양성 실험결과 6월과 10

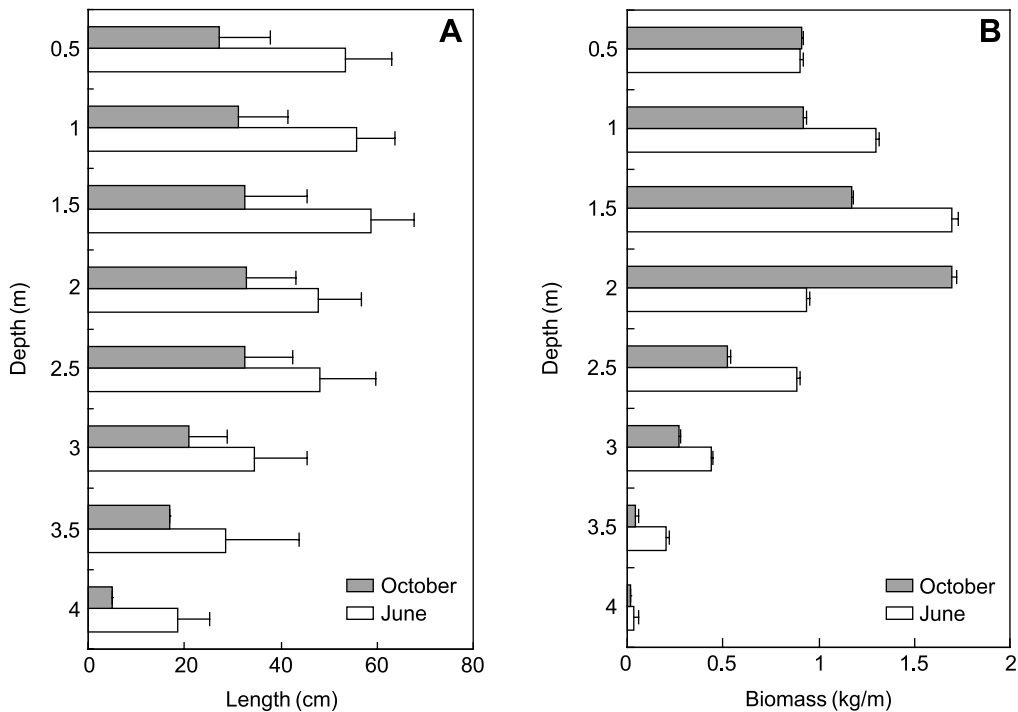


그림 5-4. 곱피 양성수심별 길이생장 (A) 및 단위m당 생체량 (B).

월의 각 수심별 곱피 엽체의 생장은 그림 5-3 및 그림 5-4와 같다. 즉 길이생장은 6월에 최대생장에 도달하였으나 이후 끝녹음이 일어나 길이생장이 감소하며 10월이 되면 엽체의 비후도가 증가하기 시작하여 생체량이 증가하는 것으로 나타났다. 6월에는 1.5m 실험구에서 길이생장 및 생체량이 가장 높은값을 보였으나 10월에는 2m 실험구에서 가장 높은 $1.7 \pm 0.01 \text{ kg/m}$ 의 생체량을 보였다.

각 수심별 곱피의 길이생장은 그림 5-5A와 같이 6월에 수심 1.5m 실험구에서 $58.7 \pm 9.1 \text{ cm}$ 로 최고치를 보였으며 수심 3m 실험구에서 $34.5 \pm 11.2 \text{ cm}$ 로 최저치를 보였다. 7월 이후에는 3m 실험구를 제외하고 1.5~2.5m 실험구에서 길이생장 차이는 유의한 차이를 보이지 않았다.

곱피의 각 수심별 단위m당 생체량 변동은 그림 5-5B와 같이 6월과 7월에는 수심 1.5m 실험구에서 최고치를 나타내었으나 8월부터 2m 실험구에서 가장 높은 값을 나타내

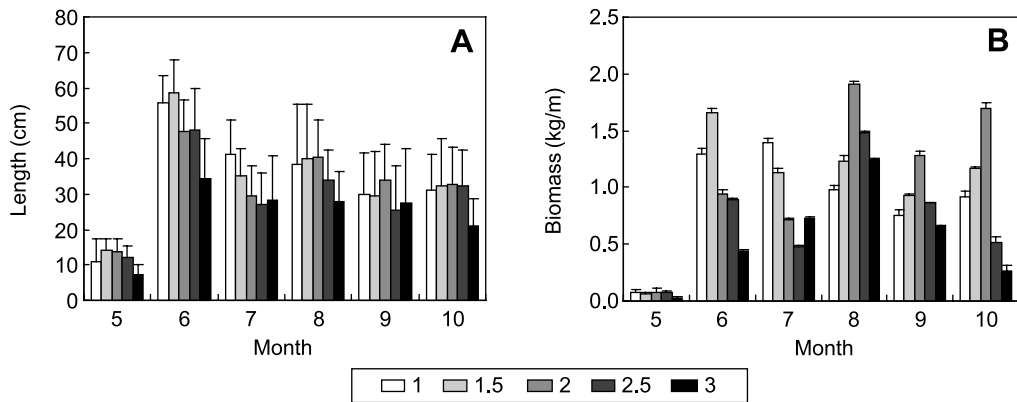


그림 5-5. 곶피의 양성수심별 생장. A: 엽장(cm±SD). B: 단위m당 생체량(kg±SD).

표 5-2. 곶피의 양성 수심별 일간생장율

구 분	양성 생장도				
	수 심 (m)	양성 시작시 엽장 (mm)	양성 종료시 엽장 (mm)	양성 기간 (일)	일간생장율 (mm/day)*
양 성	0.5	8.0±4.5	533.0±96.5	120	4.375±0.763 ^a
	1.0	8.0±5.2	557.5±77.7	120	4.579±0.606 ^e
	1.5	8.0±4.7	587.0±90.6	120	4.825±0.713 ^f
	2.0	8.0±5.0	477.5±88.5	120	3.913±0.696 ^d
	2.5	8.0±4.5	481.5±115.0	120	3.946±0.917 ^d
	3.0	8.0±4.8	344.5±111.2	120	2.804±0.885 ^c
	3.5	8.0±5.2	283.8±153.5	120	2.298±1.238 ^b
	4.0	8.0±5.1	185.0±66.6	120	1.475±0.513 ^a

*모든 수치는 3반복 실험구의 평균과 표준편차로 표시하였음. 각각의 첨자는 *a posteriori* Fisher's LSD test 결과 유의함($p < 0.01$)

기 시작하여, 10월에는 2m 실험구에서 생체량이 1.7 ± 0.01 kg/m로 가장 높았고 1.5 m, 1m, 2.5m, 및 3m의 순으로 낮은 값을 보였다.

각 수심별 일간생장율은 표 5-2와 같이 수심 1.5m 구간에서 4.825 ± 0.713 mm/day로 가장 높았으며, 수심 1m 구간에서 4.579 ± 0.606 mm/day 그리고 수심 0.5m 구간에서 4.375 ± 0.763 mm/day의 순으로 나타났다.

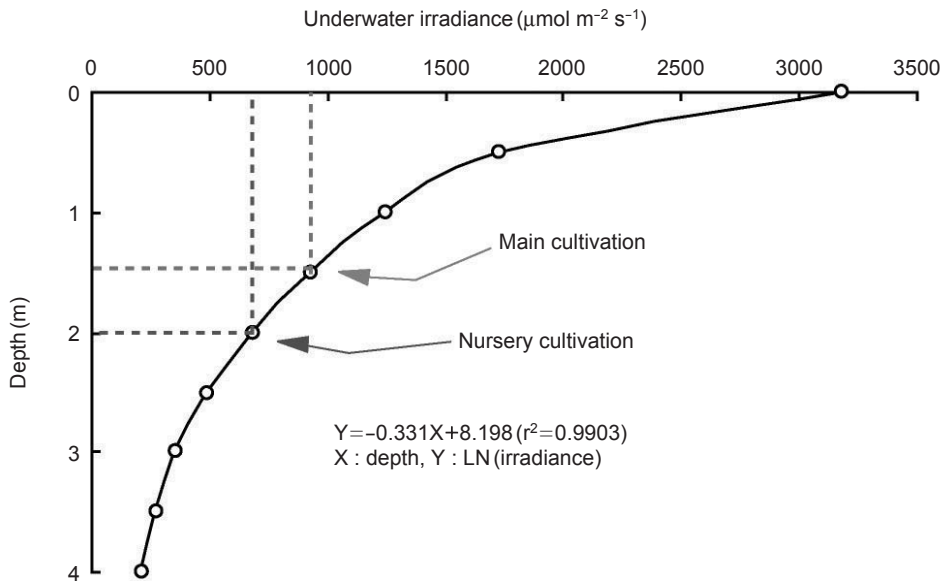


그림 5-6. 곶피의 생육단계별 적정수심과 수중광량.

3) 양성 수심별 수중광량의 표준화

곶피의 양성 기간 중 수심별 수중광량의 평균값은 그림 5-6과 같이 일반화 할 수 있다. 이때의 수중광량을 자연로그값으로 치환하여 수심과의 상관관계를 구해보면 아래와 같이 표시할 수 있다.

$$\text{“수중광량}(Y) = -0.331X + 8.198 (r^2 = 0.9903)\text{”}$$

따라서 곶피 가이식 기간 중 적정 수심인 2m의 경우 평균 수중광량이 $671 \pm 377 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 이었으며, 양성 기간 중 적정 수심인 1.5m의 경우 평균 수중광량이 $925 \pm 341 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 인 것으로 나타났다.

3. 해적생물

2006년 4월부터 2006년 12월까지 양성 기간 중 곶피 양성로프에 출현한 곶피 이외

표 5-3. 양성 기간 중 출현한 해적생물

출현종	월 2006											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
해조류												
<i>Enteromorpha linza</i> (잎파래)			+						+			
<i>Ulva pertusa</i> (구멍갈파래)	+	+						+	+			
<i>Cladophora japonica</i> (큰대마디말)								+				
<i>Codium fragile</i> (청각)		+	+	+	+							
<i>Petalonia fascia</i> (개미역쇠)		+	+									
<i>Grateloupia turuturu</i> (미끌지누아리)		+						+	+	+		
<i>Graateloupia lanceolata</i> (개도박)			+									
<i>Acrosorium polyneurum</i> (잔금분홍잎)					+							
<i>Lomentaria catenata</i> (마디잘록이)				+								
<i>Lomentaria hakodatensis</i> (애기마디잘록이)	+			+	+							
<i>Gracilaria chorda</i> (개꼬시래기)								+	+			
<i>Polysiphonia morrowii</i> (모로우붉은실)	+		+	+	+	+						
규조류 및 기타 해적생물												
<i>Navicular</i> sp.	+	+		+	+							
<i>Caprella</i> sp.	++	+	++	++	+	+						
<i>Gammaropsis</i> sp.	+	+	++	++	+							
<i>Obelia</i> sp.		+	++	++	++	+						
이끼벌레류				+	++	++	+	+				
Hydrozoans			+	++	+	+	+					
진주담치		+										
미더덕					+	++	+	+	+			
오만둥이					+	++	+	+	+			
유령멍게					+	++	+					
굴							+					
Mud	+		+	+	+	+						

의 해적생물상을 조사하였다. 해적생물은 해조류, 요각류, 규조류 및 뽕질 등이 주를 이루었으며, 1개월 간격으로 해적생물의 출현 빈도와 발생량을 분석하였다.

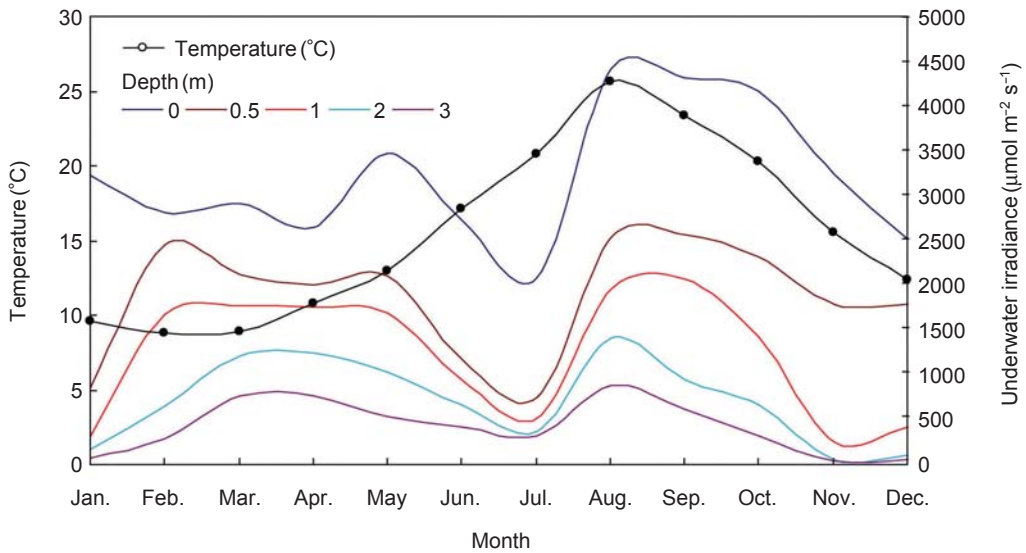


그림 5-7. 곰피의 가이식 및 양성 기간 중 수온 및 수심별 수중광량.

양성 기간 중 곰피의 양성 로프에 출현한 해적생물은 표 5-3과 같이 총 24종으로 나타났다으며, 이 가운데 해조류는 12종이었고 기타 해적생물은 12종으로 나타났다. 해조류 가운데는 모로우 붉은실, 구멍갈파래 및 미끌지누아리의 출현빈도가 가장 많았으며 5월부터 8월까지 부착 해조류의 출현종수는 4~5종으로 나타났으며 이 외의 시기동안은 1~3종으로 나타났다. 기타 해적생물의 출현양상은 주로 6월부터 9월까지의 시기동안 출현종수와 생물량이 가장 많았다. 또한 7월부터 9월의 시기에는 기타 해적생물의 출현종수가 7~10종에 달하였으며, 8월에 출현종수가 10종으로 가장 많았다.

4. 양식과정 요약

곰피의 인공채묘 조건과 가이식 및 양성 조건을 도표화 하여 곰피 양식의 매뉴얼을 작성하였다.

전남 완도군 약산면 지역에서 곰피의 가이식 및 양성 과정중 수온의 변화와 각 수심

표 5-4. 곶피의 양식 단계별 성장과 수중광량과의 관계

구 분	양성 성장도					수심과 수중광량의 관계
	수 심 (m)	시작시 엽장 (mm)	종료시 엽장 (mm)	기 간 (일)	일간생장율 (mm/day)*	
가이식	1.0	0	1.2±0.4	82	0.014±0.005 ^a	Y=-0.47x+8.40 (r ² =0.99)
	1.5	0	9.5±1.6	82	0.116±0.020 ^b	
	2.0	0	15.9±3.4	82	0.194±0.041 ^c	
	2.5	0	8.1±2.7	82	0.099±0.033 ^b	
	3.0	0	3.5±1.6	82	0.042±0.019 ^a	
양 성	0.5	8.0±4.5	533.0±96.5	120	4.375±0.763 ^e	Y=-0.26x+8.14 (r ² =0.98)
	1.0	8.0±5.2	557.5±77.7	120	4.579±0.606 ^e	
	1.5	8.0±4.7	587.0±90.6	120	4.825±0.713 ^f	
	2.0	8.0±5.0	477.5±88.5	120	3.913±0.696 ^d	
	2.5	8.0±4.5	481.5±115.0	120	3.946±0.917 ^d	
	3.0	8.0±4.8	344.5±111.2	120	2.804±0.885 ^c	
	3.5	8.0±5.2	283.8±153.5	120	2.298±1.238 ^b	
	4.0	8.0±5.1	185.0±66.6	120	1.475±0.513 ^a	

*모든 수치는 3반복 실험구의 평균과 표준편차로 표시하였음. 각각의 첨자는 *a posteriori* Fisher's LSD test 결과 유의함(p<0.01)

별 수중광량의 월별 변화는 그림 5-7과 같다. 수온 변화는 8.8~25.6°C까지 변화하였으며 최고 수온은 8월에 그리고 최저 수온은 2월에 각각 기록되었다. 표층 조도의 최대치는 8월 그리고 최저치는 7월에 각각 기록되었다.

곶피의 가이식 및 양성 기간 중 각 수심별 성장율과 수심과 수중광량과의 관계는 표 5-4와 같다. 가이식 82일 후 곶피의 일간생장율은 수심 2m 실험구에서 0.194±0.041 mm/day로 가장 높았으며, 이 시기의 수중광량은 671±377 μmol m⁻² s⁻¹로 측정되었다. 곶피의 가이식 기간 중 수심과 수중광량간의 관계는 Y=-0.47x+8.40(r²=0.99)의 식으로 표준화할 수 있다(표 5-4).

곶피의 양성 기간 중 일간생장율은 수심 1.5m 실험구에서 120일 후 4.825±0.713

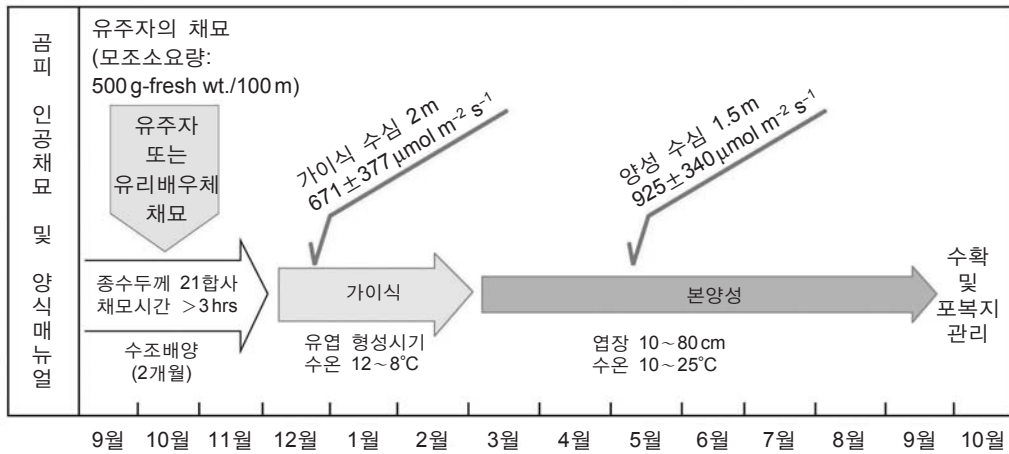


그림 5-8. 곰피의 양식 매뉴얼.

표 5-5. 곰피의 단위 면적당 생산량 및 생산액 추정

양성기간 (년)	수 심 (m)	생체량* (kg-fresh wt./m)	생산량** (kg-fresh wt./ha)	타 해조류 (kg-fresh wt./ha)	
				미 역***	다시마***
1	1	0.6±0.1	1,200	28,000	36,000
	1.5	3.2±0.2	6,400		
	2	0.9±0.1	1,800		
	3	0.5±0.1	1,000		
2	1.5	12.4±1.4	24,800	—	—

*3반복 실험구의 평균값과 표준편차

**ha당 양성로프의 간격은 5m(20대) 기준

***주요양식품종 어가별 소득자료집(해양수산부, 2002) 기준

mm/day로 가장 높았으며, 이 시기의 수중광량은 $925 \pm 340 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 로 측정되었다. 곰피의 양성 기간 중 수심과 수중광량간의 관계는 $Y = -0.26x + 8.14$ ($r^2 = 0.98$)의 식으로 표준화할 수 있다(표 5-4).

따라서 곰피의 대량양식을 위한 적정 가이식 및 양성 조건은 그림 5-8과 같이 요약할 수 있다. 곰피 양성 과정 중 적정 수중광량 조건을 이용하여 단위면적당 생산 가능한 양

식수확량을 추정한 결과는 표 5-5와 같다. 당년생 곶피의 양성실험 결과 수심 1.5m 실험구에서 얻어진 3.2 kg-fresh wt./m를 이용하여 단위면적 1 ha당 20대를 시설하였을 경우, 곶피의 생산량은 6,400 kg-fresh wt./ha로 추정할 수 있다. 그리고 2년생 곶피를 수심 1.5m에서 양성하면 24,800 kg-fresh wt./ha로 생체량이 3배 이상 증가하게 된다. 이러한 생산량은 미역의 ha당 생산량 28,000 kg-fresh wt./ha와 거의 같은 수준이며, 다시마의 ha당 생산량 36,000 kg-fresh wt./ha의 약 75% 수준에 해당되어 단위 ha당 생산량이 매우 높아 전복먹이 공급원으로 충분히 경쟁력이 있을 것으로 보인다. 뿐만 아니라 곶피는 다년생 해조류로 매년 양성을 위한 종묘생산이나 시설을 새로 하지 않아도 되므로 기존의 전복먹이의 주류를 이루고 있는 미역 및 다시마보다도 전복 양식 산업의 경제성제고에 오히려 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.



제6장 먹이효율

1. 전복 급이시 먹이효율

전복의 생산은 인공종묘를 생산하여 연안암초지대에 방류하여 일정기간이 경과된 후 성장한 상품크기의 것을 수확하는 방양방식이나 육상수조식 또는 채롱 수하식으로 양식되어 왔다. 그러나 최근 전복 대량생산에 대한 관심이 높아짐에 따라 전복을 대단위 해상가두리에서 양성하는 곳이 현저히 증가되고 있는 실정이다. 전복의 대량양식에 있어 가장 중요하게 고려되어야 할 것은 대상종에 적합한 서식환경, 질병에 대한 저항성, 성장 효과를 높일 수 있는 먹이공급이다. 이러한 외적 요인들 중 환경이나 질병은 자연 환경에 의존적인 인자인 반면에, 먹이는 양식어가들 스스로 자급 조절할 수 있는 부분이다. 특히 먹이는 전복 양식 경영비의 절반 이상을 차지하는 매우 중요한 요소로서 값싸고 질 좋은 먹이의 안정적 확보가 전복 양식의 성패를 좌우할 수 있는 중요한 요인이 된다.

전복류의 초기 먹이에 대해서는 Ioriya and Suzuke(1987), Ohgai *et al.* (1991), 한 (1994)이 연구한 바 있다. 전복 종묘생산은 부착기 이후부터 부착규조가 붙은 파판에 전복유생을 부착시켜 규조를 주 먹이로 사육하여 각장 1 cm 전후로 키운 후에는 파판에서 박리하여 중간육성하거나 양성하고 있다. 전복 육성용 먹이는 주로 미역, 파래, 다시

마와 같은 천연 먹이를 급이하다가, 여름철 고수온기에 생먹이들이 소실되면 번무기에 건조시켜 놓은 건미역이나 건다시마를 주먹이로 급이하고 있는 실정이다. 이러한 천연 먹이의 공급은 일정부분 해황의 영향에 따라 상시 수급의 불안정성을 가지고 있으나, 천연먹이의 확보가 양어가들 스스로 가능하여 배합사료와 같은 대체사료를 사용하는 것 보다 양식경영에 있어 높은 경쟁력을 확보할 수 있기 때문에 대부분의 전복양식 어가들은 전복양식에 필요한 천연먹이를 자급하고 있는 실정이다.

기존의 천연먹이인 미역 및 다시마는 우리나라 해황에서는 여름철 고수온기에 모두 소실되게 되어 여름철 고수온기 동안 안정적인 충분한 전복먹이 공급이 현실적으로 어려웠다. 그래서 여름철 고수온기 동안 안정적인 전복 먹이원으로 활용할 수 있는 곶피의 양식기술이 개발되게 되었다. 그러나 곶피에 대한 전복의 정확한 먹이 효율에 관한 검토가 이루어져 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 해상가두리에서 참전복을 대상으로 곶피와 다시마 및 미역 먹이 공급에 따른 전복의 성장, 생존율, 일간생장을 및 일간사망율 등을 비교분석하여 곶피의 전복먹이 효율성을 평가하고자 하였다.

1) 시험재료 및 방법

가. 실험 전복 및 사육관리

실험 전복은 2006년 10월에 입식되어 관리해온 각장 7.5~8.1 cm(체중 47~53 g)인 참전복을 선별하여 6개의 실험구(소형가두리 1×1×0.7 m; 2개 곶피 급이구, 2개 다시마 급이구, 2개 미역 급이구)에 100마리씩 임의 수용하여 2008년 1월부터 4월까지 120일간 전남 완도군 약산면 장용리어촌계 지전에서 일반 양성 사육하였다. 은신처는 실험전복이 충분히 부착할 수 있는 크기의 것을 각 실험구에 1개씩 넣어주었다. 먹이공급과 공급량은 각 실험구에 항상 신선한 먹이가 충분히 남아있을 정도로 평균 1주일에 1회씩 공급하였다. 가두리는 실험개시 전에 깨끗하게 세척을 실시한 후 실험을 실시하였으며, 실험동안 추가적인 청소는 실시하지 않았다.

나. 먹이

실험에 사용한 먹이는 곰피와 다시마를 공급하였는데, 이들은 가두리 양식장 부근에서 양식된 양식산이었다.

다. 조사항목

전복의 성장은 실험 개시시와 종료시 각장, 전중을 측정 분석하였으며, 길이측정은 1 mm까지 잴 수 있는 캘리퍼로, 무게측정은 0.1g까지 잴 수 있는 전자식지시저울을 사용하였다. 생존율은 실험 개시시 개체수에서 실험 종료시 생존한 개체수를 뺀 값을 백분율로 나타내었다. 일간성장량은 浮(1981)와 菊地 等(1967)의 방법에 의해 구하였고, 일간사망율은 池 等(1988)의 방법을 따랐다.

라. 통계처리

사육결과는 SPSS for Window(SPSS Inc., 2003) program으로 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)로 평균간의 유의성을 검정하였다.

2) 시험결과

가. 전복의 성장 및 일간성장율

사육시험 개시시 전복의 평균 각장은 73.5 ± 3.2 mm이었는데, 사육시험 종료시 먹이 급이 종류에 따른 전복 각장의 성장은 표 6-1과 같다. 각장의 최대성장은 다시마 급이구에서 평균 87.7 ± 8.4 mm로 가장 높게 나타났고, 최소성장은 곰피 급이구에서 평균 85.2 ± 7.2 mm로 가장 낮았다. 즉, 미역 급이구와 곰피 급이구에서 전복각장의 성장차는 유의한 수준이 아니었으나, 다시마 급이구와는 유의한 성장차를 보이는 것으로 분석되었다. 그리고 각장의 일간생장은 곰피 급이구에서 0.098 mm/day로 가장 낮았으며, 다시마 급이구에서 0.118 mm/day로 가장 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 전복의 각

표 6-1. 120일간 해조류 먹이종류별 급이실험에 따른 참전복의 생장¹

실험구	시작시 패각길이 (mm)	종료시 패각길이 (mm)	패각의 일간증가율 (mm · day ⁻¹)
곰 피	73.5±3.4 ^a	85.2±7.2 ^a	0.098 ^a
다시마	73.5±2.7 ^a	87.7±8.4 ^b	0.118 ^b
미 역	73.5±3.2 ^a	86.1±6.9 ^a	0.105 ^a

¹All values (mean±standard deviation of two replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different $p < 0.05$

표 6-2. 120일간 해조류 먹이종류별 급이실험에 따른 참전복의 증중량¹

실험구	시작시 중량 (g)	종료시 중량 (g)	증중량 ² (%)	일간증중율 (g · day ⁻¹)
곰 피	49.2±3.1 ^a	75.4±5.6 ^a	153.25±7.6 ^a	0.21 ^a
다시마	49.2±3.5 ^a	78.5±4.3 ^b	159.55±6.8 ^b	0.24 ^b
미 역	49.2±2.8 ^a	76.2±3.8 ^a	154.87±5.1 ^a	0.22 ^a

¹All values (mean±standard deviation of two replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different $p < 0.05$

²(final weight-initial weight)×100

장 성장에 있어 다시마>미역>곰피 순의 먹이효율을 의미한다 하겠다. 즉, 곰피의 경우 전복의 각장 성장에 있어 다시마보다는 약간 뒤지는 성장효율을 보였으나, 미역과는 거의 동일한 성장효율을 보이는 것으로 나타나 곰피도 전복 양성을 위한 먹이로 다시마나 미역과 비교할 때 결코 뒤지지 않는 먹이효율성을 갖는 것으로 평가되었다.

사육시험 개시시 전복의 평균 무게는 49.2±3.1g이었고, 사육시험 종료시 먹이 급이 종류에 따른 전복 무게의 변화는 표 6-2와 같다. 전중의 성장은 시험구간 모두에서 153~160% 이상의 성장값을 보였다. 시험구중 전중의 최대 성장은 다시마 급이구에서 78.5±4.3g로 가장 높았고, 최소 성장은 곰피 급이구에서 75.4±5.6g의 값이었다. 먹이 급이 종류에 따라 전복 무게 증가는 차이를 보였는데 양상은 각장의 성장차와 동일한 양상으로 다시마>미역>곰피 순이었다. 전중의 일간 생장은 0.21~0.24g으로 먹이

표 6-3. 120일간 해조류 먹이종류별 급이실험에 따른 참전복의 생존율¹

실험구	시작시 생존율 (%)	종료시 생존율 (%)	일간생존율 (% · day ⁻¹)
곰 피	100 ^a	97.5±1.8 ^a	0.021 ^a
다시마	100 ^a	98.2±3.1 ^a	0.015 ^a
미 역	100 ^a	96.5±2.9 ^a	0.023 ^a

¹All values (mean±standard deviation of two replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different $p < 0.05$

급이 종류에 따라 차이를 나타냈다. 전중의 일간 생장 다시마에서 0.24g으로 미역 급이 구 및 곰피 급이구 보다 유의하게 높은 것으로 나타났으나, 미역과 곰피는 유의한 차이 없이 비슷한 일간 생장을 보이는 것으로 분석되었다.

나. 전복의 일간생존율

사육실험 종료시 각 실험구별 전복의 생존율은 표 6-3과 같다. 전복의 생존율은 다시마 급이구에서 98.2±3.1%로 가장 높았으며, 미역 급이구에서 96.5±2.9%로 가장 낮은 생존율을 나타내었다. 그러나 각 먹이 급이 종류별 실험구의 생존율은 유의한 차이를 나타내지 않은 것으로 분석되었으며, 이들의 일간 사망률 또한 0.015~0.023%로 먹이 급이 종류별 실험구에 있어 유의한 차이를 보이지 않았다. 그리고 각 실험구별 생존율은 97% 이상으로 높게 나타났는데 이는 실험에 사용한 전복의 크기가 상당히 큰 것으로 환경에 대한 적응 및 먹이에 대한 적응력이 높아 쉽게 폐사에 이르지 않기 때문인 것으로 판단되었다.

본 전복의 사육실험의 결과를 종합하여 볼 때 곰피에 대한 전복의 생장 및 생존이 다시마나 미역의 그것들과 비교해 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 곰피가 다시마나 미역 대신에 전복먹이로 충분히 활용될 수 있다는 것을 의미한다 하겠다. 특히, 곰피의 경우 여름철 고수온기에 생체량이 최대에 도달하기 때문에 미역 및 다시마가 소실되어 전복의 먹이가 절대적으로 부족한 시기에 전복의 먹이공급을 효

과적으로 이행할 수 있기 때문에 그 효용가치는 매우 높다 할 것이다. 뿐만 아니라, 곶피는 다년생 대형 갈조류이기 때문에 생체량에 있어서도 다시마 및 미역에 결코 뒤지지 않으며, 매년 종묘를 사용하여 양성시설을 새로이 할 필요 없이 수확 후 포복지 부분을 관리하여 재생되는 엽상체를 계속해서 수확할 수 있으므로 전복먹이 생산비용의 원가 절감에도 경제적이다 할 것이다.



제7장 양식 경제성 분석

1. 경제성 분석

해조류 양식 산업의 중요성은 크게 3가지 측면에서 인식되어야 한다. 첫째, 친환경적 양식 산업으로 부영양염의 흡수원, 자연의 생산력을 이용하는 양식 시스템의 해양 생태계의 1차생산자, 둘째, 천해양식장의 환경수복 및 지구온난화의 주범인 이산화탄소의 흡수원, 셋째, 고칼로리의 영양섭취 시대에 있어 저칼로리의 알칼리성 식품 및 천연의 자연식품이라는 다양한 잠재적 가치를 지니고 있다. 이에 대한 관심은 연구 분야뿐만 아니라 우리들의 실생활에 점점 증대되고 있는 실정이다. 그러므로 해조류 양식업은 산업으로써 그 경쟁력을 확보할 가능성이 매우 높다하겠다. 특히, 새롭게 양식기술이 개발되는 고품 양식 어업의 경영자는 자신을 경영주체로 인식하여 경영적 사고에 바탕을 두고 양식경영에 임함으로써 다른 양식업과의 차별성을 갖게 될 것이다.

본 연구의 목적은 경영분석에 기초하여 고품 양식 어업의 손익분석과 경영특성을 조사 분석하여 고품 양식 어업의 경영자가 경영적 사고의 필요성을 갖도록 하여 고품 양식의 산업적인 규모의 활성화를 유도할 수 있도록 하는 것이다.

1) 분석방법

곰피 양식 어업의 경영특성은 크게 종묘생산부분과 양식부분으로 나누어 분석하였다. 곰피의 종묘생산과 양식에 참여했던 어가를 통하여 배부·회수한 손익조사서를 이용하여 손익계산서, 공통형 손익계산서, 항목별 민감도분석을 실시하여 조사하였다. 경영분석에 사용된 곰피의 단가는 부산, 기장지역의 시중 유통 가격과 미역 양식 어업과 경영 비교분석을 위해 곰피의 활용을 미역 또는 다시마의 전복 대체먹이원으로 가정할 때 주요양식품종 어가별 소득자료집(해양수산부, 2002)에 제시된 미역의 평균 단가를 적용하여 분석하였다.

2) 분석결과

가. 양식 기술 개발 현황

곰피 양식은 최근까지도 양식기술이 개발되지 않아서 곰피의 생산은 전적으로 암반 또는 부착기질에 서식하는 자연산 군락으로부터의 수확에 의존하는 불완전한 양식시스템에 의존해 왔으나, 2006년도 초반부터 인공종묘생산기술개발이 시도되면서 완전양식시스템이 도입되고 있다. 실제로 2006년 본 연구가 수행되면서 곰피 종묘생산 기술 개발의 일환으로 곰피의 유성생식법을 이용하는 기술이 개발되면서 현지의 일부 어업인들이 이를 이용하여 양식효과를 거두고 있다. 현재는 전남 완도군 보길도, 금일도, 약산도, 진도군, 해남군을 중심으로 곰피의 시험양식이 점차 확대되고 있다. 이와 같이 서남해안을 중심으로 곰피 양식이 확대되고 있는 이유는 첫째로 전복양식이 집약적으로 이루어지고 있는 지역으로 여름철 고수온기 전복먹이의 안정적인 확보의 필요성이 크기 때문이고, 둘째로는 해역특성이 곰피 양식에 적합하고, 셋째로는 서남해역이 전통적으로 해조류 양식이 성행한 지역으로써 곰피 양식기술의 습득과 적용이 다른 지역보다 빠르고, 넷째로 국립수산물과학원 해조류연구센터가 서남해역인 목포에 위치하기 때문에 해조류양식기술지원이 타 지역에 비해 상대적으로 용이하기 때문이다.

표 7-1. 해조류 종별 생산량(2007, M/T)

종	일반 해면어업	천해 양식어업
기타 해조류	1,288	565
김(<i>Porphyra</i>)	24	210,956
고시래기(<i>Gracilaria</i>)	69	45
다시마(<i>Laminaria</i>)	28	250,049
도박류(<i>Pachymeniopsis</i>)	446	—
모자반(<i>Sargassum</i>)	13	490
미역(<i>Undaria</i>)	6,384	309,097
우뭇가사리(<i>Gelidium</i>)	2,859	—
풀가사리(<i>Gloiopeltis</i>)	289	—
툇(<i>Hizikia</i>)	2,672	20,909
파래(<i>Enteromorpha</i>)	167	684
청각(<i>Codium</i>)	3,950	158
총	18,189	792,953

나. 면허 및 생산현황

곰피의 생산은 크게 일반해면어업과 천해양식어업으로 구분된다. 표 7-1과 같이 곰피의 2007년도 생산량은 명확하게 구분되어있지 않고 기타 해조류의 일부에 포함되어 있는 상태이다. 곰피의 주생산지는 경상도지방으로 그 생산량은 약 30톤으로 전적으로 일반해면어업에 의해 생산되고 있다. 그리고 현재 서남해역을 중심으로 시험양식되고 있는 어장에서 곰피의 생산이 본격적으로 이루어진다면 생산량은 크게 증가할 것으로 보인다. 현재 곰피 양식만을 단독으로 행하는 어장은 표 7-2와 같이 거의 전무한 상태이나 곰피의 양식은 기존의 미역 또는 다시마 양식시설로 가능하기 때문에 유희어장의 활용도를 높이므로써 단위 어장당 생산성 향상에 기여할 수 있다.

다. 판매형태 및 유통경로

곰피의 판매는 일반적으로 다른 해조류와 마찬가지로 비계통판매의 비율이 매우 높

표 7-2. 천해 해조류 양식업의 연도별 어업권 현황(2007, ha)

종	건 수	면 적
기 타	46	584
미역(<i>Undaira</i>)	455	5,308
다시마(<i>Laminaria</i>)	514	6,816
파래(<i>Enteromorpha</i>)	69	2,604
우뭇가사리(<i>Gelidium</i>)	0	0
툇(<i>Hizikia</i>)	356	4,852
갈래곰보(<i>Meristotheca</i>)	0	0
모자반(<i>Sargassum</i>)	37	347
김(<i>Porphyra</i>)	948	55,672
총	2,425	76,183

다. 이는 김, 미역, 다시마, 파래와 매우 유사한 형태이다. 그러나 툇과 같은 일부 해조류는 판매의 대부분이 계통판매 형태를 띠기도 한다. 곰피가 거의 대부분 비계통판매 형태를 띠는 것은 곰피의 생산이 완전양식시스템에 의한 대량생산이 아닌 소규모의 생계 위주의 어가경영 형태를 띠고 있고, 주로 식용의 생체 무침용 또는 쌈용으로 제한된 지역에서 제한적으로 소비되고 있고, 그리고 제한된 생산시기를 가지고 있기 때문에 그 산업적 규모가 크지 못한 것으로 보인다.

현재까지 곰피의 유통경로는 일반 양식대상 해조류와 달리 일반해면에서의 생산량도 적고 양식에 의한 생산도 이루어지고 있지 않기 때문에 그 구조가 확립되어 있지 않지만 식생활에 있어서도 웰빙에 대한 인식이 확산되면서 곰피와 같은 무침 또는 쌈 용도의 해조류에 대한 수요가 보다 증가될 것으로 전망되고, 최근 전복 양식 산업이 활성화되면서 여름철 고수온기 전복 먹이의 안정적인 확보가 전복 양식 산업에 있어 매우 중요한 요소가 되면서 전복 먹이 공급원으로써의 곰피 양식이 활성화된다면 곰피의 판매 형태 및 유통경로도 안정화될 것으로 판단된다.

곰피의 판매형태는 다른 해조류와 마찬가지로 소비지 도매시장으로의 반출보다는 산

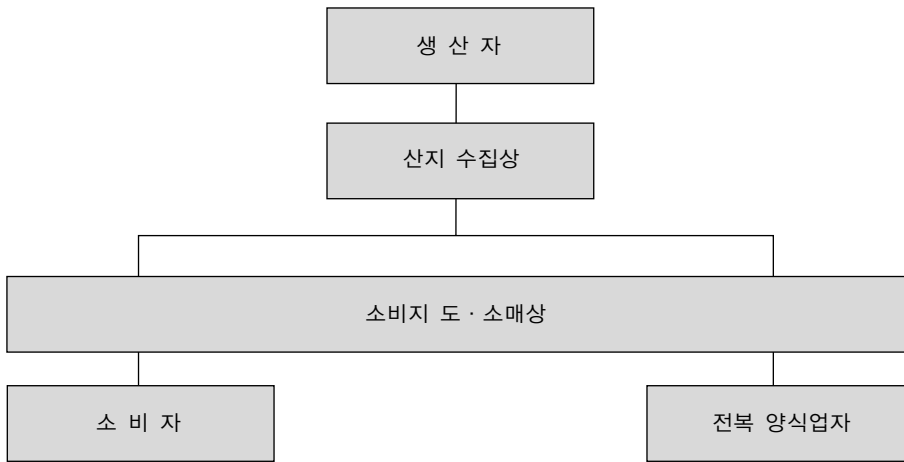


그림 7-1. 곶피의 유통경로.

지의 수집상으로 직접 유입되는 경우가 대부분일 것으로 보이며(그림 7-1), 여기서 생산자-산지 수집상-소비지 도매상-소비자의 유통경로와 생산자-산지 수집상-소비지 도·소매상-전복양식업자의 유통경로가 형성될 것으로 예상된다.

라. 종묘생산 수지분석

경영자의 생산, 판매, 관리 등 주요 운영에 관한 의사결정이 경영성과에 미친 영향을 밝히고, 그 발생원인을 나타낸 것이 손익계산서이다. 즉 손익계산서는 일정기간의 경영성과를 명백하게 표시하기 위하여 그 기간에 발생한 모든 수익과 이에 대응하는 모든 비용을 한 표에 기재함으로써 순손익의 금액과 그 발생결과를 표시하는 보고서이다. 따라서 손익계산서를 분석하면 경영체의 이익뿐만 아니라 비용구조를 알 수 있다.

손익계산서의 구성항목에 대한 값을 구하기 위하여 곶피 종묘 생산 어가에 배분한 손익조사표를 이용하여 종묘생산으로부터 발생하는 비용을 조사하였다. 그리고 종묘생산의 외로부터 발생하는 부채에 대한 지급이자자는 자본조달 내역과 함께 조사하였다. 손익계산서 형식과 조금 다르게 조사한 이유는 수산업계에서 이용하는 손익계산서의 양식이 학계에서 정한 것과 상당한 차이가 있기 때문에 피조사자와 이용자에게 혼란을 줄이

표 7-3. 곶피 종묘 생산의 경제성 분석

비 목		수 량	단가 (원)	금액 (천원)	
조수입	계			30,000	
	판매소득	1,000틀	30,000	30,000	
생산비	시 설 비	1,000틀	5,000	5,000	
	종 묘 비	500kg	3,000	1,500	
	부대시설비	—	730,000	730	
	경영비	감가상각비	—	500,000	500
	운영관리비	—	500,000	500	
	판매수수료	—	300,000	300	
	소 계			8,800	
	자가노력비			10,000	
총 계				18,800	
총소득(조수입－경영비)				21,200	
소득율(총소득÷조수입)×100				10.67%	
순소득(조수입－생산비)				11,200	
이익율(순소득÷조수입)×100				37.33%	

고 경영자에게 경영분석의 기초지식을 제공하여 경영자가 양식경영에서 비용관리를 할 수 있는 기초능력을 가질 수 있도록 하기 위함이다.

표 7-3과 표 7-4는 표본으로부터 계산한 곶피 종묘 생산 어업(1,000틀 생산 기준)의 손익계산서를 나타낸 것이다. 곶피 종묘 생산 어업의 수지상황을 이해할 수 있도록 각 계정과목의 평균값을 제시하였다. 그리고 자가노력비가 곶피 종묘생산에서 차지하는 비중을 나타내기 위하여 자가노력비를 비용에 포함시키지 않을 경우와 자가노력비를 비용에 포함시킬 경우의 손익계산서를 제시함으로써 양식경영자의 경영에 대한 새로운 인식을 가지게 하였다. 표 7-3에서와 같이 곶피 종묘 생산의 평균 자가노력비는 매출액의 33.3%인 10,000천원에 달한다. 그러므로 양식경영자가 자가노력비를 비용에 포함시키지 않을 경우 곶피 종묘 생산의 매출액 순이익을 실질매출액 순이익을 보다 33.3%

표 7-4. 곶피 종묘 생산의 경제성 분석(자가노력비 제외)

비 목		수 량	단가 (원)	금액 (천원)	
조수입	계			30,000	
	판매소득	1,000틀	30,000	30,000	
생산비	시 설 비	1,000틀	5,000	5,000	
	종 묘 비	500kg	3,000	1,500	
	부대시설비	—	730,000	730	
	경영비	감가상각비	—	500,000	500
	운영관리비	—	500,000	500	
	판매수수료	—	300,000	300	
	소 계			8,800	
	자가노력비			0	
총 계				8,800	
총소득(조수입－경영비)				21,200	
소득율(총소득÷조수입)×100				70.66%	
순소득(조수입－생산비)				21,200	
이익율(순소득÷조수입)×100				70.66%	

나 과대하게 평가하게 되는 것이다.

곶피 종묘 1,000틀의 판매로 발생되는 평균양식수익은 30,000천원이고 자가노력비를 비용에 포함시킨 경우의 평균종묘생산비용은 18,800천원이다. 이와 같은 종묘생산 수익과 종묘생산비용의 평균값은 상대적으로 종묘생산의 규모에 따라 차이를 갖는다.

표 7-5는 곶피 종묘 생산에 대한 각 계정과목의 비율을 나타낸 공통형 손익계산서이다. 곶피 종묘 생산 어업에서 가장 높은 비율을 차지하는 것은 자가노력비로서 33.3%이며, 시설비보다 관리비가 차지하는 비율이 높은 이유는 종묘생산에 소요되는 인건비에 기술적 노력비용이 포함되어 있기 때문이다. 곶피 종묘 생산비용은 양식수익의 62.67%를 차지하였고, 매출액 순이익율은 평균 37.33%로 분석되었다.

표 7-5. 곰피 종묘 생산 어업의 공통형 손익계산서

(단위: %)

항 목	평 균
판매소득	1.0000
경영비	0.2933
시 설 비	0.1666
종 묘 비	0.0050
부대시설비	0.0243
감가상각비	0.0166
운영관리비	0.0166
판매수수료	0.0100
총 소 득	0.7066
자가노력비	0.3333
순 소 득	0.3733

마. 종묘생산의 민감도 분석

곰피 종묘 생산 경영자는 어떤 요인이 종묘생산이익에 어느 정도 영향을 미치는지를 아는 것이 매우 중요하다. 동일한 변동에 의해서도 요인에 따라 종묘생산이익의 변동은 차이가 있기 때문이다. 따라서 투입변수의 일정한 변동이 산출치에 어떻게 영향을 미치는가, 즉 투입변수의 일정한 변동이 얼마나 민감하게 산출치를 변동시키는가를 분석할 수 있는 민감도분석을 통하여 비용항목의 변동과 수익의 변동이 양식이익에 미치는 영향의 크기를 알 수 있다.

표 7-6은 비용항목인 시설비, 종묘비, 부대시설비, 운영관리비, 감가상각비, 판매수수료와 종묘생산수익이 다른 항목이 일정하다는 가정하에서 각 항목이 20% 변화할 경우의 종묘생산수익에 대한 종묘생산비용의 비율과 종묘생산매출이익율의 변화를 나타낸다. 각 항목의 수치가 다르기 때문에 양식규모가 다를 경우에 이해하기 어렵다. 따라서 양식수익에 대한 각 항목의 백분율로 나타내면 양식규모가 결정되면 각 항목의 변화율로 추정하기가 쉽기 때문에 공통형 손익계산서를 제시할 수 있다.

표 7-6. 곰피 종묘 생산 어업의 공통형 손익계산서의 변동

판매소득	—	—	—	—	—	—	—	±20%
시 설 비	±20%	—	—	—	—	—	—	
종 묘 비	—	±20%	—	—	—	—	—	
부대시설비	—	—	±20%	—	—	—	—	
감가상각비	—	—	—	±20%	—	—	—	
운영관리비	—	—	—	—	±20%	—	—	
판매수수료	—	—	—	—	—	±20%	—	
자가노력비	—	—	—	—	—	—	±20%	
생산비	±5.31	±1.59	±0.77	±0.53	±0.53	±0.31	±10.63	
순소득	±8.92	±2.67	±1.30	±0.89	±0.89	±0.53	±17.85	

시설비가 20% 감소할 경우에 양식비용 백분율은 5.31% 감소하며, 종묘생산매출액 순이익율은 8.92% 증가한다. 그리고 감가상각비가 20% 감소할 경우에 종묘생산비용 백분율은 0.53% 감소하며 종묘생산 매출이익율은 0.89% 증가한다. 자가노력비가 20% 감소하면 종묘생산비용 백분율은 10.63% 감소하며 종묘생산 매출이익율은 17.85% 증가한다. 곰피 종묘생산의 매출액이익율의 변화에 가장 큰 영향을 미치는 비용은 시설비와 자가노력비로 분석된다.

바. 양식생산 수지분석

경영자의 생산, 판매, 관리 등 주요 운영에 관한 의사결정이 경영성과에 미친 영향을 밝히고, 그 발생원인을 나타낸 것이 손익계산서이다. 즉 손익계산서는 일정기간의 경영성과를 명백하게 표시하기 위하여 그 기간에 발생한 모든 수익과 이에 대응하는 모든 비용을 한 표에 기재함으로써 순손익의 금액과 그 발생결과를 표시하는 보고서이다. 따라서 손익계산서를 분석하면 경영체의 이익률뿐만 아니라 비용구조를 알 수 있다.

손익계산서의 구성항목에 대한 값을 구하기 위하여 곰피 양식 생산 어가에 배분한 손익조사표를 이용하여 양식생산으로부터 발생하는 비용을 조사하였다. 그리고 양식생산

표 7-7. 곶피 양식 생산의 경제성 분석(20대/ha)

비 목		수 량	단가 (원)		금액 (천원)	
조수입	계				66,960*	4,960**
	양식소득	24,800kg	2,700*	200**	66,960*	4,960**
생산비	시 설 비	20틀(대)	50,000		1,000	
	종 묘 비	20틀(대)	30,000		600	
	부대시설비	—	600,000		600	
	경영비	감가상각비	—	500,000	500	
		운영관리비	—	500,000	500	
		판매수수료	—	300,000	300	
	소 계				3,500	
	자가노력비				1,000	
	총 계				4,500	
총소득(조수입－경영비)					63,460*	1,460**
소득율(총소득÷조수입)×100					94.77%*	29.43%**
순소득(조수입－생산비)					62,460*	460**
이익율(순소득÷조수입)×100					93.27%*	9.27%**

*시중 판매 단가

**전복 먹이 해조류 판매 단가

의 외로부터 발생하는 부채에 대한 지급이자(자본조달 내역과 함께 조사하였다. 손익 계산서 형식과 조금 다르게 조사한 이유는 수산업계에서 이용하는 손익계산서의 양식이 학계에서 정한 것과 상당한 차이가 있기 때문에 피조사자와 이용자에게 혼란을 줄이고 경영자에게 경영분석의 기초지식을 제공하여 경영자가 양식경영에서 비용관리를 할 수 있는 기초능력을 가질 수 있도록 하기 위함이다.

표 7-7과 표 7-8은 표본으로부터 계산한 곶피 양식 생산 어업(시중 판매 단가 2,700 원/kg, 전복 먹이 해조류 판매 단가 200원/kg, 20대/ha 양식 기준)의 손익계산서를 나타낸 것이다. 곶피 양식 생산 어업의 수지상황을 이해할 수 있도록 각 계정과목의 평균 값을 제시하였다. 그리고 자가노력비가 곶피 양식 생산에서 차지하는 비중을 나타내기

표 7-8. 곰피 양식 생산의 경제성 분석(자가노력비 제외)

비 목		수 량	단가(원)	금액(천원)	
조수입	계			66,960	
	양식소득	24,800kg	2,700*	66,960	
생산비	시 설 비	20틀(대)	50,000	1,000	
	종 묘 비	20틀(대)	30,000	600	
	부대시설비	—	600,000	600	
	경영비	감가상각비	—	500,000	500
	운영관리비	—	500,000	500	
	판매수수료	—	300,000	300	
	소 계			3,500	
	자가노력비			0	
총 계				3,500	
총소득(조수입－경영비)				63,460	
소득율(총소득÷조수입)×100				94.77%	
순소득(조수입－생산비)				63,460	
이익율(순소득÷조수입)×100				94.77%	

*시중 판매 단가

위하여 자가노력비를 비용에 포함시키지 않을 경우와 자가노력비를 비용에 포함시킬 경우의 손익계산서를 제시함으로써 양식경영자의 경영에 대한 새로운 인식을 가지게 하였다. 표 7-7에서 보는 바와 같이 곰피 양식 생산의 평균자가노력비는 매출액의 1.49%인 1,000천원에 달한다. 그러므로 양식경영자가 자가노력비를 비용에 포함시키지 않을 경우 곰피 양식 생산의 매출액 순이익을 실질매출액 순이익을 보다 1.49%나 과대하게 평가하게 되는 것이다.

곰피양식 20대/ha의 생산판매로 발생하는 평균양식수익은 66,960천원이고 자가노력비를 비용에 포함시킨 경우의 평균양식생산비용은 4,500천원이다. 이와 같은 양식생산수익과 양식생산비용의 평균값은 상대적으로 양식생산의 규모에 따라 차이를 갖는다.

표 7-9. 곶피 양식어업의 공통형 손익계산서

(단위: %)

항 목	평 균
판매소득	1.0000
경영비	0.0522
시 설 비	0.0149
종 묘 비	0.0086
부대시설비	0.0086
감가상각비	0.0074
운영관리비	0.0074
판매수수료	0.0044
총 소 득	0.9477
자가노력비	0.0149
순 소 득	0.9327

표 7-9는 곶피 양식 생산에 대한 각 계정과목의 비율을 나타낸 공통형 손익계산서이다. 곶피 양식 생산어업에서 가장 높은 비율을 차지하는 것은 자가노력비로서 1.49%이며, 시설비보다 관리비가 차지하는 비율이 높은 이유는 양식생산에 소요되는 인건비에 기술적 노력비용이 포함되어 있기 때문이다. 곶피 양식 생산비용은 양식수익의 6.73%를 차지하여 매출액 순이익율은 평균 93.27%로 매우 높다.

사. 양식생산의 민감도 분석

곶피 양식 생산 경영자는 어떤 요인이 양식 생산 이익에 어느 정도 영향을 미치는지를 아는 것이 매우 중요하다. 동일한 변동에 의해서도 요인에 따라 양식 생산 이익의 변동은 차이가 있기 때문이다. 따라서 투입변수의 일정한 변동이 산출치에 어떻게 영향을 미치는가, 즉 투입변수의 일정한 변동이 얼마나 민감하게 산출치를 변동시키는가를 분석할 수 있는 민감도분석을 통하여 비용항목의 변동과 수익의 변동이 양식이익에 미치는 영향의 크기를 알 수 있다.

표 7-10. 곰피 양식 어업의 공통형 손익계산서의 변동

판 매 소 득	-	-	-	-	-	-	-	±20%
시 설 비	±20%	-	-	-	-	-	-	
종 묘 비	-	±20%	-	-	-	-	-	
부대시설비	-	-	±20%	-	-	-	-	
감가상각비	-	-	-	±20%	-	-	-	
운영관리비	-	-	-	-	±20%	-	-	
판매수수료	-	-	-	-	-	±20%	-	
자가노력비	-	-	-	-	-	-	±20%	
생 산 비	±4.44	±2.66	±2.66	±2.22	±2.22	±1.33	±4.44	
순 소 득	±0.32	±0.19	±0.19	±0.16	±0.16	±0.09	±0.32	

표 7-10은 비용항목인 시설비, 종묘비, 부대시설비, 운영관리비, 감가상각비, 판매수수료와 양식 생산 수익이 다른 항목이 일정하다는 가정하에서 각 항목이 20% 변화할 경우의 양식 생산 수익에 대한 양식 생산 비용의 비율과 양식 생산 매출이익율의 변화를 나타낸다. 각 항목의 수치가 다르기 때문에 양식규모가 다를 경우에 이해하기 어렵다. 따라서 양식수익에 대한 각 항목의 백분율로 나타내면 양식 규모가 결정되면 각 항목의 변화율로 추정하기가 쉽기 때문에 공통형 손익계산서를 제시하였다.

시설비, 종묘비, 부대시설비가 20%씩 감소할 경우에 양식비용 백분율은 2.66~4.44% 감소하며, 양식생산 매출액 순이익율은 0.19~0.32% 증가한다. 그리고 감가상각비, 운영관리비가 20%씩 감소할 경우에 양식 생산 비용 백분율은 2.22% 감소하며 양식 생산 매출이익율은 0.16% 증가한다. 자가노력비가 20% 감소하면 양식 생산 비용 백분율은 4.44% 감소하며 양식생산 매출이익율은 0.32% 증가한다. 곰피 양식 생산의 매출액이익율의 변화에 가장 큰 영향을 미치는 비용은 시설비와 자가노력비이다.

아. 곰피 양식 어업의 경영 개선 방안

곰피 양식어업은 생계위주의 어가경영형태를 띠고 있고, 단일 양식보다 주양식대상종

과 병행하여 생산되는 복합 양식적 성격을 띠고 있으나, 대량생산의 이점을 누리거나 높은 경제성을 지니고 있다. 특히, 곰피 양식은 미역과 다시마와 같은 양식 대상종과 유사한 방법으로 종묘생산이 가능하고 양성법도 동일하여 양식경영비용이 적다는 이점뿐만 아니라 여름철 고수온기 어한기 어장의 활용도를 높임으로써 단위 어장당 생산성의 극대화도 수익증대에 일조 할 수 있다. 그리고 곰피는 여름철 고수온기에 생체량이 최대치에 도달하기 때문에 여름철 고수온기 부족되고 있는 전복먹이 공급을 위한 해조류로 대체 활용할 수 있어 새로운 소득원이 될 수 있다.

곰피 양식 산업의 활성화와 지속적인 발전을 유도하기 위해서는 곰피 양식 어업인의 의식전환이 필요하다. 적정 양식생산으로 적정 공급과 수요를 충족시키면서 일정 수익을 얻을 수 있는 계획생산을 위한 양식시스템을 구축해야 할 것이며, 국내외의 다양한 형태의 소비를 촉진할 수 있는 다양한 제품의 개발 또는 유용성에 대한 홍보 등을 통하여 지속적인 소비를 유도해야할 것이다. 그리고 여름철 고수온기 부족되고 있는 전복먹이 공급을 위한 대규모 양식시스템의 개발이 필요하다.

자. 곰피 양식과 미역 양식의 단위 면적당 수익성 비교

표 7-11은 표본어가로부터 계산된 미역 양식 생산 어업(20대/ha 양식 기준)의 손익계산서를 나타낸 것이다. 미역 양식 생산 어업의 수지상황을 이해할 수 있도록 각 계정과목의 평균값을 제시하였다. 그리고 계정과목에 자가노력비를 포함시킨 손익계산서를 제시함으로써 표 7-7의 곰피 양식 생산 경제성과 미역 양식 생산의 경제성을 직접 비교하였다. 표 7-7에서 보는 바와 같이 곰피 양식 생산의 평균자가노력비는 매출액의 1.49%인 1,000천원에 달한다. 그러므로 양식 경영자가 자가노력비를 비용에 포함시키지 않을 경우 곰피 양식 생산의 매출액 순이익을 실질매출액 순이익을 보다 1.49%나 과대하게 평가하게 되는 것이다. 반면에 표 7-11의 미역 양식 생산의 평균자가노력비는 매출액의 17.8%인 1,000천원에 달하여 곰피 양식 생산에 있어 자가노력비 보다 훨씬 높았다.

표 7-11. 미역 양식 생산의 경제성 분석(해양수산부, 2002)

비 목		수 량	단가(원)	금액(천원)	
조수입	계			5,600	
	양식소득	28,000kg	200	5,600	
생산비	경영비	시 설 비	20틀(대)	45,000	900
		종 묘 비	20틀(대)	20,000	400
		부대시설비	—	600,000	600
		감가상각비	—	54,000	54
		운영관리비	—	320,000	320
		판매수수료	—	30,000	30
	소 계			1,504	
	자가노력비			1,000	
총 계			2,504		
총소득(조수입－경영비)				4,096	
소득율(총소득÷조수입)×100				73.14%	
순소득(조수입－생산비)				3,096	
이익율(순소득÷조수입)×100				55.28%	

곰피 양식 ha당 20대의 생산판매로 발생하는 평균양식수익은 66,960천원이고 자가노력비를 비용에 포함시킨 경우의 평균양식생산비용은 13,500천원이다. 즉, 곰피 양식 20대/ha기준 순이익은 곰피 양식의 평균양식수익 63,460천원에서 자가노력비를 포함시킨 평균양식생산비용 13,500천원을 뺀 53,460천원이 된다. 미역 양식 20대/ha기준 순이익은 미역 양식의 평균양식수익 5,600천원에서 자가노력비를 포함시킨 평균양식생산비용 2,504천원을 뺀 3,096천원이 된다.

곰피 양식과 미역 양식의 순이익을 단순히 식용 판매 단가기준으로만 비교하면 곰피 양식의 경우가 미역 양식 보다 순이익에서 약 17배 정도 높은 소득을 내는 것으로 분석되었다. 이와 같은 높은 순이익의 차이는 곰피의 판매단가를 단순히 시중의 자연산 곰피를 채취하여 소량판매시의 판매단가를 적용한 것이어서 실제적으로 곰피가 양식되어

시중에 대량으로 판매될 때 형성되는 판매가격에 따라 순이익은 변동될 것으로 판단된다. 그리고 표 5-5와 같이 곶피의 양식 생산량은 약 25톤/ha으로 기존의 전복먹이원이 되는 해조류와 단위 ha당 생체량을 비교하여 볼 때 결코 뒤지지 않아 고수온기 동안 부족되는 전복먹이의 대체먹이원으로써의 경제적 또는 산업적 가치를 가질 것으로 판단된다.



제8장 성분 분석

1. 일반성분

곰피는 현재 찜 또는 조림 형태의 소비가 이루어지고 있으나 다양한 가공품의 개발 없이는 내수기반의 확충은 상당히 어려운 실정이다. 전복의 먹이는 주로 미역 및 다시마로 한정되어 있는데 보다 다양한 먹이원의 가능성을 시험하고 전복의 안정적인 성장 유도를 위한 고수온기 먹이 공급시스템 확보에 곰피를 적극 활용하는 방안이 강구되어야 하며 다양한 소비자의 기호에 맞는 다양한 소비제품의 개발과 홍보가 필요하다.

곰피의 일반성분을 보면 표 8-1과 같이 생체의 경우 수분이 대부분을 차지하고 있으며, 다음으로 탄수화물이 2.8%로 높고, 건조체의 경우 탄수화물이 56.2%로 가장 높으며, 다음으로 수분이 16.7%로 높다.

2. 유용성분

곰피의 무기염류 함량은 표 8-2에서 보는 바와 같이 칼슘의 함량이 3.200mg/100g(건중량)으로 매우 높으며, 비타민에 있어서는 carotin, niacin의 함량이 각각 2.7mg/100g(건중량), 2.3mg/100g(건중량)으로 높다. 그리고 식이섬유는 불용성 및 수용성 부분

표 8-1. 곰피의 일반성분

구 성(%)	생 체	건 조
수 분	96.2	16.7
단 백 질	1.5	12.4
지 방	0.2	0.7
회 분	0.7	14.0
탄수화물	2.8	56.2

표 8-2. 곰피의 무기질, 비타민 및 식이섬유

구 분	구 성	mg/100g (건중량)
무기염류	Ca	3,200
	P	250
	Fe	3.5
	Na	2,300
	K	790
	Mg	530
	Zn	1.1
	Cu	0.17
비 타 민	Mn	0.23
	B ₁	0.1
	Niacin	2.3
	B ₂	0.26
	B ₁₂	0.001
	Carotin	2.7
	E	0.6
	K	0.26
	B ₆	0.02
	Ascorbic acid	0.1
식이섬유	불용성	48,000
	수용성	

표 8-3. 곰피의 아미노산 함량(국립수산물과학원, 1995)

종 류	mg/100 g (건중량)
Isoleucine (Ile)	434
Leucine (Leu)	753
Lysine (Lys)	636
Methionine (Met)	312
Cystine (Cys)	157
Phenylalanine (Phe)	524
Tyrosine (Tyr)	352
Threonine (Thr)	580
Tryptophan (Trp)	175
Valine (Val)	522
Histidine (His)	165
Arginine (Arg)	443
Alanine (Ala)	1,303
Aspartic acid (Asp)	987
Glutamic acid (Glu)	2,447
Glycine (Gly)	633
Proline (Pro)	351
Serine (Ser)	516
Taurine (Tau)	0
Total	11,290

이 48.0%로 주요성분의 대부분을 차지한다.

이상과 같이 곰피는 칼슘, 인, 철의 무기염류, 비타민류 및 식이섬유가 풍부할 뿐만 아니라 표 8-3에서와 같이 다양한 아미노산이 함유되어 있어 이상적인 기능성 식품이라 할 것이다. 이러한 다양한 기능성분을 다량 함유하고 있는 곰피를 이용해 일반 소비자들이 선호할 수 있는 건강 또는 기능성 식품이 개발되면 내수시장에서의 저변확대는 그리 어렵지 않을 것으로 생각된다. 그리고 전복의 먹이 원으로써도 충분한 영양 가치를 지니고 있어서 미역 및 다시마의 먹이 효율에도 크게 뒤지지 않을 것으로 판단된다.



제9장 참고문헌

- Bolton, L.L. and Lewitt, G.J. 1985. Light and temperature requirements for growth and reproduction in gametophytes of *Ecklonia maxima* (Alariceae, Laminariales). Mar. Biol. 87: 131~135.
- Brown, M.T. and Lamare, M.D. 1994. The distribution of *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar within Timaru Harbour, New Zealand. Jpn. J. Phycol. 42: 63~70.
- Corazani, D. and Illanes, J.E. 1998. Growth of juvenile abalone, *Haliotis discus hannai* Ino 1953 and *Haliotis rufescens* Swainson 1822, fed with different diets. J. Shellfish Res. 17: 663~666.
- Critchley, A.T. 1993. Introduction-Seaweed resources. In: Ohno M & Critchley AT (eds.), Seaweed cultivation and marine ranching. Jap. Int. Coop. Agency, Yokosuka, pp. 1~6.
- Duncan, D.B. 1955. Multiple-range and multiple F tests. Biometrics 11: 1~42.
- Edding, M.E. and Tala, F.B. 2003. Development of techniques for the cultivation of *Lessonia trabeculata* Villouta et Santelices (Phaeophyceae: Laminariales) in Chile. Aqua. Res. 34: 507~515.
- Fain, S.R. and Murray, S.N. 1982. Effects of light and temperature on net photosynthesis and dark respiration of gametophytes and embryonic sporophytes of *Macrocystis pyrifera*. J. Phycol. 18: 92~98.
- FAO. 2005. Yearbooks of fishery statistics summary tables. [ftp://ftp.fao.org/fi/ STAT/summary/default..htm](ftp://ftp.fao.org/fi/STAT/summary/default..htm) down load 8 Mar 2008.
- Gerard, V.A. 1984. The light environment in a giant kelp forest: influence of *Macrocystis*

- pyrifera* on spatial and temporal variability. Mar. Biol. 84: 189~195.
- Hwang, E.K., Cho, M.H., Park, C.S., Kim, M.H. and Park, K.J. 2008. *In vitro* effect of *Ecklonia stolonifera* Okamura extract on the cell growth in CCD-986sk human fibroblast and melanin formation inhibition in clone M-3 mouse melanocyte cell line. Korean J. Environ. Biol. 26: 30~35.
- Hwang, E.K., Baek, J.M. and Park, C.S. 2009. The mass cultivation of *Ecklonia stolonifera* Okamura as a summer feed for the abalone industry in Korea. J. Appl. Phycol. 21: 585~590.
- Hwang, E.K., Cho, M.H., Park, C.S., Kim, M.H. and Park, K.J. 2008. *In vitro* effect of *Ecklonia stolonifera* Okamura Extract on the cell growth in CCD-986sk human fibroblast and melanin formation inhibition in clone M-3 mouse melanocyte cell line. Korean J. Environ. Biol. 26: 30~35.
- Ioriya, T. and Suzuke, H. 1987. Changes of diatom on plastic plates used for rearing abalone, *Nordotis discus*. Suisanzoshoku 35: 81~98.
- Kang, J.W. 1968. Illustrated encyclopedia of fauna and flora of Korea. Vol. 8. Marine algae. Ministry of education, Seoul, p. 465.
- Kain, J.M. 1964. Aspects of the biology of *Laminaria hyperborea*. III. Survival and growth of gametophytes. J. Mar. Biol. Assoc. UK. 44: 415~433.
- Kang, R.S., Park, H.S., Won, K.S., Kim, J.M. and Levings, C. 2005. Competition as a determinant of the upper limit of subtidal kelp *Ecklonia stolonifera* Okamura in the southern coast of Korea. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 314: 41~52.
- Kang, L.S. and Yoo, S.J. 1993. The acute toxicity of three oils to the early life of *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar. Korean J. Phycol. 8: 77~82.
- Kawashima, S. 1984. Kombu cultivation in Japan for human foodstuff. Jpn. J. Phycol. 32: 379~394.
- Kim, N.G. and Yoo, J.S. 2003. Structure and function of submarine forest 2. Population dynamics of *Ecklonia stolonifera* as a submarine forest- forming component. Algae 18: 295~299.
- Laycock, R.A. 1974. The detrital food chain based on seaweeds. I. Bacteria associated with the surface of *Laminaria* fronds. Mar. Biol. 25: 223~231.
- Leukart, P. and Lüning, K. 1994. Minimum spectral light requirements and maximum light

- levels for long-term germling growth of several red algae from different water depth and a green alga. Eur. J. Phycol. 29: 103~112.
- Lüning, K. 1980. Critical levels of light and temperature regulating the gametogenesis of three *Laminaria* species (Phaeophyceae). J. Phycol. 16: 1~5.
- Maegawa, M. 1990. Ecological studies of *Eisenia bicyclis* (Kjellman) Setchell and *Ecklonia cava* Kjellman. Bull. Fac. Bioresources, Mie Univ. No. 4: 73~145.
- Maegawa, M. and Kida, W. 1989. Regeneration process of *Ecklonia* marine forest in the coastal area of Shima Peninsula, central Japan. Jpn. J. Phycol. 37: 194~200.
- Notoya, M. and Aruga, Y. 1990. Relation between size and age of holdfasts of *Ecklonia stolonifera* Okamura (Laminariales, Phaeophyta) in northern Honshu, Japan. Hydrobiologia 204/205: 241~246.
- Notoya, M. and Asuke, M. 1983. Influence of temperature on the zoospore germination of *Ecklonia stolonifera* Okamura (Phaeophyta, Laminariales) in culture. Jpn. J. Phycol. 31: 28~33.
- Notoya, M. 1984. Phenology of *Ecklonia stolonifera* Okamura at Tanosawa, Aomori Prefecture, Japan. Jpn. J. Phycol. 32: 94.
- Novacek, I. and McLachlan, J. 1987. Correlation of temperature and daylength responses of *Sphaerotrichia divaricata* (Phaeophyta, Chordariales) with field phenology in Nova Scotia and distribution in eastern North America. Br. Phycol. J. 22: 215~219.
- Ohno, M. 1993. Succession of seaweed communities on artificial reefs in Ashizuri, Tosa Bay, Japan. Algae 8: 191~198.
- Ohno, M. and Matsuoka, M. 1993. *Undaria* cultivation 'Wakame'. In: Seaweed cultivation and marine ranching. Ohno M & Critchley A (eds.), pp. 41~49. Kanagawa International Fisheries Training Center, Japan International Cooperation Agency, Yokosuka, Japan.
- Ohgai, M., Wakano, M. and Nagai, S. 1991. Effect of attached microalgae on the settlement of larvae and growth of juvenile in abalone, *Haliotis discus hannai* Ino. Suisanzoshoku 39: 263~266.
- Parker, R.E. 1979. Introductory statistics for biology. 2nd edition. Edward Arnold, London, 122pp.
- Park, C.S., Hwang, E.K., Lee, S.J., Rho, K.W. and Sohn, C.H. 1994. Age and growth of *Ecklonia stolonifera* Okamura in Pusan Bay, Korea. Bull. Korean Fish. Soc. 27:

390~396.

- Serisawa, Y., Yokohama, Y., Aruga, Y. and Tanaka, J. 2002. Growth of *Ecklonia cava* (Laminariales, Phaeophyta) sporophytes transplanted to a locality with different temperature conditions. *Phycol. Res.* 50: 201~207.
- Serviere-Zaragoza, E., Gomez-Lopez, D. and Ponce-Diaz, G. 1998. The natural diet of the green abalone (*Haliotis fulgens* Philippi) in the southern part of its range, Baja California Sur, Mexico, assessed by an analysis of gut contents. *J. Shellfish Res.* 17: 777~782.
- SPSS for Window. 1993. Base System User's Guide, Release 8.0, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
- Tatewaki, M. 1966. Formation of a crustaceos sporophyte with unilocular sporangia in *Scytosiphon lomentaria*. *Phycologia* 6: 62~66.
- Tseng, C.K. 1987. *Laminaria* mariculture in China. In: Case studies of seven commercial seaweed resources. Doty MS, Caddy JF & Santelices B (eds.), pp. 239~263. FAO Rish. Tech. Paper 281, FAO, Rome, Italy.
- Watanuki, A. and Yamamoto, H. 1990. Settlement of seaweeds on coastal structures. *Hydrobiologia* 204/205: 275~280.
- Westemeier, R., Patino, D., Piel, M., Maier, I. and Mueller, D.G. 2006. A new approach to kelp mariculture in Chile: production of free-floating sporophyte seedlings from gametophyte cultures of *Lessonia trabeculata* and *Macrocystis pyrifera*. *Aqua. Res.* 37: 164~171.
- Wi, M.Y., Hwang, E.K., Kim, S.C., Hwang, M.S., Baek, J.M. and Park, C.S. 2008. Regeneration and maturation induction for the free-living gametophytes of *Ecklonia cava* Kjellman (Laminariales, Phaeophyta). *J. Kor. Fish. Soc.* 41: 381~388.
- Zar, J.H. 1984. Biostatistical analysis. Prentice Hall, Engelwood Cliffs, NJ, 718pp.
- 국립수산물과학원. 1995. 한국수산물성분표. 216pp.
- 김남길. 2001. 통영시 척포리 연안 조간대 곰피 (*Ecklonia stolonifera* Okamura) 군락의 생장과 성숙. 2001 춘계 수산관련학회 발표 요지집. p. 499~500.
- 김대권, 장대수. 1992. 인공어초를 이용한 해중립 조성. 수진연구보고 46: 7~19.
- 남기완, 이채성, 이생동, 장정원, 김용철. 1985. 강원연안의 애기다시마의 생태학적 연구. 수진연구보고 36: 89~102.

- 이흥수, 진성현, 김희숙, 류병호. 1995. 곰피에서 정제한 Fucoidan sulfate의 특성. 한국식품과학회지 27: 716~723.
- 최창근, 김형근, 손철현. 2002. 순간접착제를 이용한 곰피 (*Ecklonia stolonifera* Okamura)의 이식효과. 한국수산학회지 35(6): 608~613.
- 해양수산부. 2002. 주요양식품종 어가별 소득자료집. 크리홍보(주), p. 409.
- 한형균. 1994. 참전복 치패의 성장과 생존율 재고를 위한 부착성 규조류의 먹이 효율. 부산수산대학교 석사학위논문, p. 61.
- 池榮洲, 柳晟奎, 盧暹, 金承憲. 1988. 수하식양식채룽에 의한 참전복, *Haliotis discus hannai* Ino. 치패의 수용밀도와 성장. 수진보고 42: 59~69.
- 菊地省吾, 櫻井保雄, 佐佐木實, 伊藤富夫. 1967. 海藻20種のアワビ稚貝に對する餌料效果. 東北西水研報 27: 93~100.
- 大野正夫. 1985. 海中林その生態と造成技術. 月刊海洋科學 17: 706~713.
- 谷口和也. 1996. 海中林造成の基礎と實踐. 藻類 44: 103~108.
- 浮永久. 1981. エツアワビに對するコンブ目海藻の餌料價值. 東北水研究報告 42: 19~29.



곰피 엽체(엽장 약 2m)



곰피의 자낭반(진한 갈색 부분)



곰피 유주자 채묘를 위한 성숙 모조 수집



성숙 엽체는 채모 직전 1시간 이내로 음건하여 유주자 방출 촉진



곰피 모조로부터 유주자 방출 유도



곰피 모조를 건져내고 채모틀을 투입하여 유주자 부착시킴



곰피 채모틀의 실내 수조배양



곰피 채묘틀의 가이식(12월말에서 1월 초순 사이)



가이식 3개월후(유엽 육안 확인 가능)



가이식 종료후 채묘틀의 종사에 부착된 곰피의 유엽



양식장의 양성로프에서 생육중인 곰피 엽체(양성 1개월후)



양식장의 양성로프에서 생육중인 곰피 엽체(양성 3개월후)



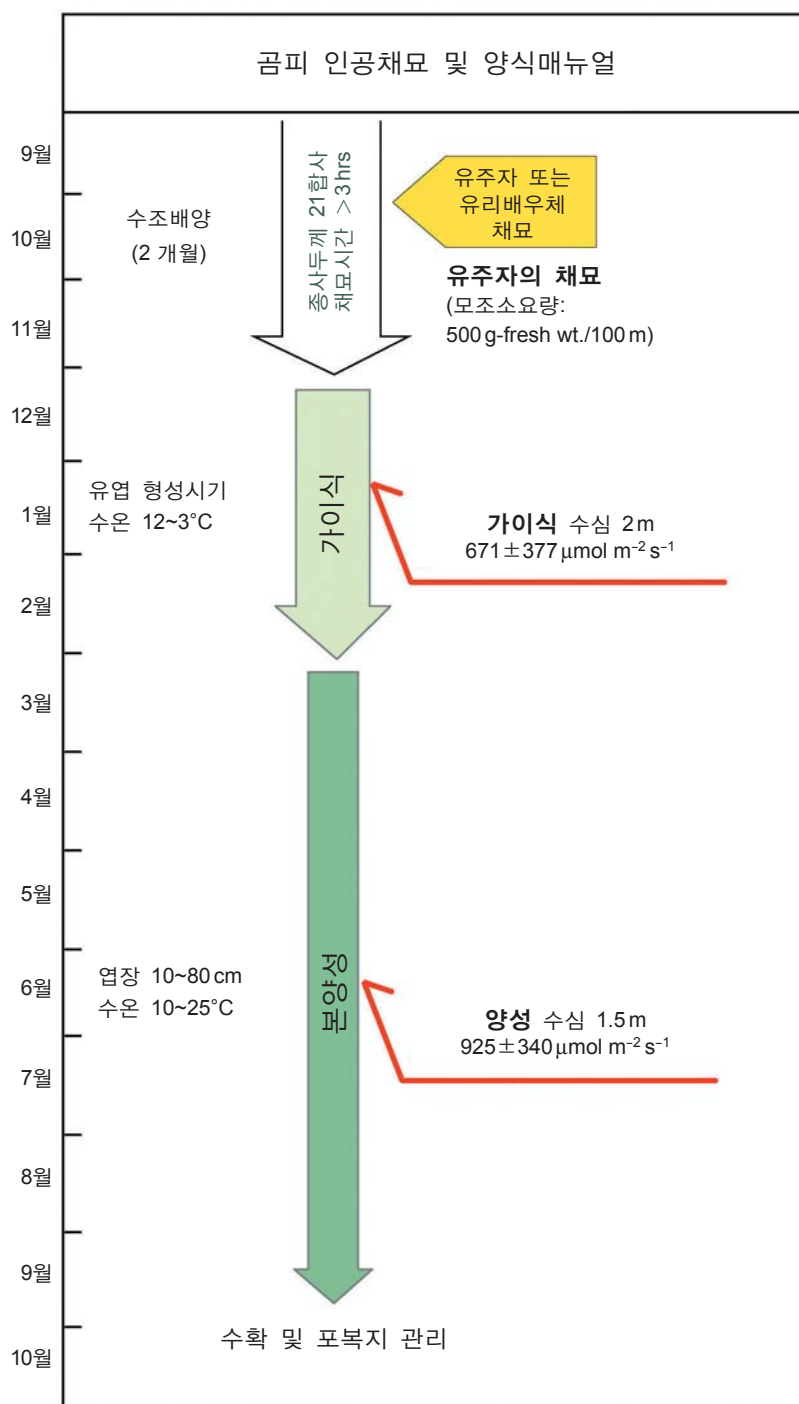
고수온기인 8월의 곰피 양성로프(양성 8개월후)



2년생 곶피의 양성 로프 (포복지로부터 새로운 유엽 재생)



곶피 양성로프를 감싸고 있는 포복지(새로운 유엽 발달)



곰피 양식의 전개도

곰피 양식 Cultivation of *Ecklonia stolonifera*

2010년 6월 25일 인쇄
2010년 7월 1일 발행

발행인 : 국립수산물과학원 해조류바이오연구센터장 **공용근**

편집인 : **하동수** 박사

집필진 : 대표저자 **황은경** 박사(국립수산물과학원)

황미숙 · 이상용 · 박은정 · 황일기 박사(국립수산물과학원)

박찬선 교수(목포대학교)

발행처 : 국립수산물과학원 해조류바이오연구센터

전남 목포시 옥암동 1101번지

전 화 : 061-280-4720

홈페이지 : www.nfrdi.re.kr

ISBN : 978-89-88154-70-0 93480

가 격 : 15,000원