

GOVP1199800229

639.32
L293D

돌미역 양식 연구

Studies on the Wild Sea-Mustard, *Undaria
pinnatifida*, Culture

연 구 기 관

목포지방해양수산청
진도어촌지도소

농 립 부

제 출 문

농림부장관 귀하

본 보고서를 “돌미역 양식 연구” 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

1997년 10월 일

주관연구기관명 : 목포지방해양수산청
진도어촌지도소

총괄연구책임자 : 신 우 철

연 구 원 : 한 상 근, 김 동 철
 윤 치 영, 김 영 룡
 김 성 희, 배 희 찬
 김 준 태, 김 재 봉
 김 광 명, 윤 대 호
 윤 천 광, 조 용 철
 신 태 성, 박 문 식
 한 미 자.

요 약 문

I. 제 목

돌미역 양식 연구

II. 연구개발의 목적 및 중요성

1. 목 적

진도의 자연산 돌미역은 전국 제일가는 특산품으로 부가가치가 높은 품종이나 생산지역이 한정되어 있고, 생산량이 적은 관계로 양식기술개발의 필요성이 절실히 요구되고 있다. 따라서 이 연구는 서식지 실태 조사를 통한 생리생태 구명과 인공 종묘생산 및 양식기술을 개발하여 돌미역 완전양식의 기틀을 마련하는데 그 목적이 있다.

2. 중요성

진도산 돌미역은 지리적으로 한반도의 최서남단에 위치하여 파도와 조류가 강한 외해의 청정해역에 서식하기 때문에 맛과 향기가 특출하고 오돌오돌한 촉감등이 다른 지역의 미역에 비해 품질이 아주 우수한 고가의 토착 해조류이다. 그러나, 날로 생산량이 감소해 가는 진도 자연산 돌미역의 완전양식 기술을 개발하여 오지 도서어업인의 고품질 미역 생산량의 확대 및 소득증대로 지역경제 발전에 이바지하는데 그 중요성이 있다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 돌미역의 생태학적 기초연구

진도 돌미역의 주 서식지인 진도군 조도면 독거도(납데기), 청등도(목여), 의신면 구자도(하도)를 중심으로 3개 지점을 선정하여, 1996년 1월부터 8월까지 대조시 월 1~2회에 걸쳐 다음과 같이 조사를 실시하였다.

가. 돌미역의 서식 및 생태학적연구

1) 분포 및 생활사

진도 자연산 돌미역 분포지역의 조사를 통하여, 발생 및 성장단계별 형태 및 생활사를 구명하고 일반 양식미역과의 차이점도 조사하였다. 또한 성장단계별 해황과 미역작황과의 관계를 비교 분석하였다.

2) 생태학적 특징

가) 어장환경 : 조사지점별 수온, 비중, 용존산소(DO), 유속, 수심 및 투명도를 조사하였다.

나) 엽상체의 출현 및 성장도 : 유주자 부착에서 부터 아포체 발아, 유엽의 출현과 3개의 조사지점별 엽상체의 성장율을 조사하였다.

다) 유주자 방출 : 유주자 초기 방출 및 최대 방출시기를 조사하였다.

라) 부착층 및 부착밀도 : 조간대하부에서 저조선대에 걸쳐 수심별, 암반경사면에 따른 착생상태와 단위면적당 부착밀도를 조사하였다.

2. 돌미역의 종묘 생산

가. 채 묘

조사지역 3개소(청등, 독거, 구자)에서 포자엽(미역귀) 200 kg을 확보하였

으며, 유주자의 활력유지는 얼음이 채워진 아이스박스를 사용하여 채묘장소까지 운반하였다. 채묘는 수중배양용인 경우 자연서식지인 진도군 의신면 구자도 앞바다에서, 육상배양용은 냉각장치를 설치한 진도군 의신면 초사리 육상배양장에서 실시되었다.

나. 종묘배양 시험

1) 수중배양 : 돌미역 자연서식지인 구자도앞바다에서 비닐봉지(60×100 cm, 두께 0.1 mm)에 구멍(∅0.5 cm)을 뚫고 유주자가 부착된 채묘틀을 1개씩 동봉하였다. 연승수하식으로 채묘틀 50개(5,000 m)를 수중 관리하면서 유주자 부착에서부터 아포체 발아 단계까지 생육상태를 조사하였다.

2) 육상배양 : 초사리 육상배양장에 냉각기 1대(3.5 HP)를 설치 수온을 21.0~23.0℃로 유지하면서, 채묘틀 150개(15,000 m)를 채묘하였으며, 유주자 부착에서부터 아포체 발아 단계까지 조사하였다.

3) 가이식 : 1996년 11월 20일과 23일 2일간 구자도 앞바다에 채묘틀 90개(9,000 m)를 현지 투명도선인 1.8 m 수층에 가이식을 실시하였다. 유엽의 일시대량 출현을 위해 3회에 걸쳐 시비를 실시하였고, 유엽의 발아율 및 발아상태를 조사하였다.

3. 돌미역의 양성 및 제품 생산

가. 돌미역 양성시험

1) 양성시설 및 어장환경

진도군 의신면 구자도 앞바다에 전남도로부터 1.0 ha의 시험(교습)어업 승인을 받아 1996년 12월 24일에 연승수하식으로 15대(1,500 m)를 시설하였으며, 친승수위별(4단계) 및 부착밀도별(3단계)로 구분하여 설치하였다. 어장환경요인으로서 수온, 비중, DO를 조사하였다.

2) 양 성

월 2회에 걸쳐 친승수위별, 부착밀도별로 업체장 및 업체중(습중량), 업체 부위별 성장도, 업체의 형태, 해적생물 부착상태, 병해 발생여부 및 업체의 단련 정도를 조사하였다.

3) 관리 및 수확

외해의 풍파와 조류가 강한 지역에 시설한 관계로 시설물 유실 방지에 중점을 두고 관리하였으며, 수확은 시식회를 위해서 2회, 제품생산을 위해 6회를 실시하였다.

나. 제품생산

수확한 미역을 건조장으로 옮겨 미리 준비한 건조틀에 자연 건조시켰다. 건조기간은 2일이 소요되었으며 건조시킨 후에는 밀폐된 비닐속에 잘 묶어 보관하였다.

다. 경제성 분석

현지 어가조사를 통하여 자연산 돌미역의 생산구조, 생산현황, 판매형태, 유통경로 및 수급구조를 조사하였으며, 미역 양식 1대(100 m)를 기준으로 일반 양식 미역과 양식 돌미역의 수익성 분석을 실시하였다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과

가. 진도산 돌미역의 생태학적 기초연구

1) 진도 돌미역의 서식 및 생태학적 연구

가) 분포 및 생활사

(1) 형태

유엽의 형태(개재 성장시)는 일반 미역과 동일 하나 엽장 8 cm 내외에서 잎과 줄기 사이에 성장대가 형성되고 열편이 생기면서 부터 돌미역의 특징을 나타내기 시작한다. 성엽에서는 엽상체 전체 모양이 우모상(羽毛狀)을 띠고 있으며 열각이 깊고 엽편수가 많으며 포자엽과 영양엽이 이어져 있으며 포자엽 주름수도 2~6개로 적어 남방형과 북방형의 중간형을 나타내고 있었다. 이와 같은 현상은 서식지역이 외해에 면해 수심이 깊고 풍파와 조류가 강하며, 와류가 형성되는 환경에서 살아남기 위한 적응과정에서 비롯된 것으로 사료된다.

(2) 분포

자연산 돌미역은 조도면 독거도를 중심으로 한 인접 오지 도서 지역의 외해에 면한 장소로 풍파의 영향을 많이 받고 조류가 강해 와류가 발생하는 등, 상·하층수의 교환이 활발한 지역에 순군락을 형성하여 서식하고 있다. 진도 자연산 돌미역을 대표할 수 있는 서식장소는 조도면 독거도, 청등도, 죽향도, 동거차, 서거차 병풍도, 맹골도 성남도 와 의신면 구자도등이다.

(3) 생활사

돌미역의 생활사는 거시적 포자체와 현미경적 배우체의 이형 세대교번을 하는 1년생 해조류이다. 포자체는 이른 봄부터 여름에 걸쳐 조간대 하부에서 저조선대 부근의 암반에 부착하여 생육한다. 6~7월경 뿌리와 줄기 부근에 주름모양의 포자엽이 생기고, 포자엽 표면에는 유주자낭이 만들어지고 여기에서 유주자가 형성된다. 유주자는 서양배형($8.5 \times 4.5 \mu\text{m}$)이며 복부에 2개의 편모와 후부에는 엽록체를 가지고 있다. 유주자가 암반 등 기질에 착생하면 편모는 소실되며 구상형으로 된다. 구상체는 발아를 하여 자성배우체와 음성배우체로 발달한다. 배우체는 성숙하여 수정을 통해 발아하여 아포체로 되며 아포체는 성장하여 엽상체인 포자체로 된다.

(4) 해황과 돌미역의 작황

해황과 돌미역 작황과의 관계는 수온, 강수량, 폭풍일수등과 밀접한 연관을 나타낸다. 진도 자연산 돌미역의 경우 수온과 작황과는 매년 큰 차이를 보이지 않았으나, 1996년 2~5월 수온이 평년보다 낮아 작황에 영향을 미쳤을 것으로 사료된다. 폭풍일수는 유주자 방출시기(7~8월)와 아포체 발아시기(3월)에 많으면 갯닻기가 잘되어 풍작이 예상되었다. 그러나 작황과 생산량과의 관계는 반드시 정비례하지 않는 것으로 나타났다. 이는 수확시기가 7월말에서 8월 초의 사리때로 한정되어 있어, 이때의 기상조건에 따라 생산량이 크게 좌우되며, 어촌인구의 고령화 및 작업상의 위험성 때문에 작황과 생산량과는 차이를 보였다.

나) 생태학적 특징

(1) 어장환경

1996년 1월부터 8월 초순까지 서식지역의 수온분포는 $8.0 \sim 20.0^\circ\text{C}$ 범위를 보였으며, 수온이 가장 낮은 시기는 2월중으로 8.0°C 를 나타내었다. 엽상체 출현시기인 3월 하순에서 4월 초순사이에는 9.5°C 였으며, 주성장기인 6~7월 중순은 $15.0^\circ\text{C} \sim 18.0^\circ\text{C}$ 범위를 보였고, 주 채취기인 7월 하순부터 8월 초순까지는 $19.5 \sim 20.0^\circ\text{C}$ 를 나타내었다.

비중은 외양에 면한 곳으로서 연중 변화가 적었으며, 동계는 1.026~1.027, 하계는 1.024~1.025의 범위를 보였다.

유속은 창조 및 낙조류가 1.0~2.0 m/sec로서 매우 빠르고, 특히 돌미역이 군락을 형성 서식하고 있는 지역은 와류가 발생하는 지역이 많으며 풍파 또한 강하였다.

수심은 서식 암반에서 급경사를 이루며 서식 주위가 8~26 m 범위를 나타내었으며 투명도는 1.6~2.0 m 범위로 비교적 탁하였다.

(2) 엽상체 출현 및 성장도

엽상체는 당해년도에 발아하지 못하고 수온이 상승하는 3월 하순에서 4월 초순에 엽상체로 출현하는 것으로 나타났으며, 1996년 4월 4일 진도군 조도면 청등도(목여)에서 엽장 0.3~0.8 cm의 엽상체를 첫 발견하였다.

5월까지의 6~8 cm 내외로 성장이 부진하나 수온이 15~18℃를 보이는 6월부터 7월에 성장이 급격히 빨라져 전장 95~162 cm로 주성장기를 나타내었다. 그후 엽체의 선단부분이 강한 파도와 조류에 의한 유실현상과 병행해서 일부 끝녹음 현상이 발생하는 것으로 판단되었다.

(3) 유주자 방출

포자엽(미역귀) 길이가 3 cm 내외인 7월 초순부터 유주자가 일부 방출하기 시작하였고, 이때의 유주자 방출수는 현미경 100배 1시야당 3개체 내외였으며, 중순에는 20개체 내외, 주 채취기인 하순경에는 200개체 내외를 나타내었다.

(4) 부착층 및 부착밀도

부착층은 조간대하부에서 저조선대 부근에 착생하였다. 급경사를 이루는 곳은 부착층이 0.5~0.8 m 내외로 좁고, 완경사를 보이는 곳(특히 저조선 부근의 평평한 여)은 3~5 m 범위로 부착층이 넓었다. 부착밀도는 조류소통이 좋으며 풍파가 심하고 와류가 발생하는 지역에 순군락을 형성하고 있으며, 900 cm²당 8~50개체가 부착 서식하고 있었다. 부착밀도가 낮은 곳에서는 녹

조류 3종, 갈조류 4종, 홍조류 11종이 관찰되었다. 이중 홍조류 산호말과(Family Corallinoideae) 종들이 우점하고 있었다.

나. 돌미역의 종묘생산

1) 채 묘

가) 포자엽(미역귀) 준비

돌미역은 형질이 우수한 순군락지역에서 포자엽(미역귀)의 길이가 3~9 cm 범위의 다갈색~흑갈색을 띠는 것을 선별하였다. 유주자 방출이 최대치를 보이는 1996년 7월 31일 진도군 의신면 구자도(하도) 앞바다에서 50 kg, 8월 4일 진도군 조도면 독거도(납데기), 청동도(목여)에서 각각 75 kg씩 총 200 kg을 확보하였다. 확보된 포자엽(미역귀)을 얼음이 든 아이스박스에 넣어 채묘 장소까지 운반하였다.

나) 그늘 말리기

운반된 포자엽(미역귀) 100 kg을 통풍이 좋은 음지에서 1시간 동안 그늘 말리기를 하였다.

다) 유주자 방출 및 채묘

(1) 수중배양용

자연산 돌미역 서식지인 진도군 의신면 구자도 앞바다에서 1996년 7월 31일 채묘를 실시하였다. 유주자는 해수에 넣은 5분후 대량방출이 시작되어 25분까지 현미경 100배 1시야당 100~200개체가 나타났다. 제조된 유주자액에 준비된 채묘틀을 넣고 40분간 유주자를 부착시켰으며, 이때 수온 상승 방지를 위해 얼음을 활용하여 21.0~23.0℃를 유지하였다.

(2) 육상배양용

1996년 7월 31일, 8월 4일 2회에 걸쳐 진도군 의신면 초사리 육상배양장에서 채묘를 실시하였다. 수조는 냉각장치를 활용하여 21.0℃ 내외의 수온을 유지한 해수와 자연해수를 사용하였다. 유주자 방출 및 채묘 방법은 수중배양분과 동일하게 150틀(15,000 m)을 채묘하였다.

2) 종묘배양 시험

가) 수중배양

(1) 배양환경

진도군 의신면 구자도앞바다에서 1996년 7월 31일부터 11월 23일까지 총 116일간 종묘배양을 실시하였다. 어장 환경은 수온이 12.4~23.6℃, 비중 1.0231~1.0260, DO 8.2~9.2 mg/ℓ, 투명도는 1.5~2.0 m였다.

(2) 배양방법

돌미역 자연 서식지 현장 앞바다에서 비닐봉투(60×100 cm, 두께 0.1 mm)에 구멍(∅0.5 cm)을 5~6개 뚫고, 유주자를 부착한 채묘틀을 1개씩 동봉하여 연승수하식으로 채묘틀 50개(5,000 m)을 배양하였다. 관리는 1주일에 한번씩 채묘틀 및 비닐에 부착한 부니를 제거해 주고 손상이된 비닐봉투는 교체하여 주었으며, 이때 친승수위는 현지 투명도선인 1.8 m를 유지하였다.

(3) 성장 및 발아수

자연 수중배양은 잡조의 다량 부착으로 인하여 배우체가 발아하지 못하고 사멸되었으나, 비닐봉투를 이용한 수중배양은 채묘 14일 경과후 현미경 100배 1시야당 배우체수 4~8개, 30일 경과 후 3~6개, 60일 경과후 3~5개체가 확인되었으며, 그후 100일 경과한 11월 7일에는 수정이 이루어져 일부 아포체로 발아하였다.

나) 육상배양

진도군 의신면 초사리 육상배양장에서 1996년 7월 31일부터 11월 20일까지 총 113일간 육상배양을 실시하였으며, 냉각장치 활용배양(120틀 12,000 m)과 자연해수 활용배양(30틀 3,000 m)를 병행 실시하였다.

(1) 배양환경

냉각장치를 활용하여 8~9월중의 수온을 21.0~23.0℃ 유지하였으며, 조도는 1,000~2,000 lux, 비중은 1.0224~1.0253, DO는 7.4~8.1 mg/l 였다. 자연해수 배양은 수온이 24.5~26.6℃이었으며, 조도는 400~1,500 lux로 조절하였다.

10~11월은 수온 하강으로 냉각장치 가동을 중단하고 자연해수 수온인 13.6~22.0℃를 유지하였다.

(2) 배양방법

10~11월은 조도를 2,000~3,000 lux로 조절하였고, 물갈이는 1일 0.5~3회를 환수하였으며, 시비는 배우체 수정후 아포체의 발아촉진을 위해서 질산나트륨(NaNO_3 500:1)과 제2인산나트륨(Na_2HPO_4 2,000:1) 희석액에 15분간 침적하였다. 씨줄 뒤집기는 조도 1,000 lux에서 10일에 1회, 2,000~3,000 lux일때는 5일에 1회 실시하였다.

(3) 성장 및 발아수

냉각장치를 활용하여 수온을 24.5~26.6℃ 보다 2.4~3.6℃ 낮은 22.1~23.0℃로 배양한 수조에서는 유주자 부착 및 배우체 성장이 양호하여 현미경 100배 1시야당 5~10개체를 나타내었다. 자연해수 배양에서는 유주자 부착수는 4~8개체를 보였으나, 발아 단계에서 대량 탈락하여 배우체수는 0.5개체 미만을 나타내었다. 아포체 발아수도 냉각장치 활용배양에서는 3~6개체를 보인 반면, 자연해수 배양에서는 0.1개체 미만으로 저조하여 육상배양시에는 냉각장치가 필수적인 것으로 나타났다.

다) 가이식 시험

(1) 가이식 시기와 어장환경

1996년 11월 20일부터 12월 23일까지 진도군 의신면 구자도 앞바다에 육상배양분 50틀(5,000 m)과 수중배양분 20틀(2,000 m) 총 70틀(7,000 m)을 가이식 하였다. 가이식장 어장환경은 수온이 10.5~13.6℃, 비중 1.0254~1.0262, 투명도 1.7~2.0 m, DO는 8.6~9.8 mg/ℓ 이었다.

(2) 가이식 방법 및 시비

가이식 수층은 1.8~1.0 m를 유지하였으며, 부니는 2일간격으로 제거해 주었고, 4일간격으로 채묘틀을 상하로 교체하였다. 아포체 초기 발아시 성장촉진 및 유엽의 일시 대량 출현을 위해 질산나트륨(NaNO_3 500:1)과 제2인산나트륨(Na_2HPO_4 2,000:1)을 희석하여 시비를 2일 간격으로 3회 실시하였다. 그 결과 육상배양분 및 수중배양분 모두 망사 1 cm당 2~4개체의 유엽이 발아하였다. 시비를 실시하지 않은 대조구에서는 망사 1 cm당 0.5개체 미만으로 발아율이 저조하였다.

다. 돌미역의 양성 및 제품생산

1) 돌미역 양성

가) 양성시설

자연산 돌미역 서식지역인 진도군 의신면 구자도(하도) 앞바다에 1.0 ha의 시험·교습어업을 전남도로부터 승인을 받아 1996년 12월 24일부터 1997년 5월 19일까지 146일간 15대(1,500 m)를 연승수하식으로 관리하였다. 어미줄은 ϕ 16 mm 폴리에틸렌로우프를 사용하였고, 유엽의 크기는 0.5~1.0 cm였으며, 밀도별로 3단계(망사 10 cm당 10개체 이상, 5개체 내외, 1개체 미만)로 구분 씨줄붙이기를 하였다. 밧의 설치 방향은 창조류와 낙조류 방향으로 하였으며, 친승수위는 2.0 m, 1.5 m, 1.0 m, 0.5 m, 4단계로 구분 시설 하였다.

나) 어장환경

수온 8.3~15.4℃, 비중 1.0260~1.0267, DO 9.2~10.2 mg/ℓ, 투명도 1.7~2.0 m, 유속은 대조시 창조류가 1.1 m/sec, 낙조류가 1.4 m/sec이었다. 수심은 16.1~20.5 m를 나타내었으며, 저질은 니질과 일부 패각질로 구성되어 있었다.

다) 성장 및 작황

(1) 엽체장과 엽체중

성장도는 1996년 12월에서 1997년 2월까지의 평균 엽체장이 0.5 cm에서 10 cm 까지 성장하는데 66일이 소요되어, 1일 1.5 mm의 부진한 성장 상태를 보였으며, 엽체중도 2.0 g에 불과하였다. 엽체장 10 cm 이상에서는 성장 속도가 빨라져, 5월 평균엽장 185 cm까지는 1일 23.3 mm의 양호한 성장을 보였으며, 평균 엽체중도 5월 274.9 g까지 1일 평균 3.4 g 증가를 보였다. 특히 4월중에 성장이 제일 활발하여 엽체장 100 cm, 엽체중 200 g이 증가하였다. 양식 돌미역은 자연산에 비해 노출에 의한 단련시간이 없기 때문에 평균 엽체장은 20 cm 크게 나타났으나, 포자엽이 3.2 cm 작고, 최장 엽편 길이가 4 cm정도 짧게 나타났다.

(2) 부착밀도별 작황

친승 10 cm 기준 1개체 미만 부착한 곳은 자연산에 비해 엽체가 넓어지면서 열각이 깊지 않고 줄기폭(+2.2 cm), 줄기두께(+0.8 cm), 포자엽 길이(+4.5 cm)가 큰 것으로 나타나 돌미역의 형태적 특징을 보이지 않았다.

친승 10 cm 기준 10개체 이상 부착한 곳은 엽체의 형태는 자연산과 유사한 형태로 열각이 깊고, 줄기폭 및 줄기두께가 비슷하게 나타나 돌미역 고유 형태를 유지하기 위해서는 친승 10 cm 기준 10개체 이상의 부착밀도가 필요한 것으로 나타났다.

(3) 친승수위별 작황

엽장 10 cm 미만에서는 친승수위를 1.5~2.0 m(현장 투명도선)선에 유지한 것이 해적생물 부착율이 적고 유연 발아 및 성장이 양호하였다. 엽장 10 cm에서 70 cm 사이에서는 0.5 m선에서 성장률이 빠르며 포자엽과 영양엽 사이가 짧은 자연산 돌미역의 형태를 보였다. 엽장 70 cm 이상에서는 친승수위를 1.5~2.0 m 유지선에서 엽체의 엽편이 좁고 열각이 깊으며, 엽체 단련기간 동안 엽체 노화현상이 발생하지 않았다.

라) 관리 및 수확

(1) 관 리

외해의 풍파와 조류가 강한 지역에 시설한 관계로 침자 및 부자의 유실이 많아 수시로 보강하였다. 보식은 실시하지 않았으며, 해적생물 구제는 엽체 10 cm 미만일때 1주일 간격으로 실시하였다.

(2) 수 확

어촌지도사업 설명회(1997. 4. 2) 및 진도 신비의 바닷길 영등축제시(1997. 4. 8) 생중량으로 250 kg, 500 kg를 채취 시식회를 통한 진도 돌미역의 양식가능성 및 양식 돌미역 우수성을 홍보하였다. 1997년 5월 2일부터 19일까지 6회에 걸쳐 생중량으로 2,080 kg를 수확하였다.

자연산 돌미역의 수확시기(7~8월)에 비해 양식산 돌미역 수확시기(4~5월)는 2~3개월 정도 조기 생산이 가능하다. 왜냐하면 양식산 돌미역은 인공종묘생산을 통해 당해년도에 아포체를 거쳐 유연화하여 양성장에 시설이 가능하나, 자연산은 노출, 수온, 조류, 파도 등 환경조건에 의해 당해년도 아포체로 발아하지 못하고 다음해 3~4월에 아포체로 발아 유연화가 일어나기 때문이다.

라) 부착 생물 및 병해

부착생물은 파래와 갑조류로 업체가 10 cm 이상 성장하면 돌미역 부착밀도가 양호한 곳에서는 자연사멸 하였다. 갑각류의 단각목(Amphipoda)에 속하는 *Ceinina japonica* Stephensen가 부착기 부분에서 일부 발견되었으나, 그 수는 적었으며, 요각류(Copepoda)계통은 발견되지 않았다. 또한 시설장소가 외해에 접해 조류 및 풍파가 강한 곳으로서 병해징후는 발생치 않았다.

2) 제품생산

가) 운반과정

수확한 미역은 그물자루에 30~40 kg씩 넣어 차광 및 해수를 뿌려 온도 상승에 따른 품질저하를 방지하도록 하여 운반하였다.

나) 건조

돌미역을 하나씩 옮겨 건조틀(38×130 cm)에 맞게 미역의 형태를 형성하였다. 건조틀은 햇빛이 잘 들고 통풍이 좋은 곳에 30~45 ° 경사를 주어 1일 3~5회 뒤집어 주어 건조시키며 보통 2일 소요되었다. 수확된 미역은 5월 15일부터 19일까지 5일간 건조를 실시하여 40묵의 제품을 만들었다.

다) 보관

습기가 적으며 차고 어두운 방에 나무판자를 깔고 원예용 비닐을 구입가로 5 m, 세로 2 m, 높이 6 m의 큰 비닐 봉투를 만들어 건조된 미역을 엇갈리게 쌓아 올린 다음 밀봉하여 보관하였다.

라) 판매

20가닥을 1묵(건중량 4.4 kg)으로 묶어 판매하였으며 가격은 묵당 평균 92,500원에 비계통 판매하였다.

3) 경제성 분석

가) 미역양식어업의 경영분석

연승수하식 1대(100 m)를 기준으로 하여 건제품으로 제품화하였을때 일반 양식미역은 25뿔생산이 가능하다. 뿔당 평균 가격은 20,000원으로 조수입은 500,000원이며 생산비는 194,040원이 소요되어 순수익은 305,960원이었다.

양식 돌미역은 동양식 시험결과에 의하면 15뿔 생산이 가능하며, 뿔당 평균 92,500원에 판매하였으므로 조수입은 1,387,500원이며, 생산비는 259,637원이 소요되어 순수익은 1,127,863원이었다. 따라서 일반 양식 미역에 비해 대당 821,903원이 높게 나타나 부가가치가 아주 높은 품종으로 분석되었다.

나) 경영개선 방안

돌미역양식의 수익성 증대를 위해 대규모 시설에 의한 양적 생산보다는 고품질 미역의 안정적 생산이 중요하다. 또한 우량품종의 선발, 교잡육종 등 유전적 특성을 구명할 필요가 있다.

내수시장 확대를 위해 진도산 돌미역에 대한 지속적인 홍보 및 소비자와의 직거래를 통하여 소비를 촉진하고 제품의 다양화가 요구되고 있다. 이를 위해 양식어장을 해역별, 품종별로 어장을 재배치하여 질적 향상을 통한 효율적인 어장이용 관리 방법이 강구되어야 할것이다.

2. 활용에 대한 건의

돌미역 양식 기술 개발로 돌미역의 생리생태 구명을 통해 인공종묘 생산이 가능하게 되었으며, 양식 방법 정립으로 돌미역 서식지선에서는 양식이 활성화되어 지역 특산품종으로 육성 지역경제에 기여할 것으로 예상된다.

진도산 돌미역은 지리적으로 국토의 최서남단에 위치하여 파도와 조류가 강하고 인위적 오염원이 없는 외해의 청정해역에서만 양식이 가능하기 때문에 현대인의 고혈압, 당뇨병, 비만증, 동맥경화 등 성인병 예방은 물론 산모의 혈액순환을 원활하게 하는 국민 천연 건강식품으로서 각광을 받아 진도 돌미역의 가치는 시간이 지날 수록 높게 평가될 것이다.

가. 목표의 달성도(기술성·경제성)

진도 자연산 돌미역에 대한 서식지 실태 조사를 통하여 생활사를 구명하였으며, 이 결과를 기반으로하여 돌미역 서식지선 어장의 수중배양과 냉각장치를 이용한 육상배양 방법을 정립시켜 인공 종묘생산을 가능하게 하였다. 조류가 빠르고 풍파가 심한 자연산 돌미역 서식지선 외해에 양식을 시도하여, 자연산 돌미역과 형태적으로나 질적으로 유사한 제품을 생산할 수 있는 방법을 정립시켜으며, 오지 도서 어업인들의 오랜 숙원 사업이었던 돌미역 완전양식 기틀을 마련하였다. 가격도 상품은 못당 120,000원(평균 92,500원)까지 받아 오지 도서 지역의 영세한 어업인들의 신소득원으로서 소득증대 효과가 기대된다.

나. 연구결과의 활용 가능성 정도

양질의 돌미역이 서식하는 오지 도서 지역에는 전기시설이 없을 뿐만 아니라 배양장 시설도 없어 냉각장치 활용이나, 육상배양은 불가능하기 때문에, 이 연구에서 실시한 수중배양 방법은 시설이 극히 간단하며 비용이 적게 소요되기 때문에 영세한 어업인들이 실용화 할 수 있는 가장 좋은 종묘배양 방법이라 판단된다. 양성방법도 기존 양식 미역 방법을 보완, 개선하였기 때문에 쉽게 실용화가 가능하며 양질의 자연산 돌미역이 서식하는 오지 도서 지역 어업인들의 소득증대 효과를 제고시키는데 용이하게 활용될 것으로 사료된다.

그러나, 양식한 돌미역이 자연산 돌미역과 형태적으로나 질적으로 유사한 제품을 생산할 수 있는 지역은 자연산 돌미역이 서식하고 있는 진도군 조도면 일원의 외해성 어장에 한정될 가능성이 높다.

따라서 돌미역 양식어장의 확대 및 고품질 양식미역 생산을 위해, 일반미역이 생산되는 내만성 어장에서도 시험양식을 통해 자연산 돌미역과 같은 형질이 유지되는지 금후 유전적, 환경적 요인에 대한 연구 분석이 요구된다.

S U M M A R Y

I. Title

Studies on the Wild Sea-Mustard, *Undaria pinnatifida*, Culture

II. Purpose and Importance

1. Purpose

Chindo's naturally grown wild sea-mustard is the best of its kind in the whole nation. It is a special product of Chindo, which has a high monetary value. However, due to limited area of natural habitat, availability of the product is low; thus, artificial cultivation of the product is imperative. The purpose of this study is to provide foundation for successful culture by developing artificial seeding and cultivation technique and by analyzing ecological and biological data which can be obtained through investigation of the natural habitat.

2. Importance

Due to location of wild sea-mustard's natural habitats being near southwestern part of Korea, where exist strong currents and clean ocean, it has unique good aroma and taste with a lumpy chewing texture. Thus, it is considered to be a better product and more highly valued when compared to other common sea-mustards.

However, a yield of the wild sea-mustard is decreased constantly. For the development of the local economy, culture techniques of wild sea-mustard should be developed.

III. Contents and Scope

1. Ecological Study of Wild Sea-Mustard

Three islands which are natural habitats of wild sea-mustard, Tokkodo, Chungdungdo, and Kujado, were selected for experiment sites. The experiment was performed once or twice monthly from January to August of 1996.

1) Natural Habitat and Ecological Study

(1) Habitat Distribution and Life Cycle

Through investigation of habitat distribution, morphological comparison and life cycle were studied by observing development and growth stages and by comparing the difference to those of commonly cultured sea-mustard. Also, relationship between ocean environment and harvesting at different growth stages were studied.

(2) Ecological Characteristics

① Ocean Environment : Water temperature, specific gravity, current velocity, water depth, and transparency were studied at experimental sites.

② Appearance and Growth of Thalli : From the attachment of zoospores to germination, growth of the thalli were measured in the three experimental sites were compared for the purposes of growth rate.

③ Release of Zoospores : The time when zoospores release and maximum release period were studied.

④ Attachment Zone and Density : Attachment condition and density were investigated according to the water depth and slope degree of natural habitat, between lower intertidal zone and subintertidal zone.

2. Seed Production

1) Seeding

A total of 200 kg of sporophylls were collected from the three habitat sites of wild sea-mustard, and they were transported to the seedling site in an ice-box, filled with ice, for the purpose of keeping the activity of zoospores. The culture of in situ took place in Kujado which is one of the wild sea-mustard's natural habitats; whereas Chosa-ri, Chindo was the site for tank culture, where the actual seeding was performed while a cooling device was attached to the tank to keep the constant water temperature constant.

2) Seed Culture

(1) In situ Culture Method : Seed collector that zoospores were attached, were enclosed to vinyl bags (60 cm × 100 cm, thickness : 0.1 mm) with holes(∅0.5 cm). And 50 seed collector(5,000 m) were hanged to the long-line rope. The seed collector remained underwater and were monitored for analyzing life cycle from zoospore attachment to development of young sporophyte.

(2) Tank Culture Method : The growth from zoospore attachment to development of young sporophyte was monitored and analyzed in a tank that had a cooling device(3.5 HP) which could keep water temperature between 21.0°C and 23.0°C. A total of 150 seed collectors were used for the experiment.

(3) Intermediate Culture Method : A total of 90 seed collector were submerged in Kujado coast to the depth where transparency was 1.8 meters. Fertilizer was applied for a large number of young blades to appear simultaneously. Then, budding rate and state of young sporophytes were investigated.

3. Cultivation and Production

1) Cultivation Experiment

(1) Culture System and Marine Environment : Fifteen long-line ropes(1,500 m) were installed on December 24, 1996 after an area(1.0 ha) along Kujado coast was approved by Chollanamdo government for an experimental cultivation. The long-line ropes were submerged at four different water depths with three distinctive attachment densities. Marine environment around the culture ropes, which includes water temperature, specific gravity and DO, were investigated.

(2) Cultivation : For two times a month, the followings for thalli were investigated for each depth and attachment density : ① total length and wet weight ② growth per different parts of thallus ③ shape ④ attachment status of harmful fouling organism ⑤ diseases ⑥ hardness.

(3) Maintenance and Harvesting : A special attention through proper maintenance was given to preventing loss of the culture facility from strong currents. The cultured wild sea-mustard were harvested twice for sample tasting events, and six times for actual production.

2) Production

The harvested wild sea-mustard were transported to a drying place, and naturally dried by being placed on drying racks. The drying took two days. After drying, they were placed in vinyl bags which were later sealed and stored.

3) Analysis from Economical Perspective

By visiting people in the wild sea-mustard culture business, a survey was conducted in categories of production system and status, forms of sale, distribution channels, and supply-and-demand system. Then, profitabilities of wild sea-mustard and common sea-mustard were analyzed for one culture set(100 m of long-line) basis.

IV. Results and Suggestion

1. Results

A. Basic Ecological Study

1) Habitat and Ecological Study

(1) Distribution and Life Cycle

① Morphology : Growth of young blade of wild sea-mustard was similar to that of common sea-mustard; however, when total length of

thalli was around 8cm, formation of growing point between pinnate blade and midrib appeared, which is a wild sea-mustard's unique characteristic. Thalli had a feather-like shape with deep lobations. It had many pinnate blades, and sporophylls and vegetative blades were connected. They were as little as two to six ripples per sporophyll. These results are characteristics that are between *Undaria pinnatifida* f. *typica* and *Undaria pinnatifida* f. *distans*. These results are thus interpreted as a way to survive in a harsh marine environment created by strong wind and wave, rapid currents and eddy.

② Distribution : Chindo's wild sea-mustard massively grow in population near the subtidal zone around Tokkodo where marine environment is heavily influenced by strong wind and currents, and there are active circulations of water from different depths. Natural habitats are distributed throughout islands of Tokkodo, Chungdungdo, Chukangdo, Tonggochado, Sogochado, Pyongpungdo, Maenggolto, Sangnamdo and Kujado.

③ Life Cycle : This species had one-year life cycle heterogeneratae which contains both microscopic gametophyte and macroscopic sporophyte. Sporophytes attached themselves between lower intertidal zone and subtidal zone, and grew from early spring to all through the summer. Sporophylls began to appear near the holdfast and midribs around June and July. On those sporophyll surfaces, zoosporangiums were formed, in which zoospores were produced. Zoospores were pear-shaped($8.5 \mu\text{m} \times 4.5 \mu\text{m}$), and had two flagella in mid-section and chloroplast near the rear. After attaching to a rock, zoospores lost flagella, and became a globoid. They then budded and developed into male and female gametophytes. Young sporophytes were formed from fertilization of matured gametophytes, and grew to become sporophytes.

④ Marine Environment and Harvesting : The amount of harvesting showed a close relationship with marine environment, i. e., water temperature, rainfall and number of high wind days. During February to May period of 1996, in particular, water temperature was lower than the yearly average. And that is expected to be the cause of less harvesting for that year. If the number of high wind days were high during zoospore release period (July~August) and young sporophyte budding period (March), abundant harvesting is expected. That is because high wind and strong waves wash out undesired organisms from the natural habitat. However, harvesting and production were not necessarily directly proportional to one another. That is because harvesting is limited to August period and weather condition plays a big part. In addition, aging of local fishermen and danger involved in harvesting also made a big difference in production.

(2) Ecological Character

① Cultivative Environment of Culture Ground : Water temperature ranged from 8.0°C to 19.5°C during the period between January and August of 1996. The lowest temperature, 8.0°C, was recorded during the month of February. From late March to early April, which is the period for appearance of thalli, the temperature was 9.5°C. During the main growth period, June to July, it varied from 15.9°C to 18.0°C. Harvest period, late July to early August, it was 19.5~20.0°C. Specific gravity did not show any significant changes, due to open sea location of the sites. It ranged from 1.026 to 1.027 during winter, and 1.024 to 1.025 during summer. Current velocity was 1.0 m/sec to 2.0 m/sec between flood-tide and ebb-tide, which is considered rather fast. There was a wide spread of eddy with strong wind and currents, especially near wild sea-mustard's growth-in-population site. Wild sea-mustard's natural habitat was located

on steep rocks that were 8 m to 26m deep. Surrounding water had a transparency of 1.6 m to 2.0 m and was turbid.

② Appearance of Thalli and Growth : Thalli appeared the following year, 1996 during late March to early April when water temperature began to rise. On April 4, 1996, thalli with 0.3cm to 0.8cm length were first found near Chungdungdo. Thalli grew to 6~8 cm by May, which was considered insignificant; however, between June and July, when water temperature rose to 15~18°C, thalli grew to 95~162cm. Thus, June and July proved to be the rapid growth period. After July, end parts of thalli were dissolved and eroded by strong waves and current, thus, causing loss.

③ Release of Zoospores : In early July, when sporophyll length was around 3 cm, zoospores were released in small numbers. At this time, only three zoospores were sighted when examined with a microscope($\times 100$). Eventually, the number of released zoospores increased to 20 for mid-July, and 200 for late July which was the main harvest period.

④ Attachment Zone and Density : The area between lower intertidal and subtidal was the attachment zone, where corals(Corallinoideae sp.) also exist. Steep rocks provided a narrow attachment zone, about 0.5 m to 0.8 m; whereas, relatively levelled rocks provided a wide attachment zone, about 3 m to 5 m. Attachment density was high near the areas with strong wind, waves, currents and eddy. In those areas, there were large numbers of wild sea-mustard growth in a stock, and 8~50 were attached per 900 cm² area. Three species of Chlorophyta, four species of Phaeophyta, and eleven species of Rhodophyta were observed around low density zone. Of these, Rhodophyta(Family Corallinoideae) were the majority.

B. Seed Production

1) Seeding

(1) Preparation of Sporophyll

High quality sporophylls were collected from the natural habitat. High quality is characterized by 3~9 cm in length and yellowish brown~dark brown in color. A total of 200 kg of sporophylls, 50 kg from Kujado on July 31, 1996 and 75 kg each from Tokkodo and Chungdungdo on August 4, 1996 were collected. The collection dates were the days of maximum release of zoospores. Collected sporophylls were transported to the seeding place, using ice-box.

(2) Drying in Shades

100 kg of transported sporophylls were dried in shades for an hour, where air circulation was good.

(3) Release of Zoospores and Seeding

① In situ Culture : On July 31, 1996, in situ culture was installed underwater near Kujado coast. Five minutes after being submerged, massive release of zoospores occurred. By 25 minute, 100~200 were sighted for each microscopic view($\times 100$). Seed collector were placed in the zoospores solution, and submerged for 40 minutes while attachment process took place. In order to keep water temperature between 21.0°C and 23.0°C, ice was used.

② Tank Culture : At Chosa-ri tank culture site, two separate installations took place, once on July 31, 1996 and the other on August 4, 1996. Seawater, of which temperature was maintained around 21.0°C by using a cooling device(3.5 HP), was used for tank water. Zoospore release

and attachment to 150 seed collector(15,000 m) were carried out utilizing the same method used in situ culture.

2) Seed Culture

(1) In Situ Culture

① Environment of Culture Ground : Surveys were conducted for 116 days, from July 31, 1996 to November 23, 1996. Results from the surveys of environment were 20.0~23.6°C for water temperature, 1.0231~1.0260 for specific gravity, 8.2~9.2 mg/ℓ for DO, and 1.5~2.0 m for transparency.

② Cultivation Method : Each seed collector that zoospores attached was enclosed in a vinyl bag(60 cm × 100 cm, thickness: 0.1 mm) with five to six holes(∅0.5 cm). Hanging long-line rope with 50 seed collector(5,000 m) were cultivated. Weekly maintenance was conducted to detach mud from seed collector and vinyl bags, while damaged vinyl bags were replaced with new ones. Depth of the long-line rope was maintained at where transparency was 1.8 m.

③ Growth and Number of Germination of Young Sporophytes : Germination of young sporophytes of in situ(no vinyl bag) culture was unsuccessful because of epiphytic algae. However, with the use of vinyl bags, 4~8 gametophytes after 14 days, 3~6 after 30 days, and 3~5 after 60 days were observed per microscopic view(×100). After 100 days, on November 7, 1996, some young sporophytes were germinated as a result of fertilization.

(2) Tank Culture

Tank culture was conducted at Chosa-ri facility for 113 days, from July 31, 1996 to November 20, 1996. 120 seed collector(12,000 m) were cultured in temperature controlled seawater with use of a cooling device, and 30 seed collector(3,000 m) in natural seawater.

① Cultivation Condition : Constant water temperature of 21.0~23.0°C range was maintained by the cooling device, even during August and September. Light intensity of 1,000~2,000 lux, specific gravity of 1.0224~1.0253, and DO of 7.4~8.1 mg/ℓ were maintained. For natural sea water method, temperature range was 24.5~26.6°C, and light intensity was kept at 400~1,500 lux.

② Culture Method : For natural sea water method, light intensity was maintained at 1,000~400 lux during August and September, and 2,000~3,000 lux during October and November. On the other hand, light intensity of cooling device method was maintained at 1,000~2,000 lux during August and September, and 2,000~3,000 lux during October and November. Seawater was changed at the rate of 0.5~3 times daily. To accelerate germination of young sporophytes, seed collector were submerged in water for 15 minutes, which contained fertilizers, NaNO₃ at 500 : 1 dilution ratio and Na₂HPO₄ at 2,000 : 1.

③ Growth and Number of Germination of Young Sporophytes : Zoospore attachment and gametophyte growth were better in tank containing artificially cooled water which was cooled by 2.4~3.6°C than in natural seawater tank. Per microscopic sight(×100), 5~10 zoospores in artificially cooled water tank, 4~8 in natural seawater tank were observed. However, zoospores from natural seawater tank fail to grow, showing only an average of 0.5 individuals survival; whereas, most of zoospores from the artificially cooled water tank were successful in growth and development. Number of budding sporophytes in artificially cooled water tank was 3~6, which was much better than an average of 0.1 in natural seawater tank. Therefore, It was proven that a cooling device would be required for a successful tank culture.

(3) Intermediate Method

① Experiment Period and Environment : A total of 70 seed collector(7,000 m), 50 collector(5,000 m) for tank culture and 20 collector(2,000 m) for in situ culture, were installed near Kujado coast from November 20, 1996 to December 23, 1996. At these sites, water temperature, specific gravity, transparency, and DO were 10.5~13.6°C, 1.0254~1.0262, 1.7~2.0 m, and 8.6~9.8 mg/ℓ, respectively.

② Method and Application of Fertilizer : Water depth was maintained between 1.8 m and 2.0 m. Mud was cleaned out once every two days, and seed collector were turned upside down once every four days. While young sporophytes were budding, fertilizers, NaNO₃ at 500 : 1 dilution ratio and Na₂HPO₄ at 2,000 : 1, were applied to accelerate growth and simultaneous appearance of young blades. The fertilizer application was conducted once in two days for a total of three times. As a result, two to four young blades germinated per 1cm rope for both in situ and tank culture. Without fertilizer application, germination of young sporophytes was poor with an average of 0.5 per 1 cm rope.

C. Cultivation and Production

1) Cultivation

(1) Cultivative System

Fifteen set of long-line ropes(1,500 m) were submerged for a total of 146 days, from December 24, 1996 to May 19, 1997, after an area(1.0 ha) near Kujado coast was approved by Chollanamdo government for an experimental cultivation. Polyethylene rope(φ 16 mm) was used as the main rope, and young blade length ranged from 0.5 cm to 1.0 cm. Seed strings were coiled around the main rope, and were differentiated by three

different attachment densities, more than ten young blades, five and less than one per 10 cm of the main rope. The main rope was installed at four different depths, 2.0 m, 1.5 m, 1.0 m and 0.5 m, in parallel direction to current created by flood-tide and ebb-tide at four different depths, 2.0 m, 1.5 m, 1.0 m and 0.5 m.

(2) Environment

Water temperature, specific gravity, DO and transparency were 8.3~15.4°C, 1.0260~1.0267, 9.2~10.2 mg/l and 1.7~2.0 m. During spring tide period, current velocities were 0.9 m/sec for flood-tide and 1.4 m/sec for ebb-tide. Ocean depth was between 16.1 m and 20.5 m, and the bottom of sea consisted of mud and seashell fragments.

(3) Growth and Harvest

① Growth of Thalli : Growth of thalli was poor showing mean length growth from 0.5 cm to 10 cm (mean daily growth of 1.5 mm) in a total of 66 days, from December of 1996 to February of 1997, and weighted 2.0 g. After that period, growth accelerated, where mean daily growth was 23.3 mm until mean length of 85 cm in May, and daily weight increase was 3.4 g until mean weight of 274.9 g in May. April, in particular, showed the highest growth with increases of 100 cm in length and 200 g in weight. Cultured wild sea-mustard has advantages over natural ones due to the fact that natural ones are less exposed to the air than culture ones. Mean length of thalli and sporophylls were longer than those of natural one by 20 cm and 3.2 cm, respectively. Growth rate of cultured thalli was superior to that of natural ones, while the longest pinnate blade measured at 4 cm, meaning cultured ones retained natural wild sea-mustard's characteristics.

② Harvesting per Attachment Density : Low attachment density part (less than one per 10 cm of the main rope) produced thalli with less lobation, wider midrib by 2.2 cm, thicker midrib by 0.8 cm, and longer sporophylls by 4.5 cm than natural wild sea-mustard's thalli. Thus, wild sea-mustard from low density area did not retain natural wild sea-mustard's characteristics. On the other hand, high density part (more than ten per 10 cm of the main rope) produced ones that showed characteristics of natural wild sea-mustard. Therefore, in order to culture desired wild sea-mustard, high attachment density is a must.

③ Harvesting per Depth : When total length of thalli was less than 10 cm, 0.5~2.0 m proved to be the depth for the least existence of harmful marine organisms, and where budding of young blades and growth were excellent. When total length of thalli was between 10 cm and 70 cm, 0.5 m depth provided rapid growth with short distance between sporophylls and vegetative thalli. After thalli grew to be longer than 70 cm, 1.5~ 2.0 m depth provided the environment for narrow lobes with deep lobation and hardness which prevented aging.

(4) Maintenance and Harvesting

① Maintenance : Due to strong wind, waves and currents that are resulted from open sea location, presently used equipments were reinforced to prevent loss of anchors and floaters, which occurs frequently. Lost thalli were not replaced, and removal of epiphytic marine organisms from thalli that were shorter than 10 cm was conducted on a weekly basis.

② Harvesting : 250 kg and 500 kg of cultured wild sea-mustard were harvested for sample tasting events during two separate occasions, fishery business guidance/explanation event on April 4, 1997 and Chindo's Youngdung Festival on April 8, 1997. Through these events, possibility of cultivation and superiority of the cultured wild sea-mustard were explained

to the public. The cultured wild sea-mustard were harvested in six times from May 2nd to 19th of 1997, totalling 2,080 kg. Cultured wild sea-mustard can be harvested during April and May period which is two to three months earlier than July and August harvest period of natural ones. This is because artificial seeding of cultivation process allows acceleration of young sporophytes' growth into young sporophytes; whereas, the same process in the harsh natural environment takes much longer, which results in appearance of young sporophytes in March or April of the following year.

(5) Epiphytic Marine Organism and Diseases

Epiphytic organisms were *Ulva* and other seaweeds, but when thalli grew to be longer than 10 cm in length, attachment of undesired organisms disappeared where attachment density was higher. Very little *Ceinina japonica*, which belongs to Amphipoda, was found around roots, and Copepoda was not found. No other diseases were found, which is due to the cultivation sites 'geographical locations' consequential harsh natural environment.

2) Production

(1) Transportation

Harvested wild sea-mustards were put in bags and transported which do not allow light to penetrate, and sprayed with seawater to prevent deterioration due to rise in temperature.

(2) Drying

Transported wild sea-mustards were individually placed on drying racks to form a marketable shape. The racks were placed on 30° ~ 45°

inclined slopes where there was ample sunlight with good air circulation. They were turned over three to five times daily, and complete drying took two days. All of harvested wild sea-mustards were dried from May 15th to 19th, and a total of 40 moots(1 moot = 4.4 kg, dry weight) were produced.

(3) Storage

Dried products were stored in a dry, cold and dark space. First, boards were laid on the floor and the products were stacked in cross paths, then enclosed in vinyl bags(W: 5 m × L: 2 m × H: 6 m) which then were covered with large blankets.

(4) Sale

The basic sale unit is one moot which is made of 20 long stems of dried products, and they were sold at an average price of 92,500 won per moot.

3) Economical Evaluation

(1) Analysis of Sea-Mustard Culture Business

From 1 set installation(100 m long-line rope), 25 moots of common sea-mustard can possibly be produced. Price per moot is 20,000 won, thus, the total sale from 1 set is 500,000 won, and production cost is 194,040 won. Therefore, net profit is 305,960 won. For experimentally cultured wild sea-mustard, 15 moots can possibly be produced, and total sale from 1 set can be 1,387,500 won(92,500 won × 15 moot). With production cost of 259,637 won, net profit is 1,127,863 won. Comparison of net profits from the two different types of sea-mustards, difference being 821,903 won, shows superior added value for the experimentally cultured wild sea-mustard.

(2) Suggestions for Improvements on Business Management

In order to increase income from wild sea-mustard culture, stable production of high quality product is more important than production of large quantities of no-so-high quality product using large production facilities. Also, there is a need for selecting more highly valued products, hybrid breeding, and utilizing inherited characteristics.

There is a need for continuous efforts on public relations, direct sales with end users, and diversifying product types, in order to promote and increase domestic market. To achieve this, more efficient cultivation site management is needed; this can be accomplished by adjusting cultivation sites according to location and product type for quality improvement.

2. Suggestions on Maximum Use of the Results of the Experiment

Development of cultivation technology, which revealed biological and ecological aspects of wild sea-mustard, made it possible for successful artificial cultivation. It is expected that establishment of cultivation method will vitalize culture business near the areas of wild sea-mustard's natural habitats, and consequently improve local economy.

It is possible to culture wild sea-mustard only near Chindo area where waves and currents are strong, and lacks man-made pollution. Wild sea-mustard is helpful in preventing human diseases, such as hypertension, diabetes, over-weight, and arteriosclerosis. It is also good for improving blood circulation in women who recently gave births. This product will eventually be valued more highly as a result of being recognized as a natural health food.

A. Accomplishment of Technical and Economical Goal

The experiments, which throughly investigated natural habitat and life cycle, became a solid foundation for making artificial cultivation possible, by succeeding marine culture and tank culture which was made possible with an aid of a cooling device. This successful experimental cultivation set a foundation for realizing long awaited dream of local fishermen's desire for cultivating wild sea-mustard. Fishermen can earn up to 120,000 won per moot(average price of 92,500 won), and low income fishermen from remote islands are expected to benefit from this.

B. Possible Use of the Experimental Results

Near remote islands which are natural habitats of high quality wild sea-mustards, lacks benefits of electricity and land base culture facilities. Thus, tank culture method proves to be impossible for the area. However, the experimented long-line rope system method is very simple and inexpensive to implement, and is considered to be best suited for cultivation near remote islands. Since this cultivation method is a reinforced version of existing methods, it can easily be implemented and is considered to boost local fishermen's income.

But, it is possible that cultivation sites are limited to remote islands around Chindo in order to produce wild sea-mustards with similir, if not the same, quality and characteristics. Therefore, to produce better quality common sea-mustard, more detailed study about inherited and environmental factors are required.

CONTENTS

List of Tables	44
List of Figures	47
Explanation of Plates	49
Chapter I. Introduction	53
Chapter II. Biological Basal Study of Wild Sea-mustard in Chindo	56
Section 1. Habitat and Ecological Study of Wild Sea-Mustard in Chindo	56
1. Materials and Methods	56
2. Result and Discussion	56
A. Habitat Distribution and Life Cycle	56
1) Morphology	56
2) Distribution	59
3) Life Cycle	59
4) Environmental Factors and Growth	61
5) Marine Environment and Harvest	63
B. Ecological Character	68
1) Cultivative Environment	68
2) Appearance of Thalli and Growth	71
3) Release of Zoospore	73
4) Attachment Zone and Density	73
3. Summary	75

Chapter III. Seed Production.....	78
Section 1. Seedling.....	78
1. Materials and Methods	78
2. Result and Discussion	78
A. Cultivation Facility and Equipment.....	78
1) Seed Collector and Fiber	78
2) Seed Culture House and Tank.....	78
B. Seed.....	80
1) Sporophyll Preparation.....	80
2) Drying in Shades.....	80
3) Release of Zoospore.....	80
4) Seedling.....	81
3. Summary.....	82
Section 2. Seed Culture	83
1. Marine Culture and Tank Culture.....	83
A. Materials and Methods.....	83
B. Result and Discussion.....	83
1) In Situ Culture.....	83
a) Environment of Culture Ground.....	83
b) Cultivation Method.....	84
c) Growth and Number of Young Blades	84
2) Tank culture	85
a) Culture Condition	85
b) Culture Method.....	86
c) Growth and Number of Young Blades.....	87
d) Comparison of In Situ and Tank Cultures.....	89
C. Summary.....	90

2. Intermediate Method	91
A. Materials and Methods	91
B. Result and Discussion.....	91
1) Period of Intermediate Culture.....	91
2) Place of Intermediate Culture and its Environment.....	92
3) Intermediate Culture Methods	92
4) Application of Fertilizer and Germination fo Young Blades.....	92
5) Transportation of Seed Strings	93
C. Summary	93
Chapter IV. Cultivation and Production.....	94
Section 1. Cultivation.....	94
1. Materials and Methods	94
2. Result and Discussion	94
A. Environment of Culture Ground.....	94
1) Temperature	94
2) Specific Gravity and DO	95
3) Current Velocity, Depth and Transparency	95
B. Coiling of Seed String Around Main Rope	96
C. Culture System	98
D. Growth and Harvest	100
1) Growth	100
2) Harvesting per Attachment Density	103
3) Harvest per Depth	104
E. Maintenance and Harvesting.....	104
1) Maintenance	104
2) Harvesting.....	105
F. Epiphytic Marine Organism and Diseases	106
3. Summary	107

Section 2. Production	109
1. Materials and Methods	109
2. Result and Discussion	109
A. Transportation	109
B. Drying	109
C. Storage	110
D. Sale.....	111
3. Summary	111
 Section 3. Economical Analysis	 112
1. Materials and Methods	113
2. Result and Discussion	113
A. Cultivation and Distribution	113
1) Status of Cultivation	113
2) Sale and Distribution Channels	115
3) Supply and Demand	116
B. Analysis of Cultivation Management	117
1) Profitability Analysis	117
C. Improvement on Business Managment	119
1) Increasing Profit.....	119
2) Increasing Domestic Market.....	119
3) Improvement of Quality	120
4) Proper Management of Cultivation Sites	121
3. Summary	122
 References.....	 123
Plates	125

목 차

표 목차.....	44
그림목차	47
사진목차	49
제 1장. 서론.....	53
제 2장. 진도산 들미역의 생물학적 기초연구	56
제 1절. 진도산 들미역의 서식 및 생태학적 연구	56
1. 재료 및 방법	56
2. 결과 및 고찰	56
가. 분포 및 생활사	56
1) 형태	56
2) 분포	59
3) 생활사	59
4) 환경조건과 들미역의 성장	61
5) 해황과 미역 작황	63
나. 생태학적 특징.....	68
1) 조사지 개황.....	68
2) 엽상체의 출현 및 성장도.....	71
3) 유주자 방출.....	73
4) 부착층 및 부착밀도	73
3. 요약.....	75

제 3장. 돌미역의 종묘생산.....	78
제 1절. 채묘.....	78
1. 재료 및 방법.....	78
2. 결과 및 고찰.....	78
가. 배양시설 및 기재.....	78
1) 씨줄과 씨줄틀	78
2) 배양사 및 수조.....	78
나. 채묘.....	80
1) 포자엽준비.....	80
2) 그늘말리기.....	80
3) 유주자 방출	80
4) 채묘.....	81
3. 요약	82
제 2절. 종묘배양시험.....	83
1. 수중 및 육상배양.....	83
가. 재료 및 방법.....	83
나. 결과 및 고찰.....	83
1) 수중배양.....	83
가) 필요성 및 배양환경.....	83
나) 배양방법	84
다) 성장 및 발아수.....	84
2) 육상배양.....	85
가) 배양환경	85
나) 배양방법.....	86
다) 성장 및 발아수.....	87
라) 육상배양 및 수중배양의 장단점 비교.....	89
다. 요약.....	90

2. 가이식 시험	91
가. 재료 및 방법	91
나. 결과 및 고찰	91
1) 가이식 시기	91
2) 가이식장 및 어장환경.....	92
3) 가이식 방법	92
4) 시비 및 유엽의 발아	92
5) 씨줄수송방법.....	93
다. 요약.....	93
제 4장. 들미역의 양성 및 제품생산	94
제 1절. 들미역 양성시험.....	94
1. 재료 및 방법.....	94
2. 결과 및 고찰.....	94
가. 양성장의 환경	94
1) 수온	94
2) 비중 및 DO	95
3) 유속, 수심 및 투명도.....	95
나. 어미줄과 씨줄 붙이기.....	96
다. 양성시설.....	98
라. 성장 및 작황	100
1) 성장	100
2) 부착밀도별 작황.....	103
3) 친송수위별 작황	104
마. 관리 및 수확	104
1) 관리	104
2) 수확	105
바. 부착생물 및 병 해.....	106
3. 요약	107

제 2절. 제품생산.....	109
1. 재료 및 방법.....	109
2. 결과 및 고찰.....	109
가. 운반과정.....	109
나. 건조.....	109
다. 보관.....	110
라. 출하.....	111
3. 요약.....	111
제 3절. 경제성 분석.....	112
1. 재료 및 방법.....	113
2. 결과 및 고찰.....	113
가. 양식 및 유통 현황	113
1) 양식현황	113
2) 판매형태 및 유통경로	115
3) 미역 양식어업의 수급구조	115
나. 미역 양식어업의 경영분석	116
1) 수지분석	116
다. 미역 양식어업의 경영개선방안.....	119
1) 수익성 증대방안	119
2) 내수시장 확대방안	119
3) 품질 제고 방안.....	120
4) 합리적인 어장관리 방안.....	121
3. 요약.....	122
참고문헌.....	123
사 진.....	125

표 목 차

표 1. 우리나라 미역의 시설 및 생산현황.....	53
표 2. 일반 미역과 돌미역의 형태 특징.....	58
표 3. 돌미역 서식지별 유향 및 유속.....	70
표 4. 돌미역 서식지별 평균수심 및 투명도.....	70
표 5. 돌미역 서식지별 월별 평균 성장도.....	71
표 6. 돌미역 자생지 해조류 분포상.....	74
표 7. 수중배양시 어장환경	84
표 8. 육상배양시 환경	85
표 9. 육상배양 결과	87
표 10. 일반 미역 양성장과 돌미역 양성장의 수온변화	95
표 11. 돌미역 양성장의 환경.....	96
표 12. 양성시설 소요 자재 내역	98
표 13. 돌미역 부위별 월별 성장도	102
표 14. 자연산 돌미역과 양식산 돌미역의 부위별 성장도	102
표 15. 부착밀도별 돌미역의 부위별 성장도	103
표 16. 양식산 돌미역의 일별 수확량	106
표 17. 돌미역의 일별 건조량.....	110
표 18. 양식 돌미역의 판매현황.....	111
표 19. 진도 양식미역의 시설 및 생산현황.....	114
표 20. 일반 양식미역과 돌미역의 가격 비교.....	114
표 21. 일반미역의 수출 및 국내 소비량.....	115
표 22. 일반 미역시설 단위당 수익성 분석.....	117
표 23. 양식 돌미역 시설 단위당 수익성 분석	118
표 24. 진도산 미역의 성분 분석표	120

List of Tables

Table 1. Production and facilities of wild sea-mustard in Korea from 1990 to 1996.....	53
Table 2. Morphological comparisons common and wild sea-mustards.....	58
Table 3. Directions and velocities of currents at individual natural habitat of wild sea-mustard in Chindo	70
Table 4. Depth and transparency at individual natural habitat of wild sea-mustard in Chindo.....	70
Table 5. Monthly growth at individual natural habitat of wild sea-mustard from April to July 1996 in Chindo.....	71
Table 6. List of epiphytic algae observed at three localities.....	74
Table 7. Environment of culture ground from August to November 1996 in Chindo	84
Table 8. Conditions of tank culture of wild sea-mustard seed collector from August to November 1996	85
Table 9. Result of tank culture.....	87
Table 10. Comparisons of seawater temperature between common and wild sea-mustards culture grounds	95
Table 11. Ocean environment of sea-mustard culture ground in Chindo from December 1996 to May 1997	96
Table 12. Parts list for installation materials of the cultivation facility(1 dae : 100 m of long-line rope).....	98
Table 13. Monthly growth of wild sea-mustard at various parts of thallus.....	102
Table 14. Monthly growths of natural and cultured sea-mustards at various parts of thallus	102

Table 15. Wild sea-mustard growths for three different attachment densities	103
Table 16. Daily harvested amount of cultured wild sea-mustard.....	106
Table 17. Daily dried amount of harvested wild sea-mustards.....	110
Table 18. Sale status of Cultured wild sea-mustard.....	111
Table 19. Installation and production of cultured sea-mustard in Chindo...	114
Table 20. Price comparison between common and wild sea-mustards...	114
Table 21. Export and domestic consumption of common sea-mustard...	115
Table 22. Profit analysis of common sea-mustard from 100m long-line rope.....	117
Table 23. Profit analysis of wild sea-mustard from 100m long-line rope...	118
Table 24. Chemical composition analysis between Chindo's and other's sea-mustard	120

그림 목 차

그림 1. 돌미역 양식기술 개발 단계별 추진도.....	55
그림 2. 진도산 돌미역의 형태.....	57
그림 3. 진도산 돌미역의 서식지.....	60
그림 4. 돌미역의 생활사	62
그림 5. 돌미역의 생산량	64
그림 6. 진도 녹진의 수온변화도.....	64
그림 7. 진도의 월별 폭풍일수.....	66
그림 8. 진도의 연 평균 강수량	66
그림 9. 자연산 돌미역 3개의 생태 조사지점	68
그림 10. 조사지점과 진도 녹진의 수온변화	69
그림 11. 조사지점과 진도 녹진의 비중변화	69
그림 12. 조사지점별 돌미역의 성장도.....	72
그림 13. 자연산 돌미역의 유주자 방출량	73
그림 14. 돌미역 인공양식 과정도.....	79
그림 15. 돌미역의 배우체와 포자체 발아과정	88
그림 16. 양식시설 어장위치도	97
그림 17. 연승수하식 양식시설도	99
그림 18. 평균 업체장의 월별 성장도	101
그림 19. 평균 업체중의 월별 성장도	101

List of Figures

Fig. 1. Overview diagram of cultivation technology.....	55
Fig. 2. Dimensions of the thallus of Chindo's wild sea-mustard.....	57
Fig. 3. Natural habitats of wild sea-mustard in Chindo.....	60
Fig. 4. Life cycle of wild sea-mustard.....	62
Fig. 5. Production amount of wild sea-mustard in the natural population during 1993 to 1997 in Chindo.....	64
Fig. 6. Fluctuation of seawater temperatures at Nokjin, Chindo from 1992 to 1996.....	64
Fig. 7. Monthly high-wind days during 1992 to 1996 in Chindo.....	66
Fig. 8. Average rain fall in Chindo during 1992 to 1996.....	66
Fig. 9. Locations of three ecological investigation sites(★ : sampling sites).....	68
Fig. 10. Water temperatures between sampling site and Nokjin, Chindo from January to August 1996.....	69
Fig. 11. Specific gravities between sampling site and Nokjin, Chindo from January to August 1996.....	69
Fig. 12. Growth of natural wild sea-mustard at investigation sites.....	72
Fig. 13. Amount of released zoospores of natural wild sea-mustard.....	73
Fig. 14. Overview diagram of artificial culture of wild sea-mustard.....	79
Fig. 15. Development of gametophytes and sporophyte of wild sea-mustard.....	88
Fig. 16. Location of cultivation facility.....	97
Fig. 17. Illustration of long-line rope installation.....	99
Fig. 18. Monthly growth of total length of wild sea-mustard thalli.....	101
Fig. 19. Monthly growth of wet-weight of wild sea-mustard thalli.....	101

사 진 목 차

사진 I

- 사진 I-1. 조간대 하부의 부착생물상.....126
- 사진 I-2. 서식지 암반조사(0.3~0.8mm 엽상체 첫발견)126
- 사진 I-3. 풍파가 심하며 와류가 발생하는 서식지.....126
- 사진 I-4. 순군락을 형성하고 있는 자연산 돌미역.....126
- 사진 I-5. 유주자 방출량 조사를 위한 포자엽 채취126
- 사진 I-6. 채묘를 위한 포자엽 채취126

사진 II

- 사진 II-1. 아포체의 발아(현미경 100배)128
- 사진 II-2. 유엽의 출현(현미경 40배).....128
- 사진 II-3. 초기 유엽의 성장(1cm내외).....128
- 사진 II-4. 성장단계별 유엽의 형태.....128
- 사진 II-5. 자연산 돌미역의 형태.....128
- 사진 II-6. 양식산 돌미역의 형태.....128

사진 III

- 사진 III-1. 채취한 포자엽130
- 사진 III-2. 유주자액 제조과정130
- 사진 III-3. 채묘틀에 유주자 부착장면.....130
- 사진 III-4. 비닐봉투를 이용한 수중배양.....130
- 사진 III-5. 수중배양시 비닐교체 작업.....130
- 사진 III-6. 냉각장치를 활용한 육상배양.....130

사진 IV

사진 IV-1. 어미줄에 씨줄감기132
사진 IV-2. 씨줄을 붙인 어미줄.....132
사진 IV-3. 본양성 시설작업 환경.....132
사진 IV-4. 양성장 시설 전경.....132
사진 IV-5. 돌미역 유엽의 성장132
사진 IV-6. 성장기 양식 돌미역132

사진 V

사진 V-1. 수확기 양식 돌미역.....134
사진 V-2. 건조틀에 가담미역 만들기.....134
사진 V-3. 건조과정.....134
사진 V-4. 건조된 미역을 못단위로 결속하고 있는 모습사진134
사진 V-5. 돌미역 양식 연구발표회.....134
사진 V-6. 양식 돌미역 시식회장.....134

Explanation of Plates

Plate I

- Pl. I -1. Attachment organisms of lower intertidal zone.....126
- Pl. I -2. Investigation of rock near natural habitats of wild sea-mustard
(Discovery of 0.3mm~0.8mm thalli)..... 126
- Pl. I -3. Wild sea-mustard habitat's strong waves, wind and eddy.....126
- Pl. I -4. Natural wild sea-mustard forming a stock126
- Pl. I -5. Collecting sporophylls for investigating release of zoospore ...126
- Pl. I -6. Collecting sporophylls for seeding.....126

Plate II

- Pl. II -1. Germination of young sporophytes(microscopic magnification : 100
times).....128
- Pl. II -2. Appearance of young blades(microscopic magnification: 40 times)....128
- Pl. II -3. Early growth of young blades(about 1cm).....128
- Pl. II -4. Morphological of young blades at different growth stages128
- Pl. II -5. Morphological of natural wild sea-mustard128
- Pl. II -6. Morphological of cultured wild sea-mustard.....128

Plate III

- Pl III-1. Collected sporophylls from the natural population130
- Pl III-2. Process of making zoospore solution130
- Pl III-3. Dipping seed collector in the zoospore solutions.....130
- Pl III-4. Vinyl bag used in situ culture of seed frame.....130
- Pl III-5. Replacing vinyl bags for in situ culture of seed collector.....130
- Pl III-6. Cooling device used in tank culture of seed collector.....130

Plate IV

Pl. IV-1. Coiling seed string around main rope.....132
Pl. IV-2. Main rope with coiled seedling rope.....132
Pl. IV-3. Installation of long-line ropes.....132
Pl. IV-4. Culture ground in Cindo132
Pl. IV-5. Growing young blades of cultured wild sea-mustard.....132
Pl. IV-6. A growing stage of cultured wild sea-mustard.....132

Plate V

Pl.V-1. Cultured wild sea-mustard during harvesting period134
Pl.V-2. Placing the harvest onto drying rack134
Pl.V-3. Drying process.....134
Pl. V-4. Bundling the dried pieces in a moot unit.....134
Pl.V-5. Educational seminar studies on the culture wild sea-mustard...134
Pl.V-6. Sample tasting event of cultured wild sea-mustard134

제 1 장 서 론

우리나라에서 미역양식은 1960년대 후반에 시작된 이후, 1970년대초 인공 종묘 생산기술과 연승수하식 양식방법의 개발로 양산체제를 갖추음으로서 본격적인 대일수출이 시작되었다. 미역수출은 외화 획득은 물론, 우리나라 수산 수출물의 주요 품종으로 자리잡게 되었으나, 1980년대 후반들어 수출부진, 과잉생산, 가격하락, 인건비 상승, 연작에 의한 병해발생 등의 악재속에 설상가상으로 1992년 중국산 미역이 수입됨으로써, 우리나라 미역 양식산업이 침체의 길로 접어 드는 추세를 보이고 있으나(표 1), 최근에는 미역이 국민 건강 식품으로서 각광을 받아 국내 소비가 활기를 띠면서 미역의 양식기술 개발에 대한 필요성이 더욱더 절실히 요구되고 있는 실정이다.

표 1. 우리나라 미역양식 시설 및 생산현황

Table 1. Production and facilities of wild sea-mustard in Korea from 1990 to 1996

	Year						
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Installation (Dae*)	225,628	211,121	201,721	181,700	167,714	149,289	123,094
Production (M/T)	328,373	320,906	301,294	294,548	305,350	298,439	215,357

* Dae : 100m of long-line rope

미역(*Undaria pinnatifida*)은 분류학적으로 다시마목(Laminariales)의 미역과(Alariaceae)에 속하는 대형 갈조류로 외형적 특징에 따라 遠藤(1911)는 *Undaria pinnatifida* f. *distans* MIYABE et OKAMURA, *Undaria pinnatifida* f. *typica* YENDO 및 *Undaria pinnatifida* f. *narutensis* YENDO의 3품종으로

나누었고, 岡村(1915)는 *Undaria pinnatifida* f. *typica*(남방형)와 *Undaria pinnatifida* f. *distans*(북방형)의 2품종으로 나누었다. 이때 기준이 된 형질은 줄기 길이와 중륵과 열각간의 최대폭, 포자엽의 주름수와 위치 등이었다.

그러나 이들 형질이 품종간에 섞여 나타나기도 해서 그 중간형 또는 이행형으로 보이는 것도 많아 齊藤(1960), 加藤·中久(1962), 谷口 等(1981)은 서식 환경 차이에 따른 변화에 관심을 두었다.

미역의 생태 및 양식에 관해서는 須藤(1952), 黒木·秋山(1957), 西川(1962), 右田(1963), 秋山(1965), Chang and Chang(1970), 孫(1984), 鄭 等(1989)을 비롯하여 많은 연구자들에 의해 연구개발 되었다.

현재까지 연구개발된 방법은 5~6월에 인공적으로 포자엽(미역귀)에서 방출되는 유주자를 종사에 부착시켜 수조내에서 육성관리하여 9~10월에 바다에 가이식한 후 양성한다.

진도 자연산 돌미역(일명 진도곽)은 진도군 조도면을 중심으로 인접 오지 도서 지역의 외양에 면한 수역에 풍파의 영향을 많이 받고 조류가 강해 와류가 발생하는 등 상·하층수의 교환이 활발한 청정지역에 순군락을 형성 서식하고 있다.

또한 돌미역은 자연풍광을 이용한 무공해 천연식품으로 단백질, 탄수화물, 무기질(칼슘, 인, 철), 비타민(vitamin A, B, B₂, C) 등이 많이 들어 있고, 단백질에는 글루탐산(glutamic acid), 아스파르트산(aspartic acid) 등이 다량 함유되어 있어 미역국을 끓일 때 돌미역 특유의 뿌연물과 시원한 맛을 느낄수 있으며, 현대인의 고혈압, 당뇨병, 비만증, 동맥경화등 성인병 예방은 물론 산모의 혈액순환을 원활하게 하는데 효과가 탁월해 최근 자연식에 관한 관심이 높아지면서 더욱 각광을 받고 있다. 진도산 돌미역은 전국 제일가는 특산품으로 알려져 고가로 판매되고 있으나, 생산지역이 극히 한정되고 현지 어업인들의 노령화에 따른 마을어업의 적극적인 관리(갯닦기) 미흡으로 생산량이 매년 감소추세를 보이고 있어 공급이 수요를 따르지 못하고 있어 양식의 필요성이 절실히 요청되고 있다.

따라서 진도산 돌미역의 서식지 실태 조사를 통한 생리생태를 구명하고,

인공종묘 생산 및 양성시험, 그리고 수익성 분석을 실시하여 현지 오지 도서 어업인들의 현장애로 기술을 해결 할 수 있는 실용적인 돌미역 양성 기술을 확립코져 하였다.

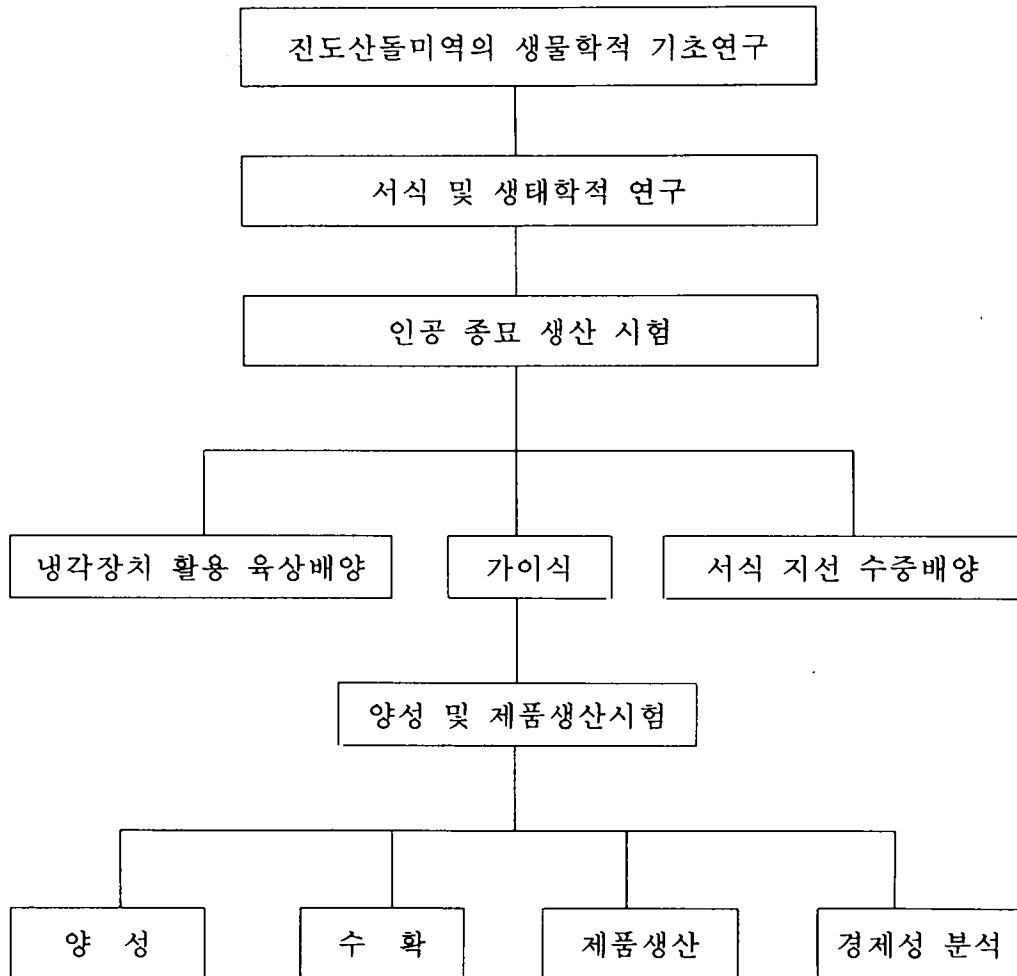


그림 1. 돌미역 양식기술 개발 단계별 추진도

Fig. 1. Overview diagram of cultivation technology

제 2 장 진도산 돌미역의 생물학적 기초연구

제 1절 진도 돌미역의 서식 및 생태학적 연구

1. 재료 및 방법

실험에 사용된 돌미역은 전남 진도군 조도면 독거도(남대기), 청등도(목여), 의신면 구자도(하도)앞바다에서 매월 1, 2회 대조시 채집하였다. 생태조사 기간은 1996년 1월부터 8월까지 실시하였으며, 채집된 시료는 아이스박스에 넣어 실험실로 운반하여 형태 및 부위별 성장도를 측정하였다(그림 2). 또한 서식지역의 분포 및 생활사, 어장환경과 생태학적 특징을 조사하였고, 해황과 생산량과의 관계를 조사하기 위하여 최근 5년간의 해황을 조사 분석하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 분포 및 생활사

1) 형 태

미역의 형태는 생육하고 있는 지역의 수심, 수온, 조류 그밖의 환경조건의 지배를 받으면서 그 특색을 나타낸다. 岡村(1915)는 *Undaria pinnatifida* f. *typica* (남방형)와 *Undaria pinnatifida* f. *distans*(북방형)의 2품종으로 나누었다. 이때 기준이 된 형질은 줄기 길이와 중륵과 열각간의 최대폭, 포자엽의 주름수와 위치 등이었다. 그러나 이들 형질의 품종간에 섞여 나타나기도 해서 그 중간형 또는 이행형로 보이는 것도 많아 齊藤(1960), 加藤·中久(1962), 谷口 等(1981), 鬼頭 等(1981), Lee(1991)는 서식 환경 차이에 따른 변화에 관심을 두었다.

진도 자연산 돌미역 엽체의 형태는 육안확인 가능한 유엽시에는 일반 미역의 형태처럼 감나무잎을 연상케 하며(사진 II-2), 엽장(전장) 8 cm 전후에서

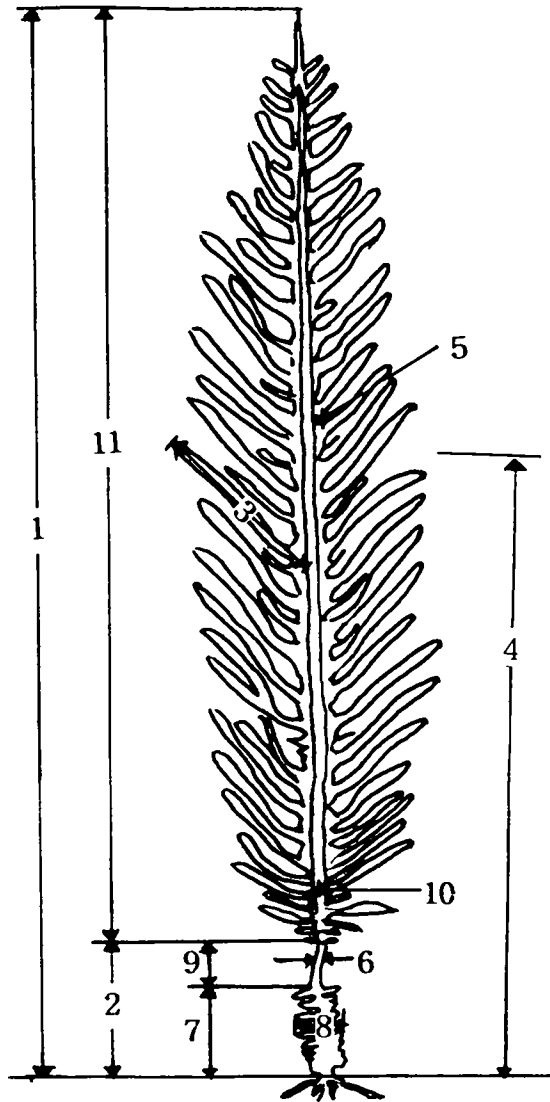


그림 2. 진도산 들미역의 형태.

1, 전장; 2, 줄기길이; 3, 최대엽폭; 4, 최대엽폭과 기부사이의 길이; 5, 중륵과 열각간의 최대폭; 6, 중륵폭; 7, 포자엽 길이; 8, 포자엽 폭; 9, 영양엽과 포자엽사이의 길이; 10, 중륵의 두께; 11, 가식부의 길이.

Fig. 2. Dimensions of the thallus of Chindo's wild sea-mustard.

1, total length; 2, stipe length; 3, length of the longest pinnate blade; 4, length between the longest pinnate blade and holdfast; 5, longest length between basal top of the incision and midrib; 6, width of midrib; 7, sporophyll length; 8, sporophyll width; 9, length between vegetative blade and sporophyll; 10, thickness of midrib; 11. length of available part.

엽편이 형성되기 시작하면서 부터 돌미역의 특징을 나타낸다(사진 II-4).

성엽시 일반 미역은 엽상부 전체 모양이 난원형 또는 피침형이며 남방형은 잎의 열각이 얇고, 엽편수가 많고, 포자엽과 영양엽이 이어지고 포자엽 주름수는 2~4개이다. 북방형은 줄기가 길고 잎의 열각이 깊고 엽편수가 적으며 포자엽의 주름수는 6~20개로 많다. 반면, 진도 자연산 돌미역은 엽상부 전체 모양이 버들잎 또는 긴대잎 모양의 우모상(羽毛狀)을 띠고 있으며(사진 II-5) 열각이 깊고 엽편수가 많으며 포자엽과 영양엽이 대체로 이어져 있으며 포자엽 주름수도 2~6개로 적은 등 남방형과 북방형의 중간형을 나타내고 있다 (표. 2). 이와 같은 현상은 서식지역이 외해에 접해 수심이 깊고 풍파가 심하며 조류가 강해 와류가 형성되는 환경에서 군락을 형성하며 살아 남기 위한 적응과정에서 비롯된 것으로 판단된다.

표 2. 일반양식 미역과 진도 돌미역의 형태적 특징

Table 2. Morphological comparison common and wild sea-mustards

	Common sea-mustard	Improved sea-mustard	Chindo wild sea-mustard
Color	light brown	dark brown	dark brown
Number of pinnate blades	about sixteen	about twenty-two	about twenty-five
Thickness of thalli	thin	thick	thick
Length between vegetative blade and sporophyll	long and round (about 40cm)	short and wide (about 6cm)	short and narrow (about 4cm)
Number of pinnate sporophyll	many small ripples (7 ~ 8)	a few large ripples (3 ~ 5)	a few small ripples (2 ~ 6)
Length of useful part	short (about 90cm)	long (about 160cm)	long (about 150cm)

2) 분 포

진도 자연산 돌미역(일명 진도곽)은 조도면 독거도를 중심으로 인접 오지 도서지역의 외양에 면한 수역에 풍파의 영향을 많이 받고, 조류가 강해 와류가 발생하는 등 상·하층수의 교환이 활발한 지역에 군락을 형성 서식하고 있다(사진 I-3).

특히 진도곽을 대표할 수 있는 양질의 미역이 분포 서식하는 지역은 위의 여건을 갖춘 조도면 독거도, 청동도, 죽향도, 동거차, 서거차, 병풍도 맹골도, 성남도, 의신면 구자도를 들 수 있다(그림 3).

3) 생활사

돌미역은 거시적 포자체와 현미경적 배우체와의 이형세대교번을 하는 1년 생 해조류이다(堀光, 1993).

포자체(그림 4-1)는 이른 봄부터 여름에 걸쳐 조간대 하부에서 저조선 부근의 암반에 부착 생육한다. 6~7월경 부착기와 줄기 부근에 주름모양의 포자엽이 발달한다. 포자엽에는 그 표면에 유주자낭이 만들어지고 유주자가 형성된다(그림 4-2). 유주자가 성숙하면 유주자낭이 터져서 유주자는 점액과 같이 방출된다. 유주자 방출은 7월 상순부터 시작하여 7월하순부터 8월 초순사이에 최대치를 이룬다. 방출된 유주자(그림 4-3)는 서양배형($8.5 \times 4.5 \mu\text{m}$)이며, 복부에는 2개의 편모를 후부에는 엽록체를 가지고 있다. 착생하면 편모는 소실되고 구상형(그림 4-4)으로 되었다가 돌기를 내는데 이것을 발아관이라고 하며 발아관을 길게하여 내용물을 이동하여 새로운 세포를 만든다. 발아체는 포복사상 모양으로 발생하여 그 반수는 큰 세포의 자성배우체(그림 4-5, 6)로, 다른 반수는 작은 세포로 분지가 많은 응성배우체(그림 4-8, 9)로 발달하며, 배우체 상태로 거친 바다의 암반에 부착하여 겨울을 지낸다. 이들 배우체는 성숙하여 끝 부분에 조정기(造精器, antheridium)와 생란기(生卵器, oogonium)가 각각 만들어지고 그속에서 하나씩의 정자와 난이 만들어진다. 조정기는 한 배우체에 여러개가 만들어지고, 생란기는 가지의 선단 부분에서 1~5개가 만들어진다.

난은 배우체에 붙어 있는 상태에서 수중을 헤엄쳐 온 정자와 수정하면

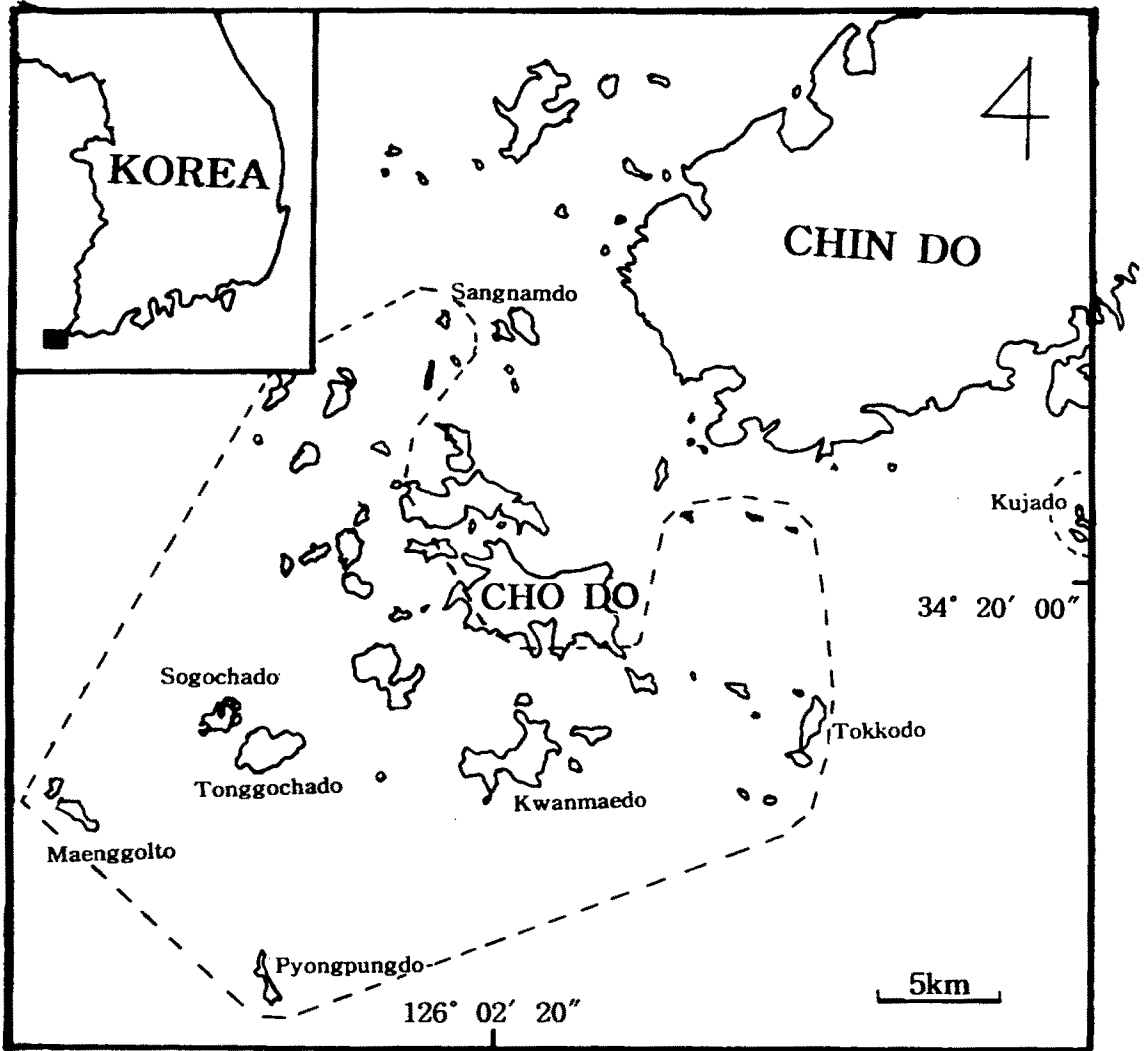


그림 3. 진도산 돌미역의 서식지.

Fig. 3. Natural habitats of wild sea-mustard in Chindo.

세포벽을 형성 발아를 시작하여 아포체(그림 4-11)로 되며, 아포체는 성장하여 포자체(그림 4-12)로 발달한다. 이 과정은 기온과 수온이 상승하는 초봄에 이루어져 지역 및 해황에 따라 3월 하순에서 4월 초순에 육안으로 확인 가능한 엽상체로 출현한다.

4) 환경 조건과 돌미역의 생장

가) 유주자의 방출 · 착생

유주자의 방출개시는 해황 및 해(年)에 따라 약간씩 다르나 일반 미역의 경우는 순(旬) 평균 수온이 14℃ 이상 될 때 방출되기 시작하여, 미역이 유실되는 22℃ 정도까지 지속된다. 진도 자연산 돌미역의 경우는 포자엽(미역귀)이 작고 조기에 형성되지 않는 관계로 포자엽의 길이가 3cm 내외로 성장하는 7월 초순(수온 17.5~18.0℃)부터 일부 방출하기 시작하여 주생산기인 7월 하순에서 8월 초순(수온 19.5~20.0℃)에 최대치를 이루며 일부 미채취한 엽체에서는 8월중순(수온 21.0~22.0℃)까지 다소 방출하였다.

따라서 유주자 방출범위 수온은 17.5~22.0℃이며, 특히 왕성하게 방출되는 시기는 수온 20.0℃ 전후이었으며, 방출된 유주자는 편모로 헤엄쳐 다니다 적당한 기질에 닿으면 편모가 소실되면서 착생하는 것으로 조사되었다.

나) 배우체의 발아 · 성장

방출된 유주자는 암면 등 기질에 착생 발아하여 배우체로 되며, 이때의 배우체 발아 성장 적수온대인 17~20℃의 기간이 이곳에서 약 30일간 지속되기 때문에 배우체 발아 성장은 순조롭고 또한 자생지 수온이 23.0℃ 이상 올라가지 않기 때문에 하계 배우체 휴면은 하지 않는 것으로 판단되었다.

다) 배우체의 성숙과 아포체의 발아

조석간만의 차에 의한 주위환경(노출, 조류, 수온, 파도)의 영향으로 당해 년도에 아포체로 발아하지 못하고 저온에 강한 배우체로 추운 겨울을 갯바위에서 지낸 후 기온과 수온이 상승하는 다음해 3월(수온 8.5~9.5℃)에 성숙하여 조정기와 생란기를 만들어 수정을 거쳐 아포체로 발아한다(사진 II-1)

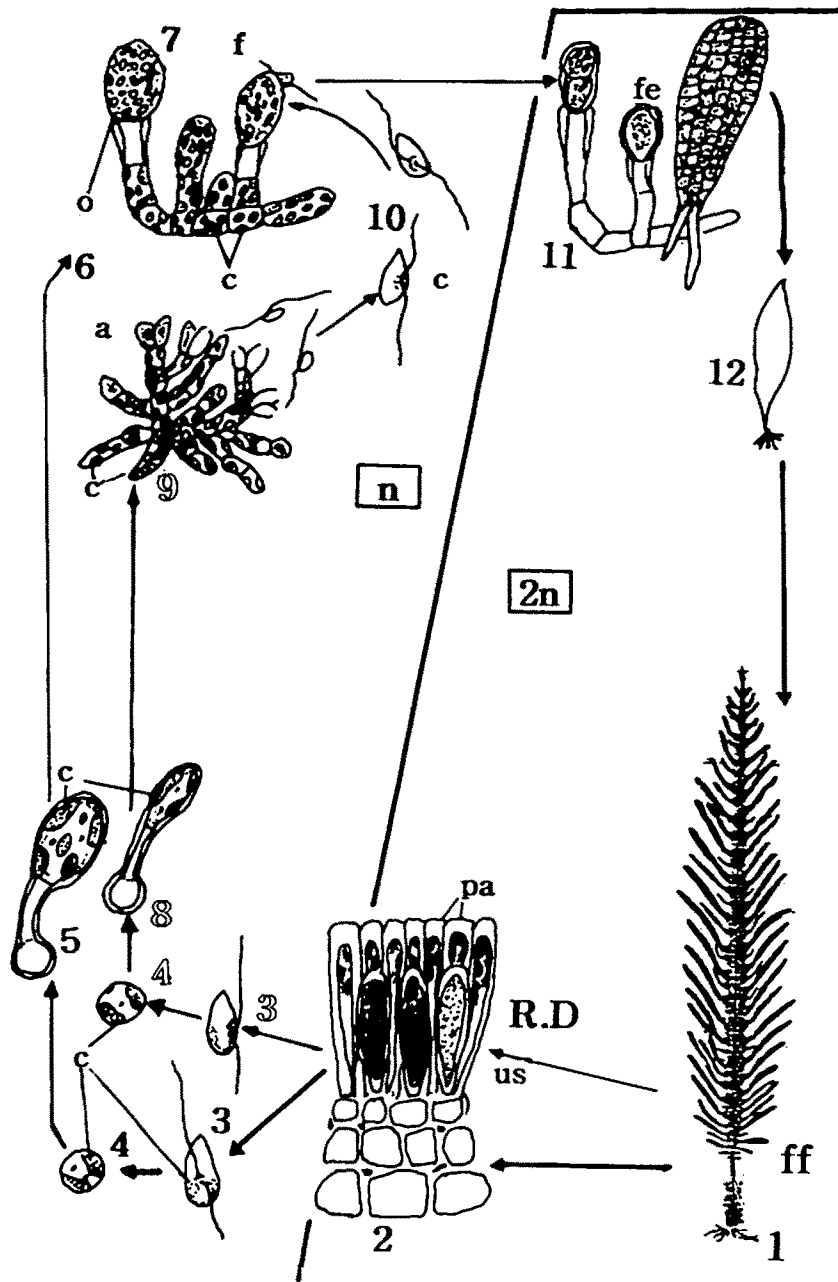


그림 4. 돌미역의 생활사.

Fig. 4. Life cycle of wild sea-mustard.

1, Sporophyte. 2, cross section of the fertile sporophyll. 3, zoospore. 4, settled zoospore. 5, 6, germination and development of the female gametophyte. 6, female gametophyte. 7, egg. 8, 9, germination and development. 10, sperm. 11, germination of the fertilized egg and development of the sporophyte. 12, young sporophyte. a, antheridium. c, chloroplast. f, fertilization. fe, fertilized egg. ff, sporophyll. o, oogonium. pa, paraphysis. us, unilocular sporangium.

라) 아포체, 엽체의 성장

아포체 및 잎과 줄기 사이의 성장대(生長帶) 형성직전의 유엽에서는 몸전체가 자라는 개재성장(介在生長)을 하며(사진 II-1, 2, 3), 아포체에서 발아한 유엽은 지역에 따라 3월 하순에서 4월 초순(수온 9.5℃)에 육안 확인 가능하다(사진 I-2). 잎과 줄기 사이에 성장대(生長帶)가 형성되면, 그 부근에서만 자라면서 증류과 빛 모양의 열편이 생긴다(사진 II-4). 9.5~10.0℃의 수온이 3월하순에서 4월 하순까지 30일간 지속되기 때문에 아주 느린 성장을 한다. 주성장 시기는 수온이 15~18℃ 사이를 보이는 6월부터 7월 중순으로 나타났으며 집단으로 순군락을 형성 서식하였다.

부착밀도에 따라서 동일지역에서도 미역의 형태가 상이함을 알 수 있으나 성장면에서는 별차이가 없었으며 극히 밀생된 지역에서는 먼저 자란 미역에 뒤에 자란 미역이 억제 당하여 소형의 엽체(엽장 30 cm 미만) 상태로 있음을 찾아볼 수 있었다.

장마가 끝나는 7월 하순에 접어들면 본격적인 채취작업에 임하게 되는데 이때 엽장의 크기는 95~162 cm 내외이며, 특별히 엽체의 끝녹음 현상은 보이지 않으나 빠른 조류와 강한 풍파에 의해 유엽시 개재성장 했던 부분에서 유실 및 일부 끝녹음 현상이 병행되고 있음을 알 수 있었다.

5) 해황과 돌미역의 작황

해황과 자연산 돌미역 작황과의 연관을 비교 검토하기 위하여 최근 5년간 수온, 강수량, 폭풍일수를 월별로 분석하였다. 수온과 강수량의 자료는 진도어촌지도소 자체 자료를 사용하였으며, 폭풍일수는 목포기상대의 자료를 이용하였다.

일본의 川名(1937), 木不·石要(1940), 新崎(1953) 등에 의하면 해황 변동과 풍흉 관계는 대체로 다음과 같은 관계가 있다고 보고하고 있다.

첫째, 수온이 높은 지방에서는 유주자의 발아시기와 배우체의 발아시기(5~7월)의 수온이 낮으면 다음 해에 풍작이 된다. 둘째, 추운 지방에서는 1, 2월의 수온이 평년보다 높을수록 좋고, 따뜻한 지방에서는 4, 5월의 수온이 낮은 해에 풍작이 되기 쉽다. 셋째, 유주자의 방출기인 4, 5월과 아포체의

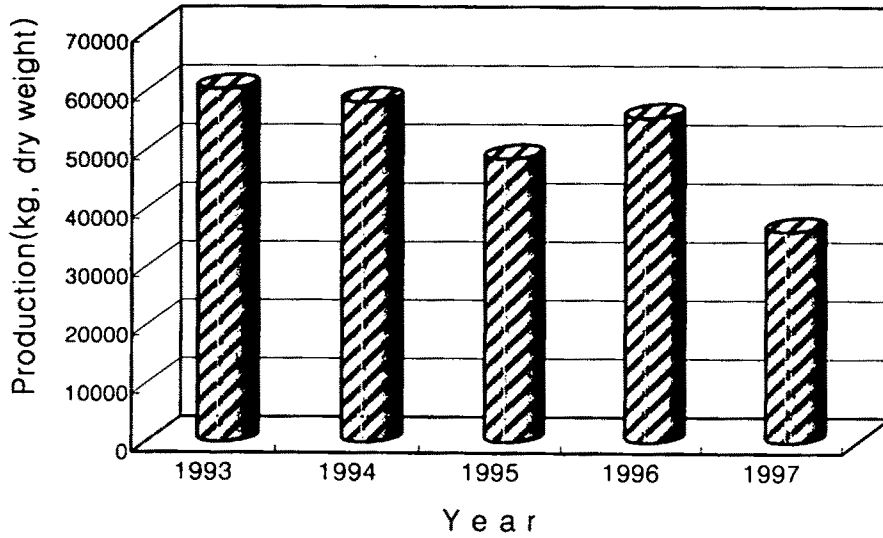


그림 5. 들미역의 생산량.

Fig. 5. Production amount of wild sea-mustard in the natural population during 1993 to 1997 in Chindo.

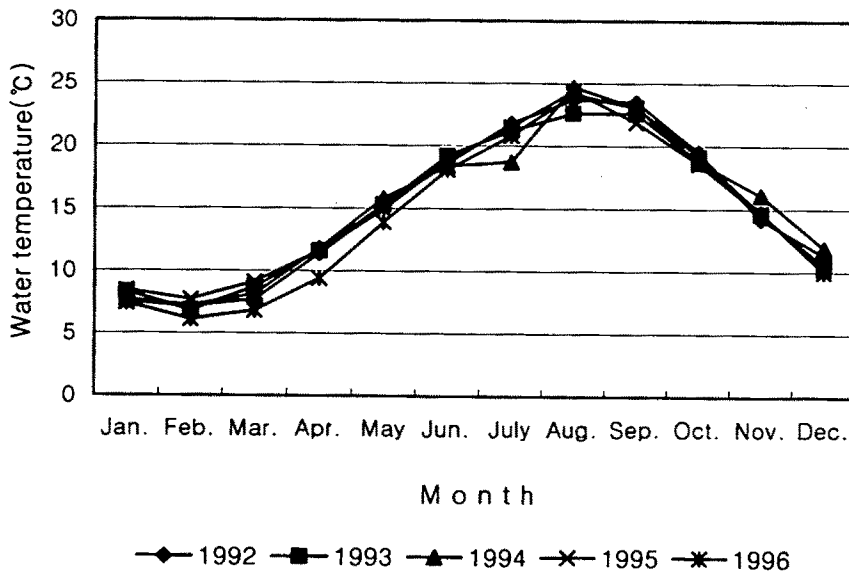


그림 6. 진도 녹진의 수온변화도.

Fig. 6. Fluctuation of seawater temperature at Nokjin, Chindo from 1992 to 1996.

발아기인 10, 11월에 폭풍 일수가 많으면 자연적으로 갯닭기가 잘 되어 풍작이 된다. 넷째, 엽체의 성장 성기가 되는 2~5월 동안에 맑은 날씨가 많은 해에 풍작이 된다. 다섯째, 하구 부근에 있는 번식장에서는 배우체가 발생하는 5, 6월과 아포체의 발아기인 10, 11월에 비가 많으면 흉작이 되기 쉽다.

이와같은 연구결과를 바탕으로 진도산 돌미역의 작황을 해황과 생산량의 비교를 통하여 추정해 보았다.

가) 돌미역 작황과 생산량

진도산 돌미역의 생산량은 1992년 13,600묵(건중량 59,840 kg)으로 최고치를 보였으나, 매년 조금씩 감소하는 경향을 보이다가 1997년에는 8,200묵(건중량 36,080 kg)으로 최저치를 나타내었다(그림 5).

생산량과 작황과의 관계는 반드시 일치하지 않는 것으로 사료된다. 왜냐하면 해황의 호조건으로 작황이 좋다고 하여도 수확시기(7~8월)에 기상이 좋지 않으면 전량을 수확하기가 곤란하다. 또한 자연산 돌미역의 서식지가 오지도서의 풍파와 조류가 심한곳에 있고, 저조선 부근의 깊은곳에 군락을 형성서식하기 때문에 사리 물때에 맞추어 작업을 해야하는 단점이 있다. 그리고 어촌 인구의 고령화 및 작업상 신체의 위험성 때문에 멀리 떨어진 오지 도서에 대한 채취를 기피하는 경향이 뚜렷이 나타나 매년 생산량은 감소추세를 보이고 있다.

나) 수온과 폭풍일수

최근 5년간 수온의 평균변화는 큰 차이를 보이지 않았다(그림 6). 겨울철 1, 2월 평균수온은 6.1℃~8.4℃ 였고, 여름철 7, 8월 평균수온은 18.7~24.7℃ 사이였다. 수온의 연 평균변화는 비슷하였으나, 1996년 2~5월 수온이 평년보다 낮아 아포체 발아 및 초기성장이 순조롭지 못해 작황에 영향을 주었을 것으로 사료된다.

폭풍일수는 여름철 보다 북서계절풍의 영향으로 겨울철(1월~3월)에 많이 나타났다(그림 6). 돌미역은 유주자 방출시기(7~8월)와 아포체 발아시기(3월)

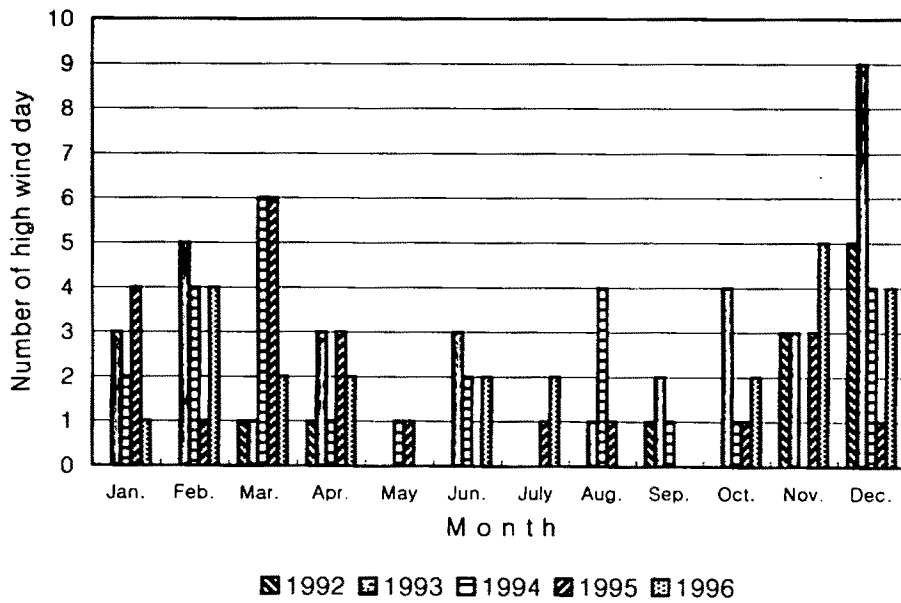


그림 7. 진도의 월별 폭풍일수.

Fig. 7. Monthly high-wind days during 1992 to 1996 in Chindo.

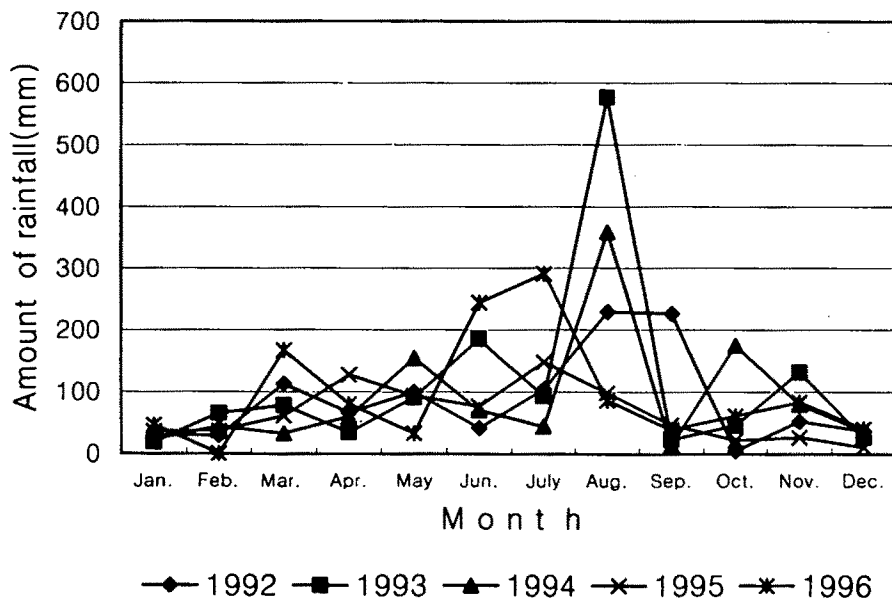


그림 8. 진도의 연 평균 강수량.

Fig. 8. Average rain fall in Chindo during 1992 to 1996.

폭풍일수가 많아 갯닢기가 잘 이루어져, 풍작이 예상되는 해는 1994년과 1995년으로 나타났다. 그러나, 7~8월의 폭풍일수는 생산량과는 역상관관계를 보였다.

다) 강수량

강수량의 변화는 여름철(6~8월)에 집중되어 많이 나타나고 있다(그림 8). 돌미역 업체의 성장시기인 4~7월동안 맑은 날씨는 1996년을 제외하고 모두 맑은 것으로 나타났다. 또한 아포체 발아기인 3월에는 모든 해에서 강수량이 적은 것으로 나타나 아포체발아에는 양호한 환경을 나타낸 것으로 사료된다.

나. 생태학적 특징

1) 조사지 개황

가) 조사기간 : 1996년 1월부터 8월까지 8개월간 실시하였다.

나) 조사지점 : 진도군 조도면 독거도(납대기), 청등도(목여), 의신면 구자도(하도) 앞바다로 진도지역에서 우수한 자연산 돌미역 생산지역이다(그림 9).

다) 조사내용

(1) 수온과 비중

조사대상 3개지점 표층 수온이 제일 낮은 2월중이 8.0℃ 내외이고, 주성장기인 6월 초순~7월 중순은 15.0~18.0℃이며, 주채취기인 7월 하순~8월 초순 수온이 19.5~20.0℃로서 진도어촌지도소 정지해양 관측지점인 녹진항에 비해서 동계는 2.0℃ 고수온, 주성장기는 2.5℃, 채취기에는 3.0℃ 저수온상을 나타내었다(그림 10). 따라서, 서식지 수온 분포는 동계 최저수온이 8.0℃, 하계 채취기의 수온이 19.5~20.0℃, 주성장기 수온은 15.0~18.0℃로 조사되었다.

비중은 외양에 접한곳으로서 변화가 크게 없었으며 동계 1.026~1.027였고, 하계 1.024~1.025의 분포를 보여 녹진항 대비 동계는 거의 비슷하였고, 하계는 0.0004~0.0014의 고비중을 나타내었다(그림 11).

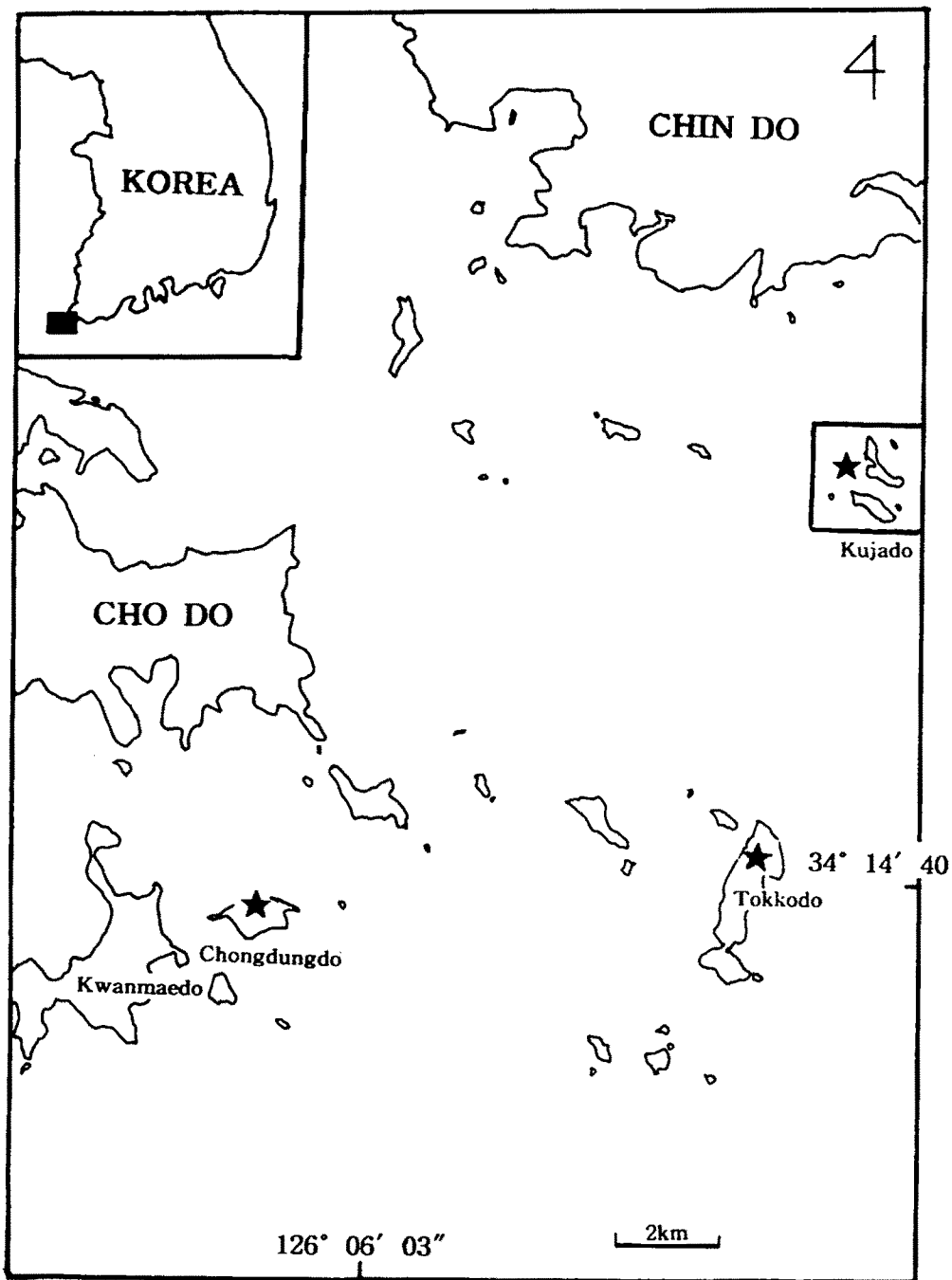


그림 9. 자연산 돌미역 3개의 생태 조사지점.

Fig. 9. Locations of three ecological investigation sites(★ : sampling site).

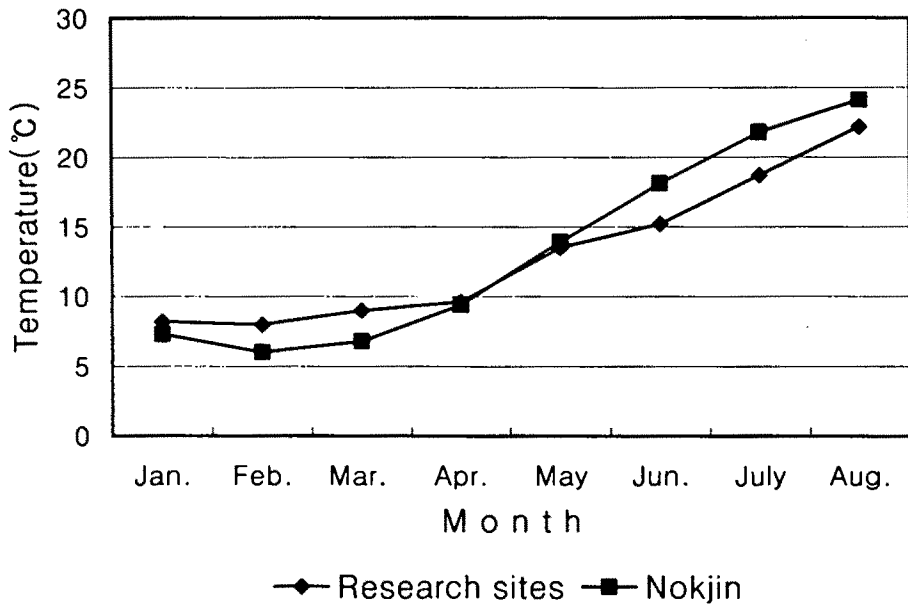


그림 10. 조사지점과 진도 녹진의 수온변화.

Fig. 10. Water temperatures between sampling site and Nokjin, Chindo from January to August 1996.

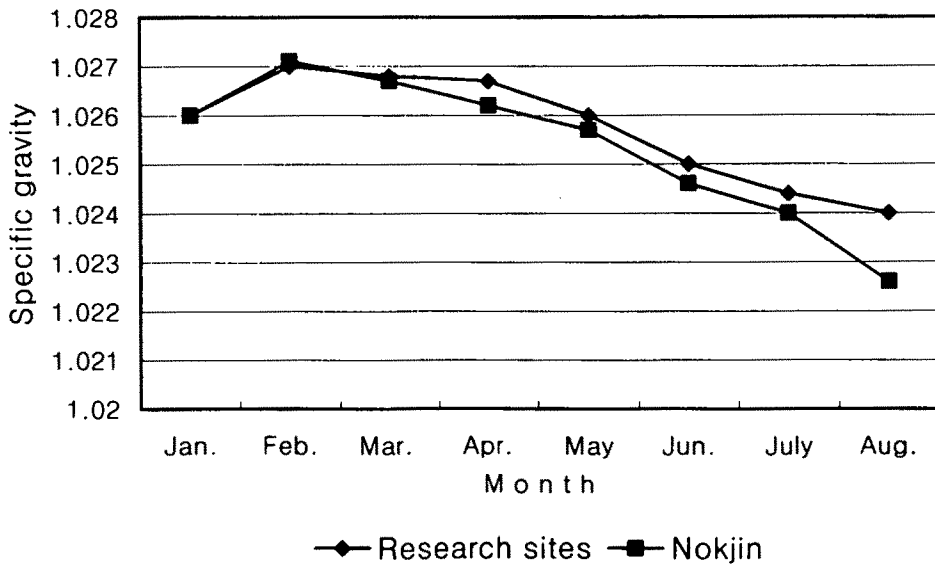


그림 11. 조사지점과 진도 녹진의 비중변화.

Fig. 11. Specific gravities between sampling site and Nokjin, Chindo from January to August 1996.

(2) 유 속

창조 및 낙조류의 유속이 1.0~2.0 m/sec로 매우 빠르고 돌미역이 군락을 형성, 서식하고 있는 지역은 와류가 발생하는 지역이 많았고, 풍파 또한 강하였다(표 3).

표. 3 조사지점별 유향 및 유속

Table 3. Directions and velocities of currents at individual natural habitat of wild sea-mustard in Chindo

Natural habitat	Tide	Flood tide		Ebb tide	
		Direction	Velocity (m/sec)	Direction	Velocity (m/sec)
Tokkodo	spring tide	NNW	1.4	SSE	2.0
Chongdungdo	spring tide	NNW	1.3	SEE	1.9
Kujado	spring tide	NWW	1.0	SEE	1.6

(3) 수심과 투명도

조사지점별 돌미역 자생지의 수심은 8.0~26.0m 범위로 암반에서 급경사를 이루고 있었으며, 투명도는 1.6~2.0 m로 비교적 탁하였다. 각 조사지점별 평균 수심은 아래와 같다(표 4).

표 4. 돌미역 서식지별 평균수심 및 투명도

Table 4. Depth and transparency at individual natural habitat of wild sea-mustard in Chindo

Natural habitat	Tide	Flood tide		Ebb tide	
		Depth (m)	Transparency (m)	Depth (m)	Transparency (m)
Tokkodo	spring tide	26.0	2.0	19.5	1.8
Chongdungdo	spring tide	18.2	1.8	12.3	1.6
Kujado	spring tide	13.5	1.9	8.0	1.7

2) 엽상체의 출현 및 성장도

가) 엽상체의 출현

7월부터 8월 중순까지 대량 방출한 유주자가 서식암반 주위에 부착 발아하여 배우체로 성장하다가 조석간만의 차에 의한 주위환경(노출, 조류, 수온, 파도)의 영향으로 당해연도에 아포체로 발아하지 못하고 배우체로 겨울을 지낸후, 수온이 다소 상승하는 3월중에 수정을 거쳐 아포체로 발아하여 지역에 따라 3월 하순에서 4월 초순에 육안확인 가능한 엽상체로 출현하는 것으로 나타났다. 1996년 4월 4일 청등도(목여)에서 엽장 0.3~0.8 cm의 엽상체가 첫 확인되었다(사진 I-2).

나) 성장도

엽상체가 출현한 4월부터 수확기인 7월까지 각 조사지점별 성장도를 측정하였다(표 5).

표 5. 돌미역 서식지별 월별 평균 성장도

Table 5. Monthly growth at individual natural habitat of wild sea-mustard from April to July 1996 in Chindo

Habitat	Growth	Month			
		April	May	June	July
Tokkodo	Total length(cm)	0.2~0.7	2.7~6.3	22.1~47.5	95.0~142.0
	Wet weight(g)	0.1~0.3	0.8~1.6	12.5~30.2	110.6~161.3
Chongdungdo	Total length(cm)	0.3~0.9	2.6~6.8	22.5~48.8	104~162
	Wet weight(g)	0.1~0.4	0.7~1.8	12.6~31.0	120.1~172.3
Kujado	Total length(cm)	0.5~1.1	3.5~8.6	26.1~49.2	103.0~160.0
	Wet weight(g)	0.2~0.5	0.9~2.0	13.2~31.2	119.5~171.2

돌미역은 종륵과 빗모양의 열편이 생기기 직전인 전장 8 cm 미만(앞과 줄기 사이의 성장대 형성 직전)에서는 몸전체가 자라는 개재성장(介在成長)을 하였으며, 전장 8 cm 이상에서는 앞과 줄기 사이에 열편이 형성되면서 그 부근에서만 성장함을 알 수 있었다(사진 II-4).

수온이 13.5°C 미만인 5월 중순까지는 2.6~8.6 cm로 더딘 성장을 하였으며, 수온이 15.0~18.0°C 사이를 보이는 6월부터 7월 중순에 성장이 급격히 빨라져 전장 95~162 cm에 달하였고, 특히 장마기간 동안에 주성장함을 알 수 있었다. 엽체의 선단 부분(특히 개재성장 부분)이 강한 파도와 빠른 조류에 의한 유실 현상과 병행해서 일부 끝녹음 현상도 발생하는 것으로 판단되었다.

조사지점별 엽체의 성장도는 4월에서 5월까지의 지리적으로 내해에 위치해 있는 구자도(하도) 앞바다쪽이 외해에 위치하고 있는 독거도(남테기)와 청등도(목여) 앞바다에 비해 성장이 더 좋게 나타났다(그림 12).

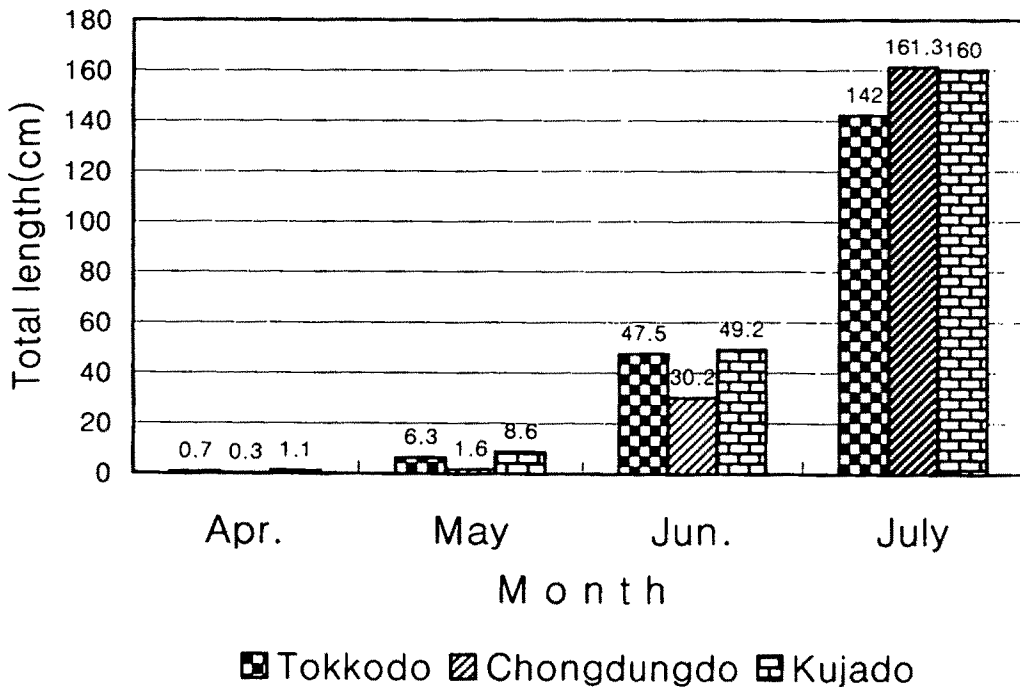


그림 12. 조사지점별 돌미역의 성장도.

Fig. 12. Growth of natural wild sea-mustard at investigation sites.

3) 유주자 방출

포자엽(미역귀) 길이가 3cm 내외인 7월 초순부터 유주자가 일부 방출하기 시작하여 현미경 100배하에서 1시야당 7월 초순에는 3~5개체, 중순에는 10~40개체, 하순에서 8월 초순사이에는 100~200개체를 보여 주 채취기인 7월 하순에서 8월 초순에 최대치를 보였다(그림 13). 일부 미채취한 엽체에서는 8월 중순까지 10개체 내외로 감소하였으며, 조사지점별로 큰 차이점은 보이지 않았다(사진 I-5).

4) 부착층 및 부착 밀도

부착 암반은 대체적으로 편마암으로 구성되어 있었고, 조간대 하부에서 저조선대 부근의 산호말류가 서식하는 곳에 착생하며, 급경사를 이루는 곳은 부착층이 0.5~0.8 m 내외로 좁고, 완경사를 보이는 곳(특히 저조선 부근의 평한 여)은 3~5 m 범위로 부착층이 넓었다(사진 I-1).

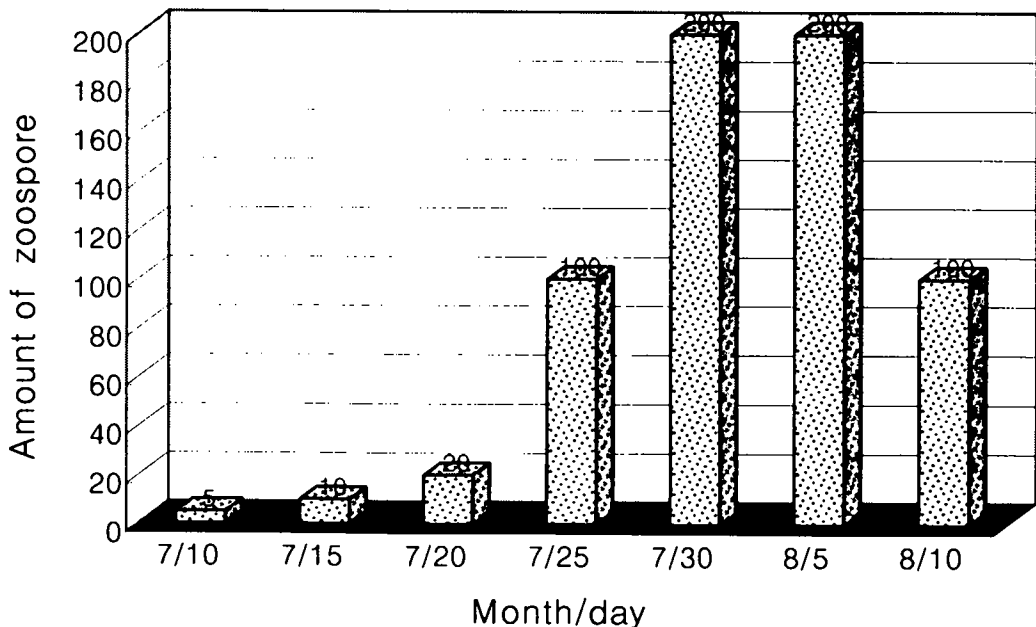


그림 13. 자연산 돌미역의 유주자 방출량.

Fig. 13. Amount of released zoospores of natural wild sea-mustard.

부착밀도에 있어 돌미역은 조류소통이 좋으며 풍파가 심하고 와류가 발생하는 지역에 순군락을 형성하고 있었으며, 대체적으로 900 cm²당 8~50개체가 부착하였고, 동일 장소에서도 부착밀도에 따라 미역의 형태 차이를 일부 찾아 볼 수 있었다(사진 I-3, 4).

돌미역이 자생하는 지역은 돌미역이 우점하고 있었으나, 부착 밀도가 낮은 곳에서는 녹조류 3종, 갈조류 4종, 홍조류 11종이 관찰되었다. 이 중 홍조류 산호말과(Family Corallinaceae) 종들이 우점하고 있었으며, 외해쪽의 특색적인 해조군락을 형성하면서 암반에 밀생되어 나타났다(표 6).

표. 6 돌미역 자생지 해조류 분포상

Table 6. List of marine algae species observed at three localities

Species	Locality	Tokkodo	Chongdungdo	Kujado
Chlorophyta				
<i>Enteromorpha linza</i>		+	+	++
<i>Ulva conglobata</i>			++	+
<i>Codium fragile</i>		+	+	+
Phaeophyta				
<i>Pelvetia siliguosa</i>		+	++	+
<i>Hizikia fusiformis</i>		+	+	++
<i>Sargassum fulvellum</i>		++	++	+
<i>Sargassum thunbergii</i>		+	+	++
Rhodophyta				
<i>Porphyra seriata</i>		+++	++	++
<i>Porphyra suborbiculata</i>		++	++	+
<i>Gelidium amansi</i>		+++	++	+++
<i>Amphiroa dilatata</i>		++	++	+
<i>Carallina pilulifera</i>		+++	+	++
<i>Jania unguolata</i>		++	++	+++
<i>Marginisporum crassima</i>		++	++	++
<i>Calliarthron modesta</i>		+++	++	+++
<i>Gloiopeltis furcata</i>		++	+++	+
<i>Symphocladia latiuscula</i>		++	+++	++

다. 요약

진도산 돌미역의 형태는 유엽시 일반 미역과 동일 하나 엽장 8 cm 내외에서 잎과 줄기 사이에 성장대가 형성되고 열편이 생기면서 부터 돌미역의 특징을 나타내기 시작한다. 성엽시 엽상체 전체 모양은 버들잎 또는 긴대잎 모양의 우모상(羽毛狀)을 띠고 있으며 열각이 깊고 엽편수가 많으며 포자엽과 영양엽이 이어져 있으며 포자엽 주름수도 2~6개로 적고, 남방형과 북방형의 중간형을 띠고 있다. 이와 같은 현상은 서식지역이 외해에 접해 수심이 깊고 풍파와 조류가 강해 와류가 형성되는 환경에서 살아남기 위한 적응과정에서 비롯된 것으로 사료된다. 진도 자연산 돌미역을 대표할 수 있는 서식장소는 조도면 독거도, 청등도, 죽항도, 동거차, 서거차, 병풍도, 맹골도, 성남도과 의신면 구자도이다.

돌미역의 생활사는 거시적 포자체와 현미경적 배우체와의 이형 세대교번을 하는 1년생 해조류이다. 유주자의 방출개시는 해황 및 해(年)에 따라 약간씩 다르나, 포자엽의 길이가 3cm 내외로 성장하는 7월 초순(수온 17.5~18.0℃)부터 일부 방출하기 시작하여, 주 생산기인 7월 하순에서 8월 초순(수온 19.5~20.0℃)에 최대치를 이룬다. 일부 미채취한 엽체에서는 8월 중순(수온 22.0℃) 방출한다. 따라서 유주자 방출범위 수온은 17.5~22.0℃이며, 방출된 유주자는 편모로 헤엄쳐 다니면서 적당한 기질에 닿으면 착생하는 것으로 조사되었다.

배우체 발아·성장 적수온대인 17.0~20.0℃의 기간이 약 30일간 지속되기 때문에 발아 및 성장이 순조로우며 자생지 하계 수온이 23.0℃ 이상 올라가지 않기 때문에 하계휴면은 하지 않는 것으로 판단되었다. 배우체로 추운 겨울을 지낸 후 기온과 수온이 상승하는 익년 3월에 조정기와 생란기를 만들어 수정을 거쳐 아포체로 발아한다.

아포체에서 잎과 줄기 사이의 성장대 형성 직전의 유엽에서는 몸전체가 자라는 개재성장(介在成長)을 하며, 잎과 줄기 사이에 성장대(生長帶)가 형성되면 그 부근에서만 자라 증류과 빗모양의 열편이 생기면서 성장을 한다.

해황과 돌미역 작황과의 관계는 수온, 강수량, 폭풍일수 등과 밀접한 연관을 나타낸다. 1996년 2~5월 수온이 평년비 저수온 유지로 아포체 발아 및

초기 성장이 순조롭지 못해 작황에 영향을 주었을 것으로 사료된다. 폭풍일수는 유주자 방출시기(7~8월 중순)와 아포체 발아시기(3월)에 많으면 갯닭기가 잘 이루어져 풍작이 예상된다. 그러나 생산량과 작황과의 관계는 반드시 정비례하지 않는 것으로 조사되었다. 왜냐하면 해황의 호조건으로 작황이 좋다고 하여도 수확시기인 7월 하순~8월 초순 사리때의 기상이 좋지 않으면 전체적인 양을 수확할 수 없기 때문이다. 특히 서식지역이 풍파와 조류가 심한 오지지역의 저조선 부근의 깊은곳에 군락을 형성하여 서식하는 관계로 어촌인구의 고령화 및 작업상, 신체상의 위험성 때문에 적극적인 채취가 이루어지지 못해 매년 생산량은 감소하는 추세를 보이고 있다.

생태 조사기간인 1996년 1월부터 8월 초순까지 서식지역의 수온분포는 8.0~20.0℃ 범위를 보였으며, 수온이 제일 낮은 시기는 2월중으로 8.0℃를 나타내었고, 엽상체 출현시기인 3월 하순에서 4월 초순사이는 9.5℃였으며, 주성장기인 6~7월 중순은 15.0℃~18.0℃ 범위를 보였고, 주 채취기인 7월 하순부터 8월 초순은 19.5~20.0℃를 나타내었다.

비중은 외양에 면한 곳으로서 연중 변화가 적었으며, 동계는 1.026~1.027, 하계는 1.024~1.025 범위를 보였다.

유속은 창조 및 낙조류가 1.0~2.0 m/sec로서 매우 빠르고 특히 돌미역이 군락을 형성, 서식하고 있는 지역은 와류가 발생하는 지역이 많으며 풍파 또한 강하였다. 수심은 서식 암반에서 급경사를 이루어 서식 주위가 8~26 m 범위를 나타내었으며, 투명도는 1.6~2.0 m 범위로 비교적 탁하였다.

엽상체는 당해년도에 발아하지 못하고 수온이 상승하는 3월 하순에서 4월 초순에 엽상체로 출현하는 것으로 나타났으며, 1996년 4월 4일 진도군 조도면 청등도(목여)에서 엽장 0.3~0.8 cm의 엽상체를 첫 발견하였다.

5월까지의 6~8 cm 내외로 성장이 부진하나 수온이 15.0~18.0℃를 보이는 6월부터 7월에 성장이 급격히 빨라져 전장 95~162 cm로 주성장기를 나타내었다. 엽체의 선단부분(개재성장부분)이 강한 파도와 조류에 의한 유실현상과 병행해서 일부 끝녹음 현상도 발생하는 것으로 판단되었다.

포자엽 길이가 3 cm 내외인 7월 초순부터 유주자가 일부 방출하기 시작하였고, 이때의 유주자 방출수는 현미경 100배 1시야당 3개체 내외이었으며,

중순에는 20개체 내외, 주 채취기인 하순경에는 200개체 내외로 최대치를 나타내었다.

부착층은 조간대 하부에서 저조선대 부근에 착생한다. 급경사를 이루는 곳은 부착층이 0.5~0.8 m 내외로 좁고, 완경사를 보이는 곳(특히 저조선 부근의 평평한 여)은 3~5 m 범위로 부착층이 넓었다. 부착밀도는 조류소통이 좋으며 풍파가 심하고 와류가 발생하는 지역에 순군락을 형성하고 있으며, 900 cm²당 8~50개체가 부착 서식하고 있었다. 부착 밀도가 낮은 곳에서는 녹조류 3종, 갈조류 4종, 홍조류 11종이 관찰되었다. 이중 홍조류 산호말과(Family Corallinaceae) 종들이 우점하고 있었다.

제 3 장 돌미역의 증묘생산 시험

제 1 절 채 묘

1. 재료 및 방법

실험에 사용된 재료는 1996년 7월 31일과 8월 4일 이틀간 진도군 의신면 구자도, 진도군 조도면 독거도, 청등도앞바다에서 포자엽(미역귀) 200 kg을 채취하였다. 채취한 포자엽은 즉시 아이스박스에 넣어 채묘장으로 운반하였다. 수중배양용은 진도군 의신면 구자도 앞바다에서 50틀(5,000 m)을 채묘하였으며, 육상배양용은 진도군 의신면 초사리 육상배양장에서 150틀(15,000 m)을 채묘하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 배양시설 및 기재(器材)

1) 씨줄과 씨줄틀

씨줄로서 갖추어야할 성질은 포자와의 친화성(親和性) 즉, 점착성이 좋아야 하기 때문에 채묘에 사용된 씨줄은 시중에서 판매되는 구라론사 24합사를 사용하였다. 씨줄틀은 경질의 염화비닐(PVC) 파이프를 사용하였으며, 가로 55 cm, 세로 45 cm이었다. 이 씨줄틀은 수광성이 좋고 조립 및 설치가 편리하였다.

2) 배양사 및 수조

배양사는 전복 육상배양장의 일부를 임대하여 직사광선을 가리고 최대한 밝게 할 수 있게 하였다. 조도의 조절은 차광막을 설치하여 시기에 따라 쉽게 조절할 수 있도록 하였으며, 통풍에도 유리하도록 하였다. 배양 수조는 가로 6 m, 세로 1.8 m의 직사각형 수조를 사용하였으며, 수심은 60~80 cm로 조절하였으며, 24시간 양수가 가능하기 때문에 주배수가 용이하였다.

《종묘생산》

《양성》

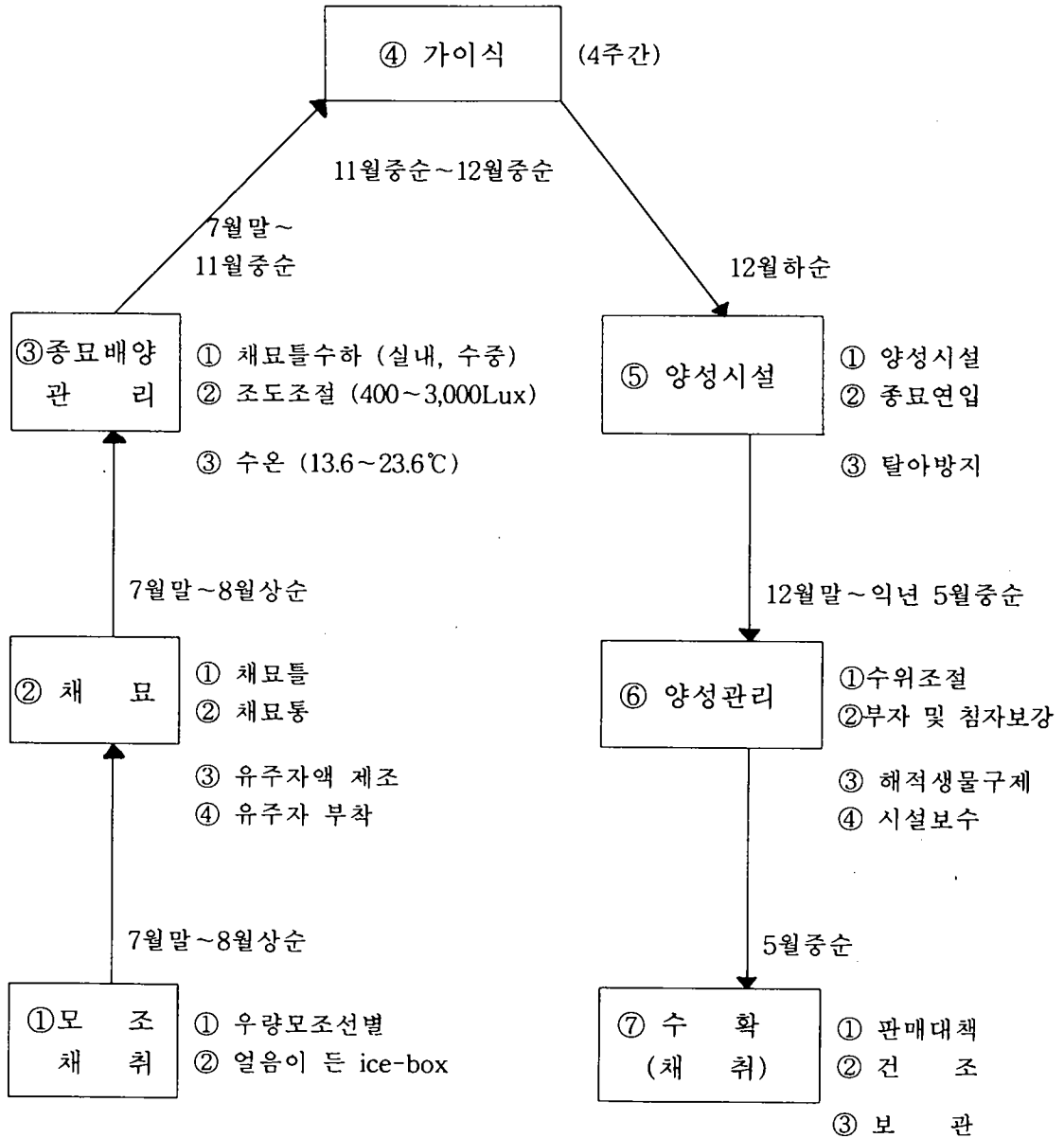


그림 14. 돌미역 인공 양식 과정도

Fig. 14. Overview diagram of artificial culture of wild sea-mustard

나. 채 묘

1) 포자엽(미역귀) 준비

여름철 7, 8월은 기온이 매우 높은 시기이므로 유주자 활력을 충분히 고려하여 저녁조석시간을 피하고 아침조석시간을 이용하였다. 포자엽(미역귀)은 길이가 3 cm 이상의 다갈색~흑갈색을 띠며 특히 가장자리의 색이 짙고, 부드러우며 점액이 많이 발생하는 등 충분히 성숙하고 진도자연산 돌미역 형질이 제일 우수한 순군락 지역에서만 확보하였다(사진 I-6).

유주자 방출이 최대치를 보이는 1996년 7월 31일과 8월 4일 이틀간에 걸쳐 의신면 구자도(하도) 앞바다에서 50 kg, 조도면 독거도(남대기), 청등도(목여)에서 각각 75 kg씩 총 200 kg을 채취하였다. 각 채취 지점별로 포자엽(미역귀)의 크기에는 큰 차이가 없이 3~9 cm 범위였으며 포자엽 주름수는 2~6개였다(사진 III-1).

포자엽(미역귀)은 채취 즉시 비닐봉지에 얼음(40×25×20 cm) 2개를 넣은 아이스박스(90×55×50 cm)에 넣어 운반하였다. 운반시간은 수중배양장소인 진도군 의신면 구자도 앞바다까지는 1시간, 육상배양 장소인 진도군 의신면 초사리까지는 3시간이 소요되었다.

2) 그늘 말리기

운반된 포자엽 100 kg을 그늘 말리기를 실시하였고, 나머지 100 kg은 아이스박스에 보관하였다. 그늘 말리기는 통풍이 좋은 음지에 그물을 깔고 포자엽(미역귀)을 고루게 분산시켰으며, 포자엽 표면에 물기가 마르는 정도인 1시간을 실시하였다.

3) 유주자 방출

포자엽을 넣은 200 l 고무용기에 해수를 2/3정도 채우고 저은 후 5분 경과하여 유주자가 대량 방출되기 시작하였다. 이때 사용한 고무용기는 육상채묘에서는 3개, 수중배양 채묘시는 1개를 사용하였다(사진 III-2).

방출된 유주자는 편모로 강한 운동을 나타내었다. 특히 일반 양식 미역 유

유주자액 제조시처럼 부니에 의한 혼탁 정도는 거의 느낄수 없이 유주자 제조액이 맑았다. 이와 같은 현상은 자생지의 환경이 풍파가 세고 조류가 빠르며 와류가 발생하기 때문에 포자엽에 부니가 부착하지 못하였기 때문인 것으로 판단되었다.

음건을 실시한 포자엽과 아이스박스에 있는 포자엽을 별도로 유주자액 제조를 하였더니 유주자액 제조 20분 경과 후 현미경 100배 1시야당 유주자 수는 음건을 실시한 곳에서 100개체, 음건을 실시하지 않고 아이스박스에서 바로 꺼내어 유주자액을 제조한 곳에서 200개체로서 배차이를 보일 뿐만 아니라 활력 또한 양호하였다. 이때 수온 상승 방지를 위해 비닐에 든 얼음을 사용 수온은 21.0~23.0℃를 유지하였으며, 25분이 경과하여도 유주자수가 증가하지 않아 포자엽(미역귀)를 꺼내고 채묘틀에 유주자를 부착하였다.

4) 채 묘

제조된 유주자액(현미경 100배 1시야당 유주자 100~200개체 확인)에 준비된 씨줄틀을 넣고 40분 정도 경과되어 제조된 유주자액중의 유주자가 현미경 100배 1시야당 20개체 미만으로 확인되자, 유주자가 충분히 부착된 것으로 판단하여 배양수조로 옮겼다. 채묘시의 수온은 얼음을 활용 21.0~23.0℃을 유지하였다(사진 III-3).

가) 수중배양

1996년 7월 31일 자연산 돌미역 서식지인 진도군 의신면 구자도 앞바다에서 수중배양분 총 50틀(5,000 m)을 채묘하였으며, 비닐봉지(60×100 cm, 두께 0.1 mm)에 구멍(∅0.5 cm)을 5~6개 뚫고 유주자를 부착한 채묘틀을 1개씩 동봉한후 친승수위를 1.8 m에 유지시켜 연승수하식으로 관리하였다.

나) 육상배양

1996년 7월 31일과 8월 4일, 2회에 걸쳐 진도군 의신면 초사리 육상배양장에서 총 150틀(15,000 m)를 채묘하였다. 채묘틀은 수조에 15개씩 1열로 8줄을 설치하고 2줄은 일반해수 수조에 설치하였다. 냉각장치가 설치된 배양 수

조의 수온은 21.0~23.0℃ 내외를 유지하였다.

3. 요 약

돌미역의 형질이 우수한 순군락지역에서 포자엽(미역귀)의 길이가 3~9 cm 범위의 다갈색~흑갈색을 띠는 것을 채묘용으로 선별하였다.

유주자 방출이 최대치를 보이는 1996년 7월 31일 진도군 의신면 구자도 (하도) 앞바다에서 50 kg, 8월 4일 진도군 조도면 독거도(납테기), 청등도(목여)에서 각각 75 kg씩 총 200 kg을 확보하였다. 확보한 포자엽(미역귀)은 얼음이 든 아이스박스에 넣어 채묘장소까지 운반하였다.

운반된 포자엽(미역귀) 100 kg을 통풍이 좋은 음지에서 1시간 동안 그늘 말리기를 하였다.

수중채묘는 자연산 돌미역 서식지인 진도군 의신면 구자도 앞바다에서 1996년 7월 31일 실시하였다. 유주자는 포자엽을 해수에 넣은 5분 후 대량방출이 시작되어 25분까지 현미경 100배 1시야당 100~200개체가 나타났다. 제조된 유주자액에 준비된 씨줄틀을 넣고 40분간 유주자를 부착시켰으며, 이때 수온 상승 방지를 위해 얼음을 활용 21.0~23.0℃ 유지하였다.

육상배양은 1996년 7월 31일, 8월 4일 2회에 걸쳐 진도군 의신면 초사리 육상배양장에서 실시하였다. 냉각장치를 활용하여 21.0℃ 내외의 수온을 유지한 해수를 사용하였으며, 유주자 방출 및 채묘 방법은 수중배양과 동일하게 150틀 (15,000 m)을 채묘하였다.

제 2절 종묘배양 시험

1. 수중 및 육상배양

가. 재료 및 방법

종묘배양은 1996년 7월 31일부터 11월 23일까지 총 116일간 실시하였다. 배양기간중 기온, 수온, 비중, 용존산소(DO), 조도 및 투명도를 측정하였다. 육상배양은 여름철 고수온기에 적수온을 유지하기 위하여 냉각장치(3.5 HP) 1대를 설치 운영하였다. 그리고 육상배양분 150틀(15,000 m) 및 수중배양분 50틀(5,000 m) 총 200틀(20,000 m)을 배양 기간중 시기별로 유주자 부착수, 배우체수, 아포체수는 현미경 100배 1시야에서 조사하여 일반 자연배양시와 비교 분석하였다.

나. 결과 및 고찰

1) 수중배양

가) 필요성 및 배양환경

양질의 돌미역이 서식하는 오지 도서 지역에는 전기시설이 없을 뿐만 아니라 육상배양장 시설도 없으므로 해서 냉각장치를 활용한 육상배양은 불가능하다. 반면, 수중배양은 비닐봉투에 채묘틀을 넣고 연승수하식으로 관리하는 방법으로 돌미역 자연 서식지선의 어장환경을 활용하여 배양을 실시하는 것으로서 배양방법이 매우 간단해 영세한 현지 어업인들이 가장 용이하게 실용화할 수 있는 방법이다(사진 III-4).

수중배양시 수온은 8, 9월경에는 20.0~23.6℃로서 배우체는 성장을 계속하였고 휴면상태에 있지는 않았다. 수온이 20.0℃로 하강하는 10월중에도 배우체가 미성숙하여 수정은 이루어지지 않았으며, 수온이 17.0℃ 이하로 하강하는 11월중에 배우체가 성숙 수정하여 아포체로 발아하였다.

비중은 1.023~1.026를 보여 생육에 적합하였다. 용존산소(DO)도 8.2 mg/ℓ

이상으로 풍부한 상태였으나, 투명도는 비교적 낮은 1.5~2.0 m사이였다

표 7. 수중배양시 어장환경

Table 7. Environment of culture ground from August to November 1996 in Chindo

Month	Ocean environment				
	Air temperature (°C)	Water temperature (°C)	Specific gravity	D O (mg/ℓ)	Transparancy (m)
Aug.	25.2~25.9	20.0~23.5	23.6~23.3	8.2~8.9	1.5~2.0
Sep.	25.3~20.4	23.6~21.1	23.1~23.3	8.2~8.8	1.6~2.0
Oct.	19.2~12.6	21.0~17.2	23.4~25.0	8.5~8.8	1.7~2.0
Nov.	14.2~ 8.4	16.9~12.4	25.0~26.0	8.8~9.2	1.5~2.0

나) 배양방법

돌미역 자연서식지 현장지선에서 수중배양분 50틀(5,000 m)을 비닐봉지 (60×100 cm, 두께 0.1 mm)에 구멍 (∅0.5 cm)을 5~6개를 뚫고 유주자를 부착한 채묘틀을 동봉하여 연승수하식으로 관리하면서 1주일에 한 번씩 부니를 제거해 주고 손상이된 비닐봉지는 교체 하였다(사진 III-5).

이때 연승수하식 시설은 여름철 태풍을 피할수 있는 지역에 설치 하였으며, 수위는 현지 평균 투명도선인 1.8 m선을 유지하였다. 자연 배양분도 동일 시기에 잡조와 부니를 제거해 주었다.

다) 성장 및 발아수

1996년 7월 31일 부터 11월 23일까지 총 116일간 배양을 실시하였으며, 배양과정은 다음과 같다. 비닐봉투를 이용하지 않은 자연 수중배양분은 유주자 부착까지는 현미경으로 확인되었으나, 시간이 경과됨에 따라 잡조 번무에 따라 배우체 성장 상태도 현미경상 확인할 수 없었으며 아포체를 거쳐 유엽화 하지 못하였다. 이는 잡조가 번무함에 따라 잡조속에서 발아하지 못하고 사멸 하는 것으로 판단된다.

그러나, 비닐봉투를 이용한 수중배양분은 정상적인 성장을 보여 채묘 14일 경과 후 현미경 확인 결과 100배 1시야당 4~8개체, 30일 경과후 3~6개체, 60일 경과후 2~5개체의 배우체수를 확인할 수 있었으며, 그후 100일 경과한 11월 7일에는 배우체가 성숙하여 수정단계에 도달하였음을 확인할수 있었다. 그후 7일이 경과한 11월 14일에 현미경적으로 아포체가 출현하기 시작하였다.

2) 육상배양

가) 배양환경

냉각장치를 이용한 육상배양은 고수온기인 8~9월 두달간 배양 수온을 21.0~23.0℃에 맞추어 배양하였으며, 수온하강기인 10월부터는 배양장 수온이 23.0℃ 이하로 하강하기 때문에 냉각기 작동을 중지하여 일반해수 온도에 맞추었다(사진 III-6). 냉각수온은 자연해수 수온 24.5~26.6℃ 보다 2.4~3.6℃ 낮은 22.1~23.0℃로 조절하여 배양하였다. 배양장 조도는 12:00~14:00에 측정하였으며, 조도를 수온변화에 따라 적절히 조절하여 규모의 번식이나 성장 지연을 예방하였다. 비중은 1.0224~1.0253으로 생육에 적합하였으며, 용존산소(DO)도 7.4~8.1 mg/l로 풍부하였다(표 8).

표 8. 육상배양시 환경

Table 8. Conditions of tank culture of wild sea-mustard seed collector from August to November 1996

Month	Air temperature (°C)	Culture with cooling system				Culture with natural sea water	
		Water temperature (°C)	Specific gravity	DO (mg/l)	Light density (Lux)	Water temperature (°C)	Light density (Lux)
Aug.	26.5~25.2	21.2~23.0	23.1~22.4	7.5~8.0	2,000~1,000	24.5~26.1	1,500~400
Sep.	25.4~19.4	22.6~23.0	22.5~23.0	7.6~8.0	1,000~2,000	26.0~26.6	500~1,000
Oct.	19.5~12.9	22.0~17.1	22.9~25.0	7.4~7.8	2,000	22.0~17.1	2,000~3,000
Nov.	14.2~ 8.0	17.4~13.6	24.9~25.3	7.8~8.1	3,000	17.4~13.6	3,000

나) 배양방법

배양수조는 사각콘크리트 수조(1.8 m × 6 m × 1 m)를 사용하였으며, 채묘틀 15개를 1열로 8줄을 설치하여 총 120틀(12,000 m)을 수용하였다. 자연배양은 채묘틀 30개를 다른 수조에 별도 수용하여 배양하였다. 자연수온 배양조는 수온이 25.0℃가 되면 조도를 1,000 lux 정도 되도록 낮추어 주고 7~10일 사이에 조도를 1/2씩 낮추어 주어 26.0℃ 이상이 될 때에는 500~400 lux로 유지하였다. 수온이 하강하는 10~11월에는 조도를 천천히 높여 2,000~3,000 lux를 유지하였다.

냉각장치를 이용한 배양수조는 8, 9월에는 배우체의 생육 상태를 고려하여 조도를 1,000~2,000 lux를 유지하며 관리하였으며, 10, 11월에는 2,000~3,000 lux를 유지하여 생육을 촉진하였다.

물갈이는 채묘 7일 후부터 시작하여 초기에는 1일 0.5회전을 유지하였으며, 후기에는 1일 1~3회전을 유지하였다. 시비는 아포체가 일부 출현하는 11월 13일부터 15일까지 연속 3회에 걸쳐 질산나트륨(NaNO_3 500:1), 제2인산나트륨(Na_2HPO_4 2,000:1)을 해수에 잘 희석하여 채묘틀을 15분간 침적한 후 다시 배양 수조에 넣어서 배양하였다.

씨줄틀 뒤집기는 조도 1,000Lux일 때 10일에 1회, 2,000~3,000 lux일 때는 5일에 1회 실시하였다.

다) 성장 및 발아수

1996년 7월 31일부터 11월 20일까지 총 113일간 배양을 실시하였으며, 배양과정은 다음과 같다. 7월 31일 채묘틀에 부착한 유주자는 편모를 잃고 구상형(크기 8~9 μm)으로 되었으며(그림 15-1), 8월 2일 구상체의 한쪽 끝이 돌출한 발아관을(크기 14 μm) 형성하였다(그림 15-2, 3). 8월 4일 원세포의 내용물이 발아관을 통하여 관의 선단부로 이동(크기 19 μm) 하였다(그림 15-4).

8월 8일 이동하여 부푼 부분이 더욱 커지며(크기 25 μm), 색이 녹색으로 진하게 나타났다(그림 15-5). 8월 13일, 신세포는 점차 커져서 2개 이상으로 된 것이 많이 나타났다(그림 15-6). 8월 24일 신세포는 4~7개 정도로 분열되었으며 자웅의 구분이 나타났다.

웅성배우체는 세포크기가 작은 여러개로 분열 되었으며 자성배우체는 2개로 분열하여 수컷보다 2배정도 컸다. 이때 크기는 암컷이 8~10 μm , 수컷이 4~6 μm 정도였다(그림 15-7). 9월 15일, 자웅배우체의 구분은(크기 45~56 μm) 더욱 명확해 졌다(그림 15-8). 11월 13일 현미경적으로 아포체가 처음으로 출현하기(크기 200~260 μm) 시작하였다(그림 15-9). 11월 16일 아포체가 다수 출현함을(크기 250~320 μm) 확인하였으며(그림 15-10), 현미경으로 관찰했을 때 100배 1시야당 1~3개체 내외로 나타났으며, 11월 20일후 가이식을 실시하여 유엽으로 성장하였다(그림 15-11).

또한 냉각장치를 이용한 배양분과 자연해수를 사용한 배양분의 발육단계를 관찰해 본 결과 유주자 부착 단계에서는 많은 차이를 보이지 않았으나, 자연해수 배양분은 부착후 발아 단계에서 고수온 유지로 순조로운 발아를 하지 못하고 대량 탈락되는 것으로 나타났으며, 배우체로 성장한 것은 휴면을 거쳐 아포체화 하였으나 밀도가 극히 낮아 종묘로서 가치가 없었다(표. 9)

이와 같은 이유는 유주자 부착 단계에서 부터 자연서식지와는 5°C 정도의 고수온 유지로 유주자 활력저하에 따른 발아단계에서 대량 탈락 현상이 일어난 것으로 사료된다. 따라서 자연산 돌미역의 포자엽(미역귀)을 활용한 육상 배양시에는 냉각장치 이용이 필수적인 것으로 나타났다.

표 9. 육상배양 결과

Table 9. Result of tank culture

	Number of attached zoospore	Number of gametophytes	Number of young sporophyte
Culture with cooling system	5~10	5~10	1~3
Culture with natural sea water	4~ 8	0.5	less than 0.1

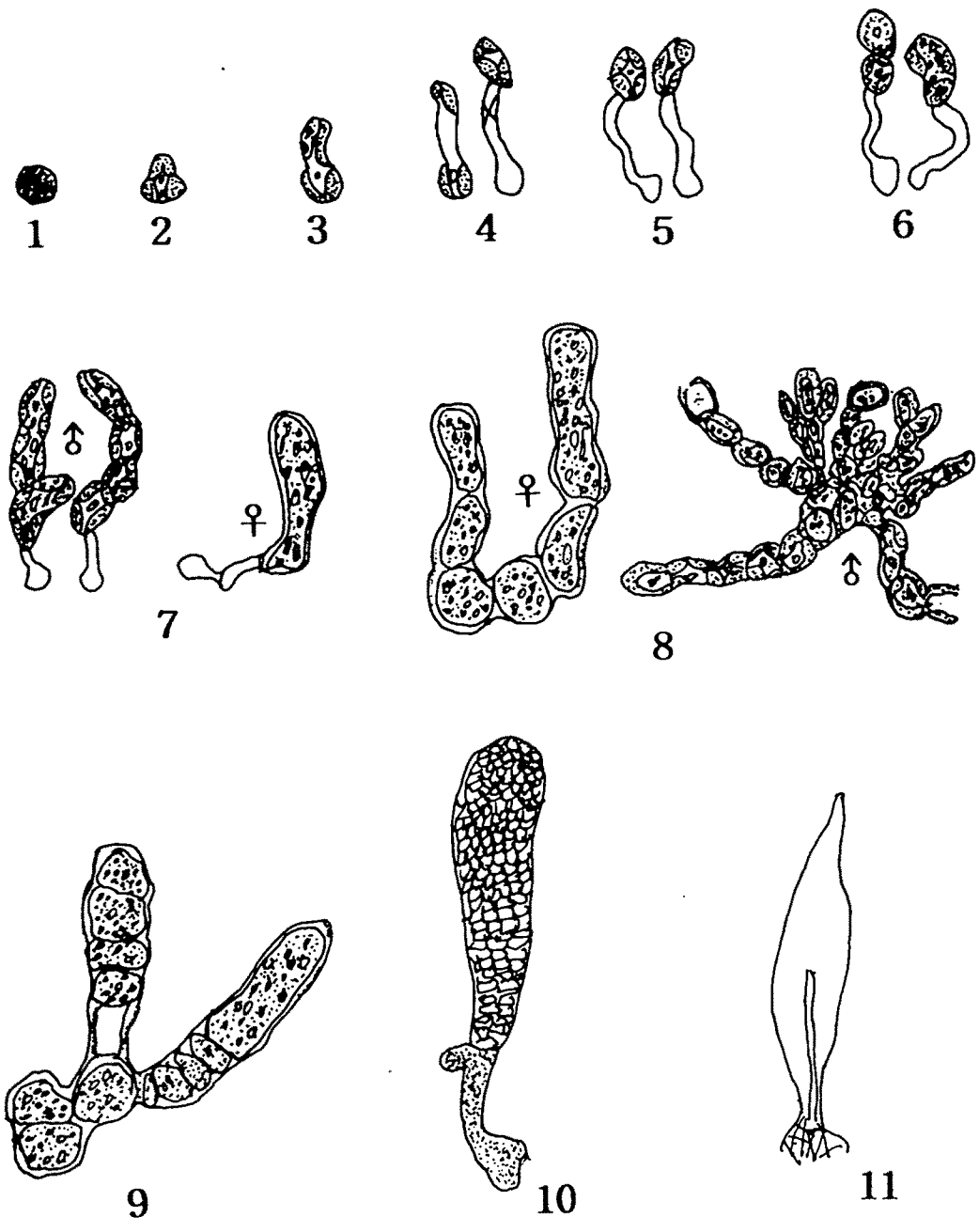


그림 15. 들미역의 배우체와 포자체 발아과정.

Fig. 15. Development of gametophyte and sporophyte of wild sea-mustard.

라) 육상배양 및 수중배양의 장단점 비교

(1) 육상배양

- 장 점 : - 육상에서 작업이 이루어져 관리가 용이하다.
 - 아포채 일시 대량발생이 쉽다
- 단 점 : - 별도의 배양장 및 냉각장치 시설이 필요하다.
 - 전기료 등 관리비용이 많이 소요된다.
 - 오지 도서에서는 배양이 불가능하다.

(2) 수중배양

- 장 점 : - 별도의 배양시설이 필요하지 않다.
 - 시설방법이 매우 간단하여 실용화가 쉽다.
 - 관리비용 및 시설비용이 적게 소요된다.
- 단 점 : - 해상작업으로 관리가 불편하다.
 - 아포채 일시 대량 발아가 다소 미흡하다.
 - 자연서식지 인근 지선에서만 가능하다.

육상배양이나 수중배양 모두 종묘배양 결과는 우수하나, 냉각장치를 활용한 육상배양은 과학적이고 관리가 용이한 방법이나, 배양장 및 냉각장치 등 기반시설 비용이 많이 소요되고 육상배양시설이 있다하더라도 배양량 100톤 (10,000 m) 기준 약 300만원 이상의 비용이 소요된다. 그러나, 수중배양은 별도의 배양시설이 필요치 않아 40만원 정도의 적은 비용으로도 배양이 가능하였다.

따라서 자연산 서식지 인근지역에서는 비닐봉지를 활용한 수중배양을 실시한다면 영세한 오지도서 어업인들에게는 실용성이 큰 획기적인 방법으로 판단되었다.

다. 요약

수중배양은 진도군 의신면 구자도앞바다에서 1996년 7월 31일부터 11월 23일까지 총 116일간 실시하였다. 어장 환경은 수온이 12.4~23.6℃, 비중은 1.0231~1.0260, DO 8.2~9.2 mg/l, 투명도는 1.5~2.0 m였다.

수중배양방법은 돌미역 자연 서식지 현장 지선에서 비닐봉투(60×100 cm, 두께 0.1 mm)에 구멍(∅0.5 cm)을 5~6개 뚫고 유주자를 부착한 채묘틀을 1개씩 동봉하여 연승수하식으로 50틀(5,000 m)을 배양하였다. 관리는 1주일에 한번씩 채묘틀 및 비닐에 부착한 부니를 제거해 주고 손상된 비닐봉투는 교체하여 주었으며, 이때 친승수위는 현지 투명도선인 1.8 m를 유지하였다.

자연 수중배양용은 잡조번무에 따라 배우체 성장 상태도 현미경상 확인할 수 없었으며, 아포체를 거쳐 유엽화하지 못하였다. 그러나 비닐봉투를 이용한 수중배양은 채묘후 14일 경과후 현미경 100배 1시야당 4~8개, 30일 경과 후 3~6개, 60일 경과후 3~5개체가 확인되었으며, 그후 100일 경과한 11월 7일에는 수정을 거쳐 일부 아포체로 발아하는 등 배양상태가 순조로웠다.

육상배양은 진도군 의신면 초사리 육상배양장에서 1996년 7월 31일부터 11월 20일까지 총 113일간 실시하였으며, 냉각장치 활용배양 120틀(12,000 m)과 자연해수 활용배양 30틀(3,000 m)을 병행 실시하였다. 냉각장치를 활용하여 8~9월중의 수온은 21.0~23.0℃, 조도는 1,000~2,000 lux를 유지하였으며, 비중은 1.0224~1.0253, DO는 7.4~8.1 mg/l였다. 자연해수 배양은 수온이 24.5~26.6℃이었으며, 조도는 400~3,000 lux로 조절하였다. 10월~11월은 수온하강으로 냉각장치 가동을 중단하고 자연해수 수온인 13.6~22.0℃를 유지하였다.

10~11월의 조도는 2,000~3,000 lux로 조절하였고, 물갈이는 1일 0.5~3회를 환수하였으며, 시비는 배우체 수정후 아포체의 발아촉진을 위해서 질산나트륨(NaNO₃ 500:1), 제2인산나트륨(Na₂HPO₄ 2,000:1)을 15분간 침적하였다.

씨줄틀 뒤집기는 조도 1,000 lux에서는 10일에 1회, 2,000~3,000 lux일 때는 5일에 1회 실시하였다. 냉각장치를 활용 2.4~3.6℃ 낮게 배양한 수조에서는 유주자 부착 및 배우체 성장이 양호하여, 현미경 100배 1시야당 5~10개체를 나타내었고, 자연해수 배양에서는 유주자 부착수는 4~8개체를 보였으나,

발아 단계에서 대량 탈락하여 0.5개체 미만을 나타내었다.

아포체 발아수도 냉각장치 활용배양에서는 3~6개체를 보인 반면, 자연해수 배양에서는 0.1개체 미만으로 저조하여 자연산 들미역의 포자엽을 활용한 육상배양시에는 냉각장치가 필수적인 것으로 나타났다.

2. 가이식 시험

가. 재료 및 방법

1996년 11월 20일, 11월 23일 이틀간 진도군 의신면 구자도 앞바다에서 육상배양분 50틀(5,000 m)과 수중배양분 20틀(2,000 m) 총 70틀(7,000 m)을 가이식하였다. 가이식 시험기간동안 수온, 비중, 투명도, 용존산소(DO) 등 어장 환경을 조사하였으며, 아포체의 성장을 위해 시비를 실시하였다. 또한 가이식 방법별 유엽발아 상태를 조사하였다.

나. 결과 및 고찰

1) 가이식 시기

수조에서 말기배양을 마친 아포체의 발아와 성장을 촉진하고, 양성장의 환경에 적응시키기 위해서 본양성 시설을 하기 전에 가이식을 실시하게 되는데, 수온상으로 본 가이식시기는 내만의 경우는 20.0℃ 전후, 외해의 경우는 17.0~18.0℃가 적기로 밝혀졌다. 이 연구에서 들미역은 배양을 8월부터 시작하였기 때문에 배우체 성장, 수정 및 아포체 발아에 113~116일 정도 소요됨에 따라 수온이 13.6℃로 하강한 1996년 11월 20일, 23일 2일간에 걸쳐 가이식을 실시하였다. 이때 아포체의 크기는 260~350 μm 이었으며, 가이식기간은 30일간이었고 가이식이 끝날때의 유엽크기는 5~10 mm였다.

2) 가이식장 및 어장환경

가이식 장소인 진도군 의신면 구자도 앞바다는 외해에 위치하고 있어 조류 소통은 좋으나 투명도가 낮아 부니가 많이 착생하는 결점은 있었으나, 시기적으로 늦게 가이식을 실시함으로써 해황이 안정되어 외양수의 침입, 적조 발생 등의 위험이 없어 가이식에는 큰 어려움이 없었다.

가이식장소의 어장환경은 수온이 10.5~13.6℃, 비중은 1.0254~1.0262, 투명도 1.7~2.0 m, DO는 8.6~9.8 mg/l 를 나타내었다.

3) 가이식 방법

연승수하식 시설의 친승에 채묘틀을 매달았다. 이때 채묘틀의 탈락, 파손, 씨줄의 마찰 등이 생기지 않게 주의 하였다. 가이식 수층은 초기에 투명도선인 1.8 m를 유지하였고, 그후 점진적으로 수층을 높여 가이식 중기에는 1.5 m, 말기에는 1.0 m선을 유지하였다. 부니는 2일간격으로 제거해주었고, 4일 간격으로 채묘틀을 상, 하 교체하는 등 적극적인 관리를 실시하였다.

4) 시비 및 유엽발아

가이식후 아포체 초기 발아시 성장 촉진 및 유엽의 일시 대량 출현을 유도할 목적으로 육상배양분 30틀(3,000 m)과, 수중배양분 10틀(1,000 m)은 시비를 실시하고 나머지 30틀(3,000 m)은 시비를 실시하지 않았다. 시비는 채묘틀이 완전히 들어갈 수 있는 200 l 고무통에 질산나트륨(NaNO_3 500:1), 제2인산나트륨(Na_2HPO_4 2,000:1)을 해수에 잘 희석하여 채묘틀을 넣고 15분간 침적 후 다시 매달았다.

시비는 동일 방법으로 2일간격으로 3회 실시하였으며, 시비결과 육상배양분 및 수중배양분 공히 망사 1 cm당 2~4개체의 유엽이 발아하여 가이식 성적이 양호하였으나, 시비를 실시하지 않은 30틀(3,000 m)은 부니의 부착이 심할 뿐만 아니라 아포체 발아수도 망사 1 cm당 0.5개체 미만으로 저조하고 균일치 못하였다.

5) 씨줄 수송방법

씨줄 수송은 물기가 가시지 않은 상태로 운반하여야 안전하기 때문에 씨줄의 수송은 직사광선을 피할수 있도록 씨줄에 가아제를 덮은 다음 마르지 않도록 가끔 해수를 뿌려 주면서 수송하였다.

다. 요약

가이식 시기는 1996년 11월 20일부터 11월 23일까지 진도군 의신면 구자도 앞바다에 육상배양분 50틀(5,000 m)과 수중배양분 20틀(2,000 m) 총 70틀(7,000 m)을 가이식 하였다. 가이식장 어장환경은 수온이 10.5~13.6°C, 비중 1.0254 ~ 1.0262, 투명도 1.7~2.0 m, DO는 8.6~9.8 mg/ℓ 이었다.

가이식 수층은 1.8~1.0 m를 유지하였으며, 부니는 2일간격으로 제거해 주었고, 4일간격으로 채묘틀을 상하로 교체 하였다. 아포체 초기 발아시 성장촉진 및 유엽의 일시 대량 출현을 위해 질산나트륨(NaNO_3 500:1), 제2인산나트륨(Na_2HPO_4 2,000:1)을 희석하여 시비를 2일 간격으로 3회 실시하였다.

그 결과 육상배양분 및 수중배양분 공히 망사 1 cm당 2~4개체의 유엽이 발아하였다. 시비를 하지않은 대조구에서는 망사 1 cm당 0.5개체 미만으로 발아율이 저조하였다.

제 4 장 돌미역의 양성 및 제품생산

제 1절 돌미역 양성시험

1. 재료 및 방법

1996년 12월 24일부터 1997년 5월 19일까지 돌미역 양성시험을 실시하였다. 이 양성시설은 진도군 의신면 구자도 앞바다에 시험·교습어업으로 1.0 ha에 대해 전남도로 부터 승인을 얻어 15대(1,500 m)를 연승수하식으로 시설하였다.

시험어장의 어장환경을 조사하였으며, 수층별(수심 2.0 m, 1.5 m, 1.0 m, 0.5 m) 및 부착밀도별(친승 10 cm 기준 10개체 이상, 5개체 내외, 1개체 미만)로 어미줄(친승)을 설치하여 작황을 조사하였다. 성장도는 월별 엽체장과 엽체중량(습중량)을 조사하였으며, 생산량, 부착생물, 병해 발생여부 등을 조사하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 양성장의 환경

1) 수 온

양성기간 동안의 수온은 8.3~15.4℃ 범위로, 시설시기인 1996년 12월 24일에는 10.5℃였으며, 점진적인 하강을 하여 1997년 2월에는 8.3℃로서 최저치를 나타내었다. 이후 수온은 다시 상승하여, 1997년 4월에는 11.6℃를, 채취기간인 5월 중순에는 15.4℃를 나타내었다.

기존 일반양식 미역은 10월중에 시설하여 유엽기의 수온이 20.0~15.0℃

를 보이나, 이 시험에서는 저수온기인 12월 하순에 시설하여 유엽기가 수온이 8.3~10.5℃ 범위로서 양성기간 동안 제일 낮았다. 따라서 수온이 제일 낮은 시기에 유엽기를 보내고 수온이 상승하는 시기에 주 성장기를 보냈다(표 10).

표 10. 일반 미역 양성장과 돌미역 양성장의 수온 비교

Table 10. Comparison seawater temperatures between common and wild sea-mustards culture grounds

	Installation stage		Young blade stage		Growing stage		Harvest stage	
	Common sea-mustard	Wild sea-mustard	Common sea-mustard	Wild sea-mustard	Common sea-mustard	Wild sea-mustard	Common sea-mustard	Wild sea-mustard
Water temperature (°C)	20.0	10.5	13~20.0	8.3~10.5	5~13	9.3~15.0	5~8	15.3

2) 비중 및 용존산소(DO)

양성장은 외해에 면해 있는 곳으로서 양성기간 동안 비중은 1.0260~1.0267 범위로서 변화의 폭이 좁았으며, 용존산소(DO)는 9.2~10.2 mg/l 로 풍부하였다.

3) 유속·수심 및 투명도

양성장의 유속은 소조시때 창조류가 0.4 m/sec, 낙조류가 0.6 m/sec, 대조시때 창조류가 1.1 m/sec, 낙조류가 1.4 m/sec로 유속이 빠른 지역으로 영양염 공급이 원활한 지역이었다. 수심은 만조시 20.5 m, 간조시 16.1 m로서 양 성장으로서는 다소 깊었지만, 저질은 니질에 일부 패각질로 구성되어 있어 양 성에는 큰 영향이 없었다(표 11).

표 11. 돌미역 양성장의 환경

Table 11. Ocean environment of sea-mustard culture ground in Chindo from December 1996 to May 1997

Month	Air temperature (°C)	Water temperature (°C)	Specific gravity	DO (mg/ℓ)	Transparancy (m)
1996. 12	7.8	10.5	26.3	9.8	1.8
1997. 1	-1.0~4.5	8.8~9.3	26.2~26.6	9.4~9.6	1.7
2	2.5~4.3	8.3~8.6	26.6~26.7	9.6~10.2	1.9
3	4.0~16.0	9.3~10.9	26.5~26.7	9.5~10.0	2.0
4	9.0~19.0	10.9~11.6	26.4~26.5	9.6~10.2	1.8
5	18.1~21.4	13.7~15.4	26.0~26.2	9.2~9.6	1.7

나. 어미줄과 씨줄 붙이기

미역이 수지상의 부착기로 감아 잡을 수 있는 기질을 만들어 주기 위해서 어미줄을 사용하는데 조류와 풍파가 강한 외해에서 양성시 끊어지지 않게 하는 것은 물론 부착기질을 많게하기 위해서 어미줄 재료는 $\phi 16$ mm되는 폴리에틸렌로우프를 사용하였다.

씨줄 붙이기는 씨줄감기와 씨줄끼우기식이 있는데, 이 양성시설은 씨줄을 어미줄이 감긴 방향으로 감아서 미역의 고른 성장과 유엽의 손실을 방지하였으며, 유엽의 밀도별로 3단계(망사 10 cm당 10개체 이상, 5개체내외, 1개체 미만)로 구분 씨줄 붙이기를 하였다(사진 IV-1). 씨줄 붙이는 일은 미역 양성에 있어서 매우 중요한 일임으로 종사가 직사광선을 받거나 건조되지 않도록 그늘에서 작업을 실시하였으며, 이때 유엽의 크기는 0.5~1.0 cm 내외였다. 풍파와 조류가 심한 외해에 시설해야 하기 때문에 씨줄이 느슨해지지 않도록 철저히 결착 하였다. 어미줄은 씨줄붙이기 4일전부터 해수에 넣어 두었다가 충분히 잡아 느린 후 사용하였다(사진 IV-2).

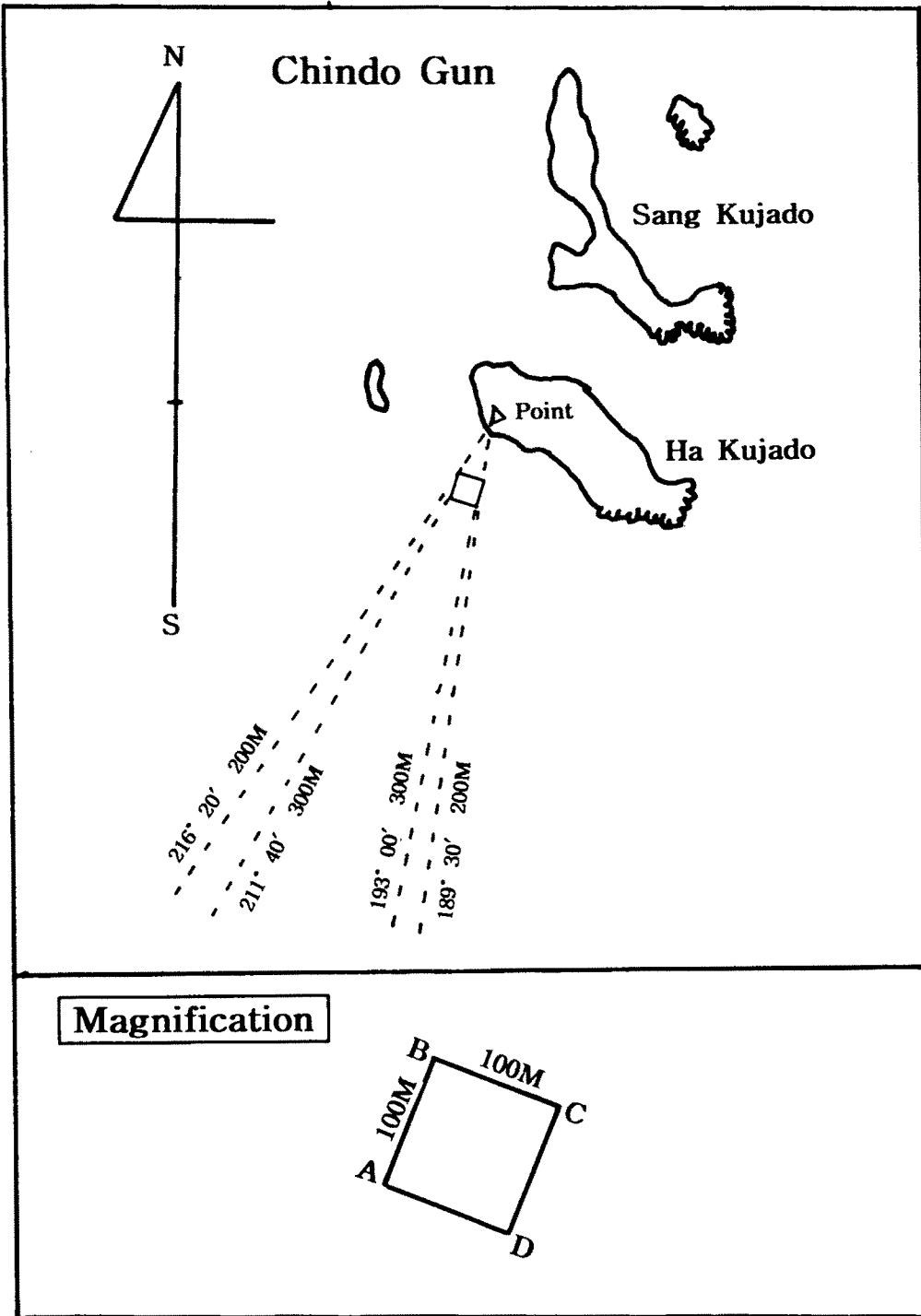


그림 16. 양식시설 어장위치도.

Fig. 16. Location of cultivation facility.

다. 양성시설

양성시설의 위치는 진도군 의신면 구자도 서남단 돌출부를 기점으로 하였다. 어장의 A지점은 육상으로 부터 221° 40' 의 300 m 지점, D지점은 육상기점으로 부터 193° 30' 의 300 m 지점이었다(그림 16).

양성시설은 외해에 면해 조류와 풍파가 강한 점을 충분히 감안하여 견고한 시설을 위해 최근 서남해안 외해 김 부류식 양식장에서 성행하는 로켓트포에 의한 닻을 설치하였으며, 시설방법은 연승수하식(수평식)으로 시설하였다. 설치 방향은 창조류와 낙조류 방향으로 하였으며, 닻줄은 충분한 고정력을 확보할 수 있도록 수심의 4배인 80 m로 하였다(그림 17).

부자는 5 m 간격으로 설치하였으며, 첫번째 부자는 스티로폴로된 60 ℓ 짜리 큰 것을 사용하였다. 친승수위는 2.0 m, 1.5 m, 1.0 m, 0.5 m 4단계로 구분 시설하였으며, 침자는 600 g짜리 돌을 사용하였다(사진 IV-3).

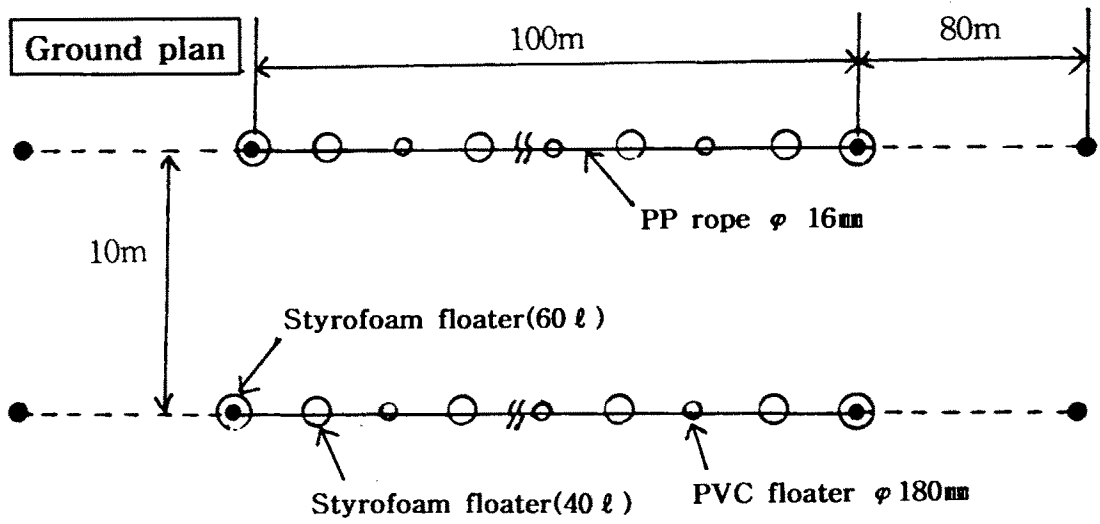
닻줄과 친승줄이 연결되는 부분에는 부력이 좋은 60 ℓ 짜리 스티로폴 큰부자를 사용하였으며, 그 다음에는 40 ℓ 짜리 스티로폴 부자, ϕ 180 mm PVC 부자순으로 하여 대조시 시설물이 완전히 침수하는 것을 방지하였다. 부자 밑에는 600 g 침자를 달아 수위를 조절하였다(표 12).

표 12. 양성시설 소요 자재 내역(1대 : 100m 기준)

Table 12. Parts list for installation materials of the cultivation facility(1 dae : 100m of long-line rope)

Materials	Requirement	Quantity	Remarks
Main rope	ϕ 16 mm	100 m	
Rope	ϕ 16 mm	200 m	
Rope	ϕ 5 mm	100 m	
Kuraron fiber	18twisted thread	200 m	Coiled around main rope
Floater	60 ℓ	2	
Floater	40 ℓ	10	
PVC floater	ϕ 180 mm	10	
Wooden anchor	ϕ 15×150 cm	2	
Anchor	600 g	20	

Installation of long-line rope system



Sectional plan

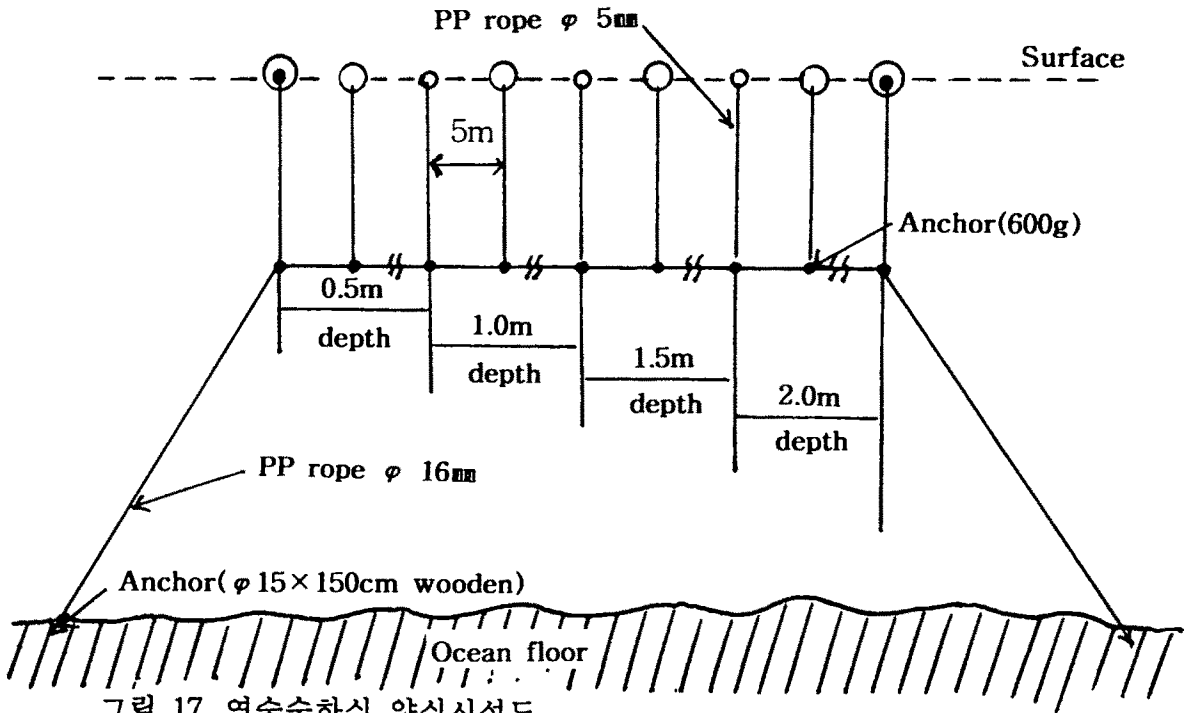


그림 17. 연승수하식 양식시설도.

Fig. 17. Illustration of long-line rope system installation.

라. 성장 및 작황

1) 성 장

돌미역 양성시 성장도를 살펴보면 수온이 최저치를 보이는 2월까지의 성장이 부진하여 엽장 0.5 cm에 10.0 cm 성장하는데는 66일이 소요되는 등 1일 1.5 mm의 성장상태를 보였으며, 엽체 중량도 2.0 g에 불과하였다(사진 IV-5). 수온이 상승하는 3월부터 채취기인 5월 중순까지는 전장 10 cm에서 최대 엽체장을 보이는 230 cm까지는 1일 평균 27.5 mm가 성장하였고, 엽체중도 1일 평균 4.0 g이 증가하였다(그림 18). 또한 평균 엽체장의 185 cm까지는 1일 평균 23.3 mm의 성장을 보였으며, 엽체중은 1일평균 3.4 g증가하였다(그림 19).

이와 같이 전장 10 cm까지 성장이 부진한 것은 저수온 및 친승에 부착한 해적생물의 영향은 물론이고, 생리적인 요인에 의해서도 많은 시간이 소요되는 것으로 판단된다.

엽장이 8 cm 미만까지는 일반 미역의 성장형태와 동일하였으나, 엽장 8 cm이상에서부터 열편이 형성되면서 돌미역의 특징을 뚜렷이 나타내기 시작하였다(표 13). 특히 4월중에는 성장이 제일 활발하여 전장 100 cm, 엽체중(습중량) 200 g이 증가하였다(사진 IV-6). 채취기에 자연산 돌미역에 비해서는 평균 전장이 20 cm 긴 반면, 포자엽은 3.2 cm 작고, 최장엽편 길이가 4 cm 정도 짧음을 알 수 있었다(표 14).

이와 같은 현상은 노출시 파도에 의한 저항 및 노출에 의한 단련기간이 없기 때문이며, 포자엽이 작은 것은 부착기질과 관계가 깊은 것으로 판단되었다.

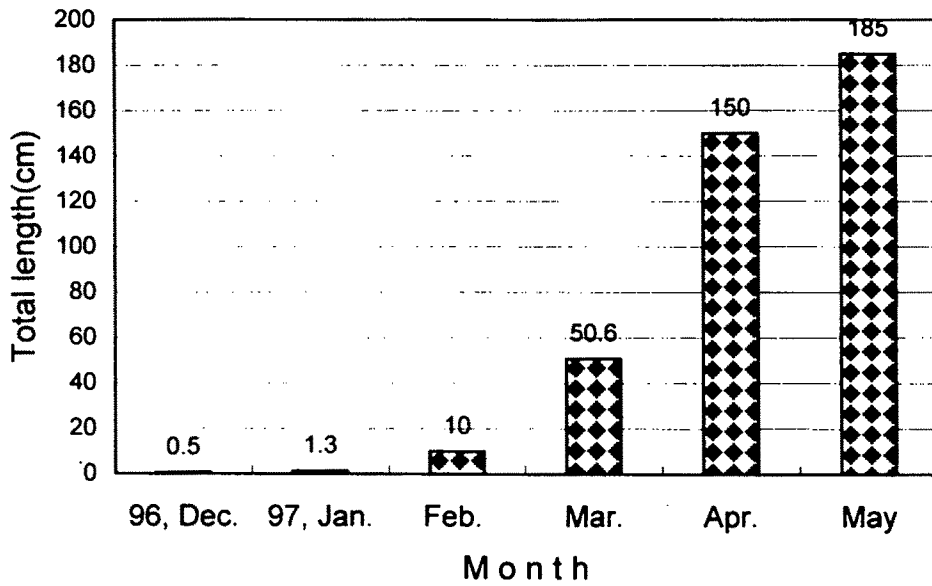


그림 18. 평균 엽체장의 월별 성장도.

Fig. 18. Monthly growth of total length of wild sea-mustard thalli

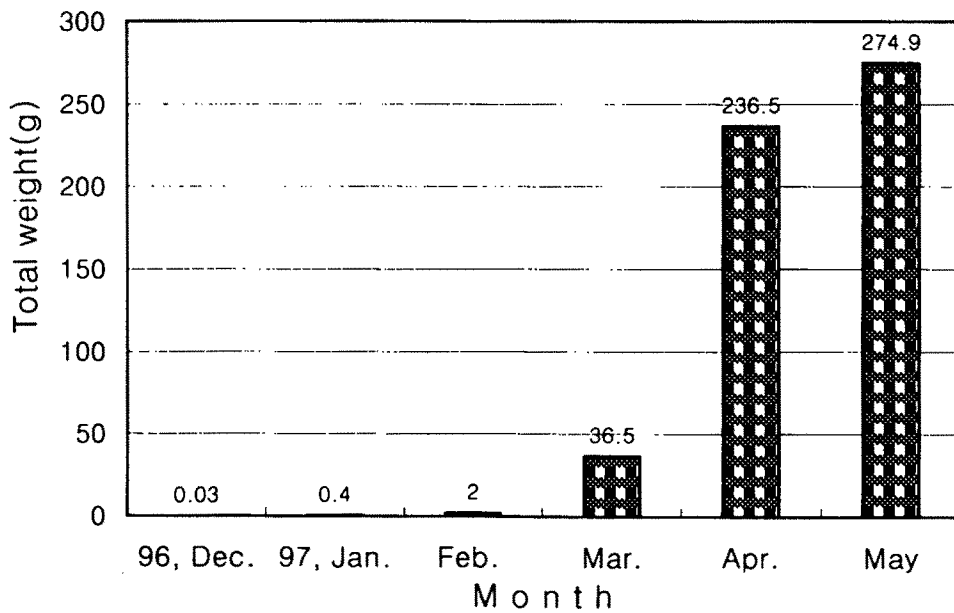


그림 19. 평균 엽체중의 월별 성장도.

Fig. 19. Monthly growth of wet-weight of wild sea-mustard thalli.

표 13. 돌미역 부위별 월별 성장도

Table 13. Monthly growth of wild sea-mustard at various parts of thallus

Month	Total length (cm)	Length of available part (cm)	Stipe length (cm)	Sporophyll length (cm)	Sporophyll width (cm)	Length between vegetative blade and sporophyll (cm)	Width of midrib (cm)	Thickness of midrib (cm)	Length between the longest pinnate blade and holdfast (cm)	Longest length between basal top of the incision and midrib (cm)	Length of the longest pinnate blade (cm)
1996. 12	0.5 ±	0.5 ±	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.2	0.1									
1997. 1	1.3 ±	1.3 ±	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.4	0.3									
2	10.0 ±	9.0 ±	1.0 ±	-	-	-	-	-	-	-	-
	1.4	1.0	0.5								
3	50.6 ±	48.6 ±	2.0 ±	0.6 ±	0.3 ±	1.4 ±	0.4 ±	0.2 ±	30.1 ±	1.2 ±	5.2 ±
	21.4	20.4	1.0	0.3	0.2	0.7	0.2	0.1	9.8	0.1	2.8
4	150± 25.7	142 ±	8.0 ±	5.0 ±	3.2 ±	3.0 ±	0.9 ±	0.5 ±	65 ±	1.3 ±	16.0± 3.8
		24.3	1.4	0.9	0.4	0.5	0.3	0.1	12.5	0.1	
5	185± 44.9	177 ±	9.0 ±	5.8 ±	3.8 ±	3.2 ±	1.2 ±	0.6 ±	80 ±	1.3 ±	20.0± 2.5
		43.4	1.5	0.9	0.8	0.6	0.3	0.1	10.7	0.1	

표 14. 자연산 돌미역과 양식산 돌미역의 부위별 성장도

Table 14. Monthly growths of natural and cultured sea-mustards at various parts of thallus

	Total length (cm)	Length of available part (cm)	Stipe length (cm)	Sporophyll length (cm)	Sporophyll width (cm)	Length between vegetative blade and sporophyll (cm)	Width of midrib (cm)	Thickness of midrib (cm)	Length between the longest pinnate blade and holdfast (cm)	Longest length between basal top of the incision and midrib (cm)	Length of the longest pinnate blade (cm)
Cultured	185	177	9.0	5.8	3.8	3.2	1.2	0.6	80	1.3	20.0
Natural	165	153	10.5	8.0	6	2.5	0.8	0.5	104	0.6	24

2) 부착밀도별 작황

친승 10 cm 기준 1개체 미만 부착한 곳은 엽체가 넓어지면서 열각이 깊지 않고 줄기폭과 줄기두께가 크고, 포자엽이 큰 것으로 나타나 자연산 돌미역 형태와는 많은 차이를 보였다(자연산 대비 줄기폭 +2.2 cm, 줄기두께 +0.8 cm, 포자엽길이 +4.5 cm). 친승 10 cm 기준 10개체 이상 부착한 곳은 엽체가 좁으면서 열각이 깊고 줄기폭과 줄기두께가 작으면서 자연산 돌미역의 형태인 버들잎 또는 긴대잎 형태의 우모상(羽毛狀)을 나타내었다. 또한 5개체 내외 부착한 곳은 10개체와 1개체 미만의 중간형태를 띠었다.

따라서 돌미역 양식에 있어서 부착밀도는 친승 1 cm당 1개체 내외는 부착하여야만 형태적으로 자연산 돌미역과 유사한 미역을 생산 가능한 것으로 조사되었다(표 15).

표 15. 부착밀도별 돌미역의 부위별 성장도

Table 15. Wild sea-mustard growths for three different attachment densities

Attach- ment density	Total length (cm)	Length of part (cm)	Stipe length (cm)	Sporo- phyll length (cm)	Sporo- phyll width (cm)	Length between vegetative blade and sporophyll (cm)	Width of midrib (cm)	Thick- ness of midrib (cm)	Length	Longest	Length of the longest blade (cm)
									between the longest pinnae and holdfast (cm)	between basal top of the incision and midrib (cm)	
More than ten per 10cm	185	177	9.0	5.8	3.8	3.2	1.2	0.6	80	1.3	20.0
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
About five per 10cm	44.9	43.4	1.5	0.9	0.8	0.6	0.3	0.1	10.7	0.1	2.5
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
Less than one per 10cm	180	169.6	10.4	7.6	5.9	2.8	2.1	0.9	116	1.9	21
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
Less than one per 10cm	25.6	24.1	1.5	1.1	0.9	0.4	0.3	0.3	5.8	0.7	1.8
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
Less than one per 10cm	175	161.0	14.0	12.5	8.5	1.5	3.0	1.3	110	3.2	19
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
Less than one per 10cm	10.2	8.4	1.8	1.5	1.1	0.3	0.5	0.5	6.2	1.1	3.2
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±

3) 친승수위별 작황

엽장 10 cm 미만에서는 친승수위를 1.5~2.0 m선(투명도선)에 유지한 것에서 잡조류 착생 등 해적생물 부착을 최소화하여 유연 발아 및 초기성장이 양호하였으나, 친승 0.5 m선에서는 친승에 잡조류 착생 및 해적생물 부착 심화로 유연 발아율이 저조하게 나타났다.

엽장 10 cm에서 70 cm 사이는 친승수위 1.5~2.0 m선에서는 성장율이 다소 떨어지며 포자엽과 영양엽 사이가 길게 나타남을 볼 수 있었으며, 친승 0.5 m선에서는 성장율이 빠르며 포자엽과 영양엽 사이가 짧게 나타났다.

엽장 70 cm 이상에서는 친승수위 1.5~2.0 m선에서 엽체의 엽편이 좁고 열각이 깊으며, 충분한 단련기간 동안 엽체 주위의 모총(毛叢)을 육안으로 쉽게 식별할 수 없었으며, 엽체 노화 현상이 발생치 않았다. 친승 0.5 m선에서는 엽편이 넓어지며 엽체 주위의 모총(毛叢)을 뚜렷이 확인할 수 있었으며, 엽체의 노화 현상도 조기에 나타나 상품가치가 떨어짐을 알 수 있었다. 친승수위 1.0 m선에서는 엽체 크기별로 공히 1.5~2.0 m선과 0.5 m선의 중간성을 많이 띠었다.

따라서 돌미역 양식에 있어서 친승수위는 엽장 10 cm 미만에서는 1.5~2.0 m선에 유지하여 잡조류 착생 등 해적생물 부착을 최소화시켜 유연발아에 주력을 하여야 하며 엽장 10 cm~70 cm 사이에서는 친승수위를 0.5 m선으로 올려 활발한 광합성 작용에 따른 성장을 촉진시키고, 포자엽과 영양엽 사이를 짧게 유도하여 형태적으로 자연산 돌미역과 동일하게 나올 수 있도록 하였다. 엽장 70 cm 이상에서는 친승수위를 다시 1.5~2.0 m선으로 유지해 엽편이 좁고 열각이 깊게 유도하고, 엽체 단련기간 동안 엽체 노화현상도 방지해야 할 것으로 사료되었다.

마. 관리 및 수확

1) 관 리

외해의 풍파와 조류가 강한 지역에 시설한 관계로 침자 및 부자의 유실 부분이 자주 발생하여 수시로 보강하였으며, 친승수위는 처음 시설시부터 수확기까지 4단계로 수위를 조절하였다. 특히, 친승수위 1.0 m선과 0.5 m에서는

친승에 지승이 자주 감아져 지승 주위 60 cm 가량은 완전히 엽체가 탈락하였다. 이러한 현상은 폭풍이 있는 후 ϕ 180 mm의 소형 부자쪽에서 주로 발생하였다. 이를 방지하기 위해서 시중에서 판매되고 있는 플라스틱 줄대(길이 50 cm, 두께 2 cm)을 사용하면 원하는 수심을 쉽게 조절할 수 있고 친승에 지승이 감기는 사례가 발생치 않아 이중 효과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

보식은 실시하지 않았으며 해적생물(과래 등) 구제는 엽장 10 cm미만에서 친승수위 1.0 m선 및 0.5 m선의 것을 1주일 간격으로 실시하였다.

2) 수 확

여촌지도 사업 설명회시 참석인원 250명, 신비의 바닷길 영등축제시 500명을 대상으로 돌미역의 양식가능성 및 양식 돌미역의 우수성을 홍보하기 위하여 양식기간이 99일 및 105일 경과한 1997년 4월 2일, 1997년 4월 7일 2회에 걸쳐 생중량으로 250 kg, 500 kg를 채취하여 시식회를 실시하였다. 또한 참석자들에게 일부는 생초로 비닐봉지에 동봉하여 주위에 홍보토록 하였다(사진 V-5, 6).

이때 엽장의 크기는 110 cm 내외였으며 외부적인 형태는 자연산 돌미역과 동일한 특징을 뚜렷이 나타내었으나, 질적인면(오돌오돌한 맛 정도)에서는 성장이 활발히 진행중이어서 자연산 돌미역에 비해서는 질이 떨어졌다. 본격적인 첫 수확은 양식기일이 129일이 경과한 1997년 5월 2일 생중량 500 kg를 채취하여 1차 건조를 하였다(사진 V-2). 이어서 양식기일이 142일 경과한 1997년 5월 15일부터 16일, 17일, 18일, 19일에 걸쳐 연속 5일간 2,080 kg을 수확하였다(표 16).

이때 엽체의 단련 정도는 양호하여 질적으로 오돌오돌한 맛을 느낄 수 있었다. 따라서 일반 미역의 양성기간은 110~120일인 것에 비해 양식산 돌미역은 140~150일 정도의 양성기간을 통해 엽체를 충분히 단련하여 질적인 맛을 유지해야 할 것이다.

양성기간이 일반미역에 비해 30일 정도 연장하면서 엽체의 노화현상이 발생치 않기 위해서는 조류소통이 양호하고 풍파가 있으며 조기에 수온이 올

라가지 않는 외해어장이 양식의 호적지로 사료된다.

자연산 들미역의 수확시기(7~8월)에 비해 양식산 들미역 수확시기(4~5월)는 2~3개월 정도 조기에 생산이 가능하다. 왜냐하면 양식산은 인공종묘를 통해 당해년도에 아포체를 거쳐 유엽화하여 양성장에 시설하는 등 적극적인 관리가 선행되고 있으며, 모든 과정이 수중에서 이루어지고 있는 반면 자연산은 노출, 조류, 수온, 파도등 자연환경의 악조건 때문에 당해년도에 아포체로 발아하지 못하고 배우체로 겨울을 지낸후 다음해 3~4월에 유엽화되기 때문이다.

표 16. 양식산 들미역의 일별 수확량

Table 16. Daily harvested amount of cultured wild sea-mustard

	1997		D a t e						Total
	4/2	4/7	5/2	5/15	5/16	5/17	5/18	5/19	
Amount (kg)	250	500	500	400	350	350	400	80	2,830

바. 부착생물 및 병해

양식관리중 부착생물은 파래와 잠조류(늑데기)가 주로 발생하였으며, 엽체가 10 cm 이상 성장하면 부착밀도가 양호한 친승 10 cm당 10개체 내외에서는 해적생물이 미역과 경쟁하여 자연 사멸하였으나, 부착밀도가 낮은 친승 10 cm당 1개체 미만에서는 미역이 부착하지 않은 빈곳에 파래와 잠조류가 서식생존하였다. 갑각류의 단각목(端脚目 Amphipoda)에 속하는 *Ceinina japonica* Stephensen은 일부 부착기 부분에서 발견되었으나, 그 수는 적었으며, 바늘 구멍증을 일으키는 요각류(橈脚類 Copepoda) 계통은 전혀 확인할수 없었다. 시설 장소 주위에 일반 미역양식 시설이 전혀 없을 뿐만 아니라, 외해에 접해 조류 및 풍파가 강한 곳으로서 병해 징후는 전혀 발생치 않았다. 다만 5월 중순(수온 15℃)에 어린 유엽때 개재성장한 엽체의 선단 부분이 강한 조류와 풍파에 유실되면서 일부 끝녹음 현상이 병행해서 발생하였다.

3. 요 약

양성시설은 자연산 돌미역 서식지역인 진도군 의신면 구자도(하도) 앞바다에 1.0 ha의 시험·교습어업을 전남도로부터 승인을 얻어, 1996년 12월 24일부터 1997년 5월 19일까지 146일간 15대(1,500 m)를 연승수하식으로 관리하였다. 어미줄은 $\phi 16$ mm 폴리에틸렌로우프를 사용하였으며 유엽의 크기는 0.5~1.0 cm였다. 밀도별로 3단계(망사 10 cm당 10개체 이상, 5개체 내외, 1개체 미만)로 구분 씨줄붙이기를 하였으며, 친승수위는 4단계(2.0 m, 1.5 m, 1.0 m, 0.5 m)로 구분 시설 하였다.

어장환경은 수온 8.3~15.4℃, 비중 1.0260~1.0267, DO 9.4~10.2 mg/l, 투명도 1.7~2.0 m, 유속은 대조시 창조류가 1.1 m/sec, 낙조류가 1.4 m/sec이었으며, 수심은 16.1~20.5 m로서 저질은 니질에 일부 패각질로 구성되어 있었다.

성장도는 1996년 12월에서 1997년 2월까지의 평균 엽체장이 0.5 cm에서 10 cm 성장하는데 66일 소요되어 일일 1.5 mm의 부진한 성장 상태를 보였으며, 엽체중도 2.0 g에 불과하였다. 엽체장 10 cm 이상에서는 성장 상태가 빨라져 5월 평균엽장 185 cm까지는 1일 23.3 mm의 양호한 성장을 보였으며, 평균 엽체중도 1일 평균 3.4 g 증가를 보였다. 특히 4월중에 성장이 제일 활발하여 엽체장 100 cm, 엽체중 200 g이 증가하였다. 양식 돌미역은 자연산에 비해 노출에 의한 단련시간이 없기 때문에 엽체장은 20 cm 컷으나, 포자엽이 3.2 cm 작고, 최장 엽편 길이가 4 cm 정도 짧게 나타났다. 이와 같은 현상은 노출시 파도에 의한 저항 및 노출에 의한 단련시간이 없기 때문이며, 포자엽이 작은 것은 부착기질과 관계가 깊은 것으로 판단된다.

친승 10 cm 기준 1개체 미만 부착한 곳은 자연산에 비해 엽체가 넓어지면서 열각이 깊지 않고 줄기폭(+2.2 cm), 줄기두께(+0.8 cm), 포자엽 길이(+4.5cm)가 큰 것으로 나타나 돌미역의 형태적 특징을 보이지 않았다.

친승 10 cm 기준 10개체 이상 부착한 곳은 엽체의 형태가 자연산과 유사한 형태로 열각이 깊고, 줄기폭 및 줄기두께가 비슷하게 나타나 돌미역 고유 형태를 유지하기 위해서는 친승 10 cm 기준 10개체 이상의 부착밀도가 필요

한 것으로 조사되었다.

엽장 10 cm 미만에서는 친승수위를 1.5~2.0 m선(현장 투명도선)에 유지한 것이 해적생물의 부착율이 적고 유엽 발아 및 성장상태가 양호하였다. 엽장 10 cm에서 70 cm 사이에서는 0.5 m선에서 성장률이 빠르며 포자엽과 영양엽 사이가 짧은 자연산 돌미역의 형태를 보였다. 엽장 70 cm 이상에서는 친승수위를 1.5~2.0 m 유지선에서 엽체의 엽편이 좁고 열각이 깊으며 엽체 단련기간 동안 엽체 노화현상이 발생하지 않았다.

관리는 외해의 풍파와 조류가 강한 지역에 시설한 관계로 침자 및 부자의 유실이 많아 수시로 보강하였다. 보식은 실시하지 않았으며 해적생물 구제는 엽체 10 cm 미만에서 1주일 간격으로 실시하였다.

수확은 어촌지도사업 설명회(1997. 4. 2) 및 진도 신비의 바닷길 영등축제시(1997. 4. 8) 생중량으로 250 kg, 500 kg를 채취 시식회를 통한 진도 돌미역의 양식가능성 및 양식 돌미역의 우수성을 홍보하였다. 1997년 5월 2일부터 19일까지 6회에 걸쳐 전량 채취를 통해 생중량으로 2,080 kg를 수확하였다.

자연산 돌미역의 수확시기(7~8월)에 비해 양식산 돌미역 수확시기(4~5월)는 2~3개월 정도 조기 생산이 가능하다. 왜냐하면 양식산은 인공종묘 생산을 통해 당해년도에 아포체를 거쳐 유엽화하여 양성장에 시설등 적극적인 관리가 선행되고 있으며, 모든 과정이 수중에서 이루어지고 있는 반면, 자연산은 노출, 조류, 수온, 파도 등 자연환경의 악조건 때문에 당해년도에 아포체로 발아하지 못하고 배우체로 겨울을 지낸 후, 다음해 3~4월에 유엽화하여 성장하기 때문이다.

부착생물은 파래와 잡조류로 엽체가 10 cm 이상 성장하면 부착밀도가 양호한 곳에서는 자연사멸 하였다. 갑각류의 단각목(Amphipoda)에 속하는 *Ceinina japonica* Stephensen은 일부 부착기 부분에서 발견되었으나, 그 수는 적었으며, 바늘구멍증을 일으키는 요각류(Copepoda)계통은 전혀 찾아 볼수 없었다. 시설장소가 외해에 면해 조류 및 풍파가 강한 곳으로서 병해징후는 전혀 발생치 않았다.

제 2절 제품생산

1. 재료 및 방법

양성기간이 129~146일 경과한 1997년 5월 2일부터 5월 19일까지 6회에 걸쳐 시험어장에서 제품생산을 목적으로 수확한 돌미역을 건조시켰다. 수확한 미역은 건조장으로 옮겨 미리 준비한 건조대에 가닥 미역으로 자연 건조하였다. 건조기간은 평균 2일이 소요되었고, 건조시킨 후에는 밀폐된 비닐속에 잘 묶어 보관하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 운반과정

수확한 미역은 그물자루에 30~40 kg을 넣어 선박으로 건조장소까지 운반하였다. 미역을 넣은 그물자루는 직사광선에 노출되지 않도록 차광을 실시하였으며, 일정 간격으로 해수를 뿌려 자루안의 온도를 낮추어 주었다. 이때 시간이 지남에 따라 차광이나 물을 뿌려주지 않으면 그물자루속 미역은 온도 상승으로 인해 염체가 과량게 변색되는 등 제품의 질이 저하된다. 채취선이 건조장소에 도착하면 그물자루에 든 미역을 바다에 다시 넣어두고 건조틀에 가닥 미역을 만드는 정도에 따라 그물에 든 미역을 육상으로 운반하였다. 이 결과 그물자루속의 미역이 온도 상승에 의한 제품질 저하를 방지할 수 있었다.

나. 건 조

그물자루에 담아진 미역은 건조틀(38 cm×130 cm)에 맞게 가닥 미역의 형태를 형성한다. 이때 가닥미역의 형태 및 두께가 결정되기 때문에 숙련된 기술이 필요하다. 이 과정은 건조를 고려해서 오전 11:00까지 완료하였다(사진 V-2). 미역가닥의 형태가 완성된 건조틀은 햇빛이 잘 들고 통풍이 잘 이루어지는 장소에 30~45° 경사를 주어 건조하였으며, 건조과정에서는 미역이 햇볕을 앞

뒤로 골고루 받게 뒤집어 주는 회수를 1일 3~5회 실시하였다. 완전 건조까지는 맑은 날씨가 지속되어 2일이 소요되었다. 이때 건조 미역의 습도는 14% 내외가 되도록 하였다(사진 V-3).

1997년 5월 2일 채취한 500 kg(생중량)을 가지고 260가닥(13몫)을 만들었으나, 오후부터 날씨가 3일간 계속 흐리고 비가와서 선풍기를 사용하여 건조에 최선을 다하였지만 제품화하지 못하였다. 5월 15일부터 채취한 미역은 일기가 양호하여 건조에 어려움이 없어 40몫을 제품화하였으며, 1몫의 무게는 평균 4.4kg이었다(표 17).

표 17. 들미역의 일별 건조량

Table 17. Daily dried amount of harvested wild sea-mustards

	1997	Date(Month/Day)				Total
	5/15	5/16	5/17	5/18	5/19	
Dried amount (moot*)	10	9	9	10	2	40

* moot : Bound amount of 20 dry pieces wild sea-mustard(about 4.4kg)

다. 보 관

건조상태가 양호한 미역은 제품으로 시장에 출하할 수 있으나, 가격변동 등 시세에 따라 장기간 보관하는 경우가 있다.

건미역을 보관할시에는 특히 습기에 주의하여야 한다. 건조된 미역의 습기를 방지하기 위하여 습기가 적은 차고 어두운 방에 나무판자를 깔고 원예용 비닐을 구입하여 가로 5 m, 세로 2 m, 높이 6 m의 큰 비닐봉투를 만들었다. 건조된 미역은 큰 비닐봉투안에 엇갈리게 쌓아 올린 다음 밀봉하여 담요를 덮어 보관하였다. 이때 비닐봉투에 구멍이 생기지 않도록 세심한 주의가 필요했다. 보관기간은 1997년 5월 20일부터 10월 13일까지 146일간 보관하였으며, 이렇게 보관한 상태는 매우 양호하였다.

라. 출 하

돌미역의 적정 가격이 형성되면 출하를 실시하여야 한다. 출하할 미역은 품질별로 재선별하여 변질이 된 것은 제외시켜야 하는데 보관상태가 양호하여 변질된 것이 발견되지 않았다.

진도 돌미역은 20가닥을 1뭇으로 묶어 판매되고 있기 때문에 20가닥을 기준으로 1뭇으로 포장하였다(사진 V-4). 이때 1뭇의 무게는 4.3~4.5 kg(평균 4.4 kg)이었다. 출하는 우편 주문 판매를 실시하는 아침가리(대표: 김영수)에 비계통 판매하였으며, 뭇당 상품은 120,000원, 하품은 64,600원으로 평균 92,500원을 받았다(표 18).

표 18. 양식 돌미역의 판매 현황

Table 18. Sale status of Cultured wild sea-mustard

	Total	High Quality	Mid-Quality	Low Quality
Moot	40	9	21	10
Amount unit price(won)	-	120,000	94,000	64,600
Total (won)	3,700,000	1,080,000	1,974,000	646,000

다. 요 약

수확한 미역은 그물자루에 30~40 kg씩 넣어 차광 및 물을 뿌려 온도 상승에 따른 품질저하를 방지하면서 선박으로 건조장소에 도착하면 그물자루에 든 미역을 다시 바다에 넣어두고 미역을 건조틀에 건조하는 정도에 따라 그물에 든 미역을 육상으로 옮겼다.

돌미역을 하나씩 옮겨 건조틀(38×130 cm)에 맞게 미역의 형태를 형성하였다. 건조틀은 햇빛이 잘 들고 통풍이 좋은 곳에 30~45 ° 경사를 주어 1일 3~5회 뒤집어 주어 고르게 건조를 시켰으며, 완전 건조까지는 평균 2일이 소요되었다.

건조는 1997년 5월 15일부터 19일까지 날씨가 좋아 5일간 연속 건조를 실시하여 40뭇의 제품을 만들었다. 한뭇의 무게는 평균 4.4 kg이었다.

보관은 습기가 적으며 차고 어두운 방에 나무판자를 깔고 원예용 비닐을 구입 가로 5 m, 세로 2 m, 높이 6 m의 큰 비닐 봉투를 만들어 건조된 미역을 엇갈리게 쌓아 올린 다음 밀봉하여 담요로 덮어 보관하였다.

20가닥을 1뭇(건중량 4.4 kg)으로 묶어 판매하였으며, 가격은 뭇당 평균 92,500원에 비계통 판매하였다.

제 3절 경제성 분석

미역은 우리나라의 전국 각지에서 생산되기 때문에 이것을 채취하여 식용으로 한 역사는 매우 오래되었다.

최근 국민의 대다수가 건강에 특별한 관심을 보이고 있기 때문에 해조류의 소비를 통한 식생활 개선의 가능성, 동물성 영양섭취와 식물성 영양섭취의 차별성 뿐만 아니라 육상식물과 해산식물(해조류)의 차별성과 특성을 적극적으로 홍보한다면 해조류의 소비를 증가시킬 수 있을 것이다.

그중 진도산 돌미역은 지리적으로 국토의 최서남단에 위치하여 파도와 조류가 강하고 인위적 오염원이 없는 오지 도서 외해의 청정해역에서만 양식이 가능하기 때문에 국민건강 식품으로서 그 가치는 배가 될 것이다.

진도 돌미역은 일반양식미역에 비해 품질이 우수하고 맛이 뛰어나 진도곽이라는 특산품으로 수요에 비해 공급이 달리는 실정으로 가격이 매우 비싸게 거래되고 있다.

자연산 돌미역 생산량은 점차 감소추세를 보이고 있어, 지역적 특성을 충분히 활용하여 부가가치를 높이고 양식어업인으로 하여금 적극적으로 돌미역 양식에 임하도록 해야 할 것이다. 따라서 경제성 분석에서는 일반양식 미역과 양식산 돌미역의 경영분석을 실시하고 이를 토대로 어가 소득 증대에 기여해 나갈 수 있도록 방안을 제시하고자 한다.

1. 재료 및 방법

일반미역 양식업의 경영 특성을 조사하기 위하여 진도군 수산업협동조합을 통하여 일반 양식 미역의 손익계산서를 비교하였으며, 양식산 돌미역은 본 연구사업을 대상으로 비교 분석하였다.

또한, 현지조사를 통하여 자연산 돌미역의 생산구조 및 생산현황, 판매형태 및 유통경로 수급구조를 조사 분석하였다.

한편 미역양식업의 경영 특성 및 현황분석을 토대로 경영개선을 위한 방안으로 수익성 증대, 내수시장 확대, 어장관리 방안 등을 제시하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 양식 및 유통현황

1) 양식현황

진도군의 미역양식은 1970년대초 인공종묘생산 기술과 연승수하식 양식 개발에 따라 본격적인 양식에 임하기 시작하여, 1980년대 중반까지 매년 15,000여대 시설에 17,000M/T 내외의 미역을 생산 염장가공하여 대일수출로 호황을 누리며 외화 획득의 주요 수출품종으로 자리매김 하였다.

그러나, 1980년대 후반들어 시설량이 20,000여대로 증가하고, 생산량도 20,000M/T으로 늘어나기 시작하여 1990년도에는 24,986대 시설에 32,855M/T를 생산하는 등 시설량과 생산량이 최대치를 보였으나, 과잉생산, 대일수출부진이 가격하락을 초래하고, 연작에 의한 병해발생까지 겹쳐 채산성 악화로 큰 침체의 길로 접어들어, 1996년에는 2,246대 시설에 4,410M/T 생산에 그치고 있는 실정이다(표 19).

그러나 진도산 돌미역(진도곽)은 형태적 특징과 품질면에서 그 우수성을 인정받아 수요에 비해 공급이 모자라 매년 가격이 상승세를 보이고 있다.

표 19. 진도 양식미역의 시설 및 생산현황

Table 19. Installation and production of cultured sea-mustard in Chindo

	Year						
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Installation (dae*)	24,986	24,485	22,150	17,371	10,316	3,759	2,246
Production (M/T)	32,855	5,465	10,072	12,006	11,500	8,250	4,410

* dae : 100m of long-line rope

진도 자연산 돌미역은 오지도서 어업인들의 노령화와 젊은 사람들의 도시 이주 현상이 겹쳐 마을 어업의 적극적인 관리(갯닦기) 및 적기채취가 이루어 지지 못해 매년 생산량은 감소 추세를 보이고 있으며, 가격면에서는 형태적 특징과 품질면(오돌오돌한 맛)에서 우수성을 인정 받아 매년 가격이 상승세를 보이고 있다. 그러나 일반 양식 미역은 동일 제품(가닥미역)으로 만들었을때 판매가격이 매년 2만원대의 담보상태를 보이고 있음을 알 수 있다(표 20).

표 20. 일반 양식미역과 돌미역의 가격 비교

Table 20. Price comparison between common and wild sea-mustards

(unit : moot)

	Year						
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Cultured common sea-mustard (won)	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
Natural wild sea-mustard (won)	100,000	110,000	130,000	140,000	150,000	160,000	180,000

2) 판매형태 및 유통경로

일반 양식산 미역은 대부분 가공공장을 통하여 자숙, 염장되어 대일수출 및 국내시판 되어지고 있으며, 일부는 생산어업인이 직접 가담미역으로 직접 건조하여 일반 시장이나 재래시장을 통하여 매매가 이루어지고 있는 실정이다. 그러나 자연산 돌미역은 양식미역과는 달리 그 특성상 자연 일광을 이용한 건조방법으로 품질이 좋고, 생산량이 한정되어 가격이 매우 높다. 이러한 특성 때문에 어가에서 생산된 돌미역은 20가닥을 1뭇으로 포장되어 광주, 목포, 서울등 대도시의 도매상이나, 중간상인에게 판매되고 있다. 최근들어 일부 수협 직판장이나, 수산물시장, 백화점 및 우편주문 판매등이 이루어지고 있다.

3) 미역 양식 어업의 수급 구조

일반양식 미역은 1991년도까지는 대일 염장미역 수출로 인해 전체 생산량의 74%인 243,117M/T을 수출하였으나, 1992년도 부터는 대일 염장미역 수출부진으로 인해 전체생산량의 6%인 18,861M/T에 불과하며 나머지 94%에 해당하는 282,433M/T이 국내 소비 되고 있는 실정이다(표 21).

표 21. 일반미역의 수출 및 국내 소비량

Table 21. Export and domestic consumption of common sea-mustard

	Y e a r						
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Total	328,373	320,960	301,294	294,548	305,350	298,439	215,357
(M/T)	(100%)	(100%)	(100%)	(100%)	(100%)	(100%)	(100%)
Export	243,117	211,933	18,861	19,988	19,407	18,796	13,707
(M/T)	(74%)	(66%)	(6%)	(7%)	(6%)	(6%)	(6%)
Domestic consumption	85,256	108,973	282,433	274,560	285,943	279,643	201,650
(M/T)	(26%)	(34%)	(94%)	(97%)	(94%)	(94%)	(94%)

그러나, 진도 돌미역은 매년 생산량이 감소하여 최근에는 9,000못 이하의 적은량이 생산되기 때문에 공급이 수요를 따르지 못하고 있으며, 지역적으로는 목포, 광주 및 서울을 중심으로 한 산모들의 혈액순환을 위한 미역국용으로 판매되었으나, 최근에는 고품질 국민 건강식품으로 각광을 받아 소비지역이 확대되어 가고 있다.

나. 미역 양식어업의 경영분석

1) 수지분석

연승수하식 양식시설 1대(100 m)를 기준으로 하여 일반양식미역과 돌미역 양식 시험결과를 가지고 수익성 분석을 실시하였으며(표 22, 23), 동일 양식 방법인 툃, 다시마양식과도 비교검토 하였다.

생산비(시설비+부대시설+운영비)는 일반양식 미역에서 194,040원이 소요된 반면, 돌미역 양식에서는 259,637원으로서 일반 양식미역 대비 65,597원이 더 소요되었다. 생산량에서는 일반양식 미역이 25못이 생산되나, 돌미역 양식에서는 15못밖에 생산이 되지 않아 10못의 생산량 차이를 보였다.

못당 가격에 있어서는 일반양식 미역이 평균 20,000원선에 거래된 것에 비해 양식 돌미역은 평균 92,500원에 거래되어 일반양식 미역에 비해 못당 72,500원이 높게 판매되었다. 조수익은 일반양식 미역이 500,000원이었고, 양식돌미역이 1,387,500원이었다.

또한, 진도지도소에서 연승수하식 양식 품종별 수익성 분석을 실시한 결과에 의하면, 일반양식 미역을 염장가공 공장에 생조로 판매시는 대당 수익금액은 70,000원이며, 툃의 경우는 230,000원, 다시마는 210,000원선이다.

따라서 대당 수익(조수입-생산비)면에서는 동일 가닥미역으로 건조했을때는 일반양식 미역이 305,960원인 반면, 양식 돌미역은 1,127,863원으로서 일반 양식산 대비 821,903원이 높게 나타난다. 또한 일반양식 미역을 염장가공 공장에 생조로 판매시는 1,057,863원, 툃 양식 대비 897,863원, 다시마 양식 대비 917,863원 높게 나타나, 연승수하식으로 양식하는 해조류 중에서는 돌미역 양식이 부가가치가 가장 높은 품종으로 평가되었다.

표 22. 일반 미역시설 단위당 수익성 분석

Table 22. Profit analysis of common sea-mustard from 100m long-line rope

Category	Requirement	Quantity	Unit price	Total	Calculation		
Sale		25moot	20,000	500,000			
Installation cost	Main rope	φ 12mm	100m	128	4,267	100×128/3	
	Rope	φ 12mm	100m	128	4,267	120×128/3	
	Rope	φ 5mm	50m	44	733	50×44/3	
	Kuraron fiber	18twisted thread	0.1	30,000	3,000	0.1×30,000	
	Anchor	φ 150mm×1.5m	2	8,000	5,333	2×8,000/3	
	Floater	60 l	2	1,200	800	2×1,200/3	
	Floater	φ 180mm	20	1,200	8,000	20×1,200/3	
	Sub-total			26,400			
Production cost	Miscellaneous	Drying rack	38×130cm	50	3,000	30,000	50×3,000/5
		Sub-total			30,000		
Maintenance	Seedling	m	50m	100	5,000	50×100	
	Labor		3	30,000	90,000	3×30,000	
	Sales commission				20,000	500,000×4%	
	Boat Services				5,000		
				17,640	176,400×10%		
	Sub-total			137,640			
Total				194,040			
Net profit(sale - production) : 500,000 - 194,040 = 305,960							

* Production per dae(100 m) : 25 moot

* Average price per moot : 20,000 won

* Production cost per moot : 7,762 won

표 23. 양식 돌미역 시설 단위당 수익성 분석

Table 23. Profit analysis of wild sea-mustard from 100m long-line rope

Category		Requirement	Quantity	Unit price	Total	Calculation	
Sale			15moot	92,500	1,387,500	15×92,500	
Installation cost	Main rope	φ 16mm	100m	250	8,333	100×250/3	
	Rope	φ 16mm	200m	250	16,667	200×250/3	
	Rope	φ 5mm	100m	44	1,467	100×44/3	
	Kuraron fiber	18twisted thread	0.1	30,000	3,000	0.1×30,000	
	Anchor	φ 200mm×150m	2	10,000	6,667	2×10,000/3	
	Floater	60 ℓ	2	1,200	2,400	2×1,200	
	Floater	40 ℓ	10	800	8,000	10×800	
	Floater	φ 180mm	10	1,200	4,000	10×1,200/3	
Sub-total					50,534		
Production cost	Miscellaneous	Drying rack	38×130cm	50	3,000	30,000	50×3,000/5
	Sub-total					30,000	
Maintenance	Seedling		50m	300	30,000	100×300	
	Labor		2	30,000	60,000	2×30,000	
	Sales commission				55,000	1,387,500×4%	
	Boat				10,000		
	Services				23,603	236,034×10%	
Sub-total					179,103		
Total					259,637		
Net profit(sale - production) : 1,387,500 - 259,637 = 1,127,863							

* Production per dae(100 m) : 15 moot

* Average price per moot : 92,500 won

* Production cost per moot : 17,309 won

다. 미역양식업의 경영 개선방안

1) 수익성 증대방안

우수한 자연산 돌미역 서식지역의 인근 지선에서는 부가가치가 일반 미역에 비해 4배정도 높은 돌미역으로 양식을 시도하여 수익성 증대에 힘써야 할 것이며 특히 어장 여건이 좋지 못한 내만 및 중간성 어장에 양성시는 돌미역의 이미지를 크게 손상시키는 사례가 발생할 가능성이 높음으로 각별한 주의가 있어야 할 것으로 사료된다.

또한, 동일 수역내 장기적인 연작 및 밀식에 의한 품질저하 및 병해 발생율이 높고, 대규모 시설에 의한 양적 생산에만 치중한 나머지 양식미역의 열성화 현상이 뚜렷한 바 지역별 우량품종의 선발 또는 교잡육종의 필요성이 절실히 요구되고 있으며, 금후 이를 통한 고품질 미역의 수익성 증대 방안에도 힘써야 할 것이다.

2) 내수시장 확대 방안

진도 돌미역은 지리적으로 국토의 최서남단에 위치하여 파도와 조류가 강하고 오염원이 없는 오지 도서 외해의 청정해역에서만 양식이 가능하기 때문에 단백질, 탄수화물, 회분, 무기질(칼슘, 인, 철) 비타민류등이 다량 함유되어 있어 현대인의 고혈압, 당뇨병, 비만, 동맥경화 등 성인병 예방은 물론 산모의 혈액 순환을 원활하게 할 뿐만 아니라, 특히 미역국을 끓일때 단백질이 아미노산으로 분해되면서 글루타민산과 아스파르트산이 용출되면서 특유의 뿌연물과 시원한 맛 그리고 입안에서 오돌오돌한 감촉을 느낄수 있어 그 진가는 배가 되고있다(표 24).

소비자들도 진도 돌미역의 우수성을 충분히 인식하고 있으나 중간 상인을 거쳐 소비자에게 공급되기 때문에 생산자는 물론이고 소비자도 큰 손해를 보고 있는 것이다. 따라서 진도 돌미역은 우편 주문판매 또는 특산품 코너를 만들어 소비자에게 직거래 될수 있도록 하여야 할 것이다. 현재까지 가닥 미역으로하여 국내소비만 이루어지고 있으나 제품을 다양화하여 수출 길도 모색한다면 충분히 가능하리라 판단된다.

표 24. 진도 미역과 일반미역의 성분 분석표

Table 24. Chemical composition analysis of Chindo's and other's sea-mustard

Composition of Foods, 100grams, Edible Portion

Foods and Description	Energy (Kcal)	Moisture (g)	Protein (g)	Fat (g)	Carbohydrates		Ash (g)	Minerals		
					Sugar (g)	Fiber (g)		Calcium (mg)	Phosphorus (mg)	Iron (g)
Chindo sea-mustard	230	11.3	12.8	1.8	42.0	3.2	30.3	930	415	7.8
Common sea-mustard	195	13.8	9.8	1.3	51.5	3.5	25.0	780	180	3.2

Foods and Description	Vitamins							Remark
	Total RE (μg)	Retinol (μg)	Carotene (μg)	Thiamin (mg)	Riboflavin (mg)	Niacin (mg)	Ascorbic acid (mg)	
Chindo sea-mustard	60	0	420	0.33	1.05	8	18	
Common sea-mustard	52	0	660	0.10	0.32	2.6	12	

3) 품질 제고 방안

돌미역의 생태 및 양성시험을 기초로한 종묘배양, 양성의 활성화를 통해 자연산과 형태적으로나 질적으로 동일한 제품을 생산할 수 있도록 부단한 노력이 필요할 뿐만 아니라, 전문 영어법인 조합을 구성하여 진도 돌미역양식 전문화가 절실하며 생산자 실명제를 통해 소비자가 믿고 찾을 수 있도록 하여야 할 것으로 사료된다.

4) 합리적인 어장관리 방안

합리적인 어장관리를 위해서는 미역양식만을 가지고 판단해서는 어려우며 해조류양식 전체를 놓고 판단해야 할 것이다.

그러기 위해서는 첫째로 양식품종별 현안 문제점들을 면밀히 검토한 대안들이 차질없이 실행에 옮겨져야 하며 이를 위해서는 현장에서 양식어업에 종사하는 어업인들이 주체가 되는 협의체를 구성 운영하여야 하며 행정, 지도, 연구분야에서는 이 협의체가 원활히 운영되어 소기의 목적을 달성할 수 있도록 적극적인 측면 지원을 아끼지 않아야 할 것이다.

둘째로 해역별, 품종별로 양식품종을 구분, 어장을 재배치하여 어장여건별로 최적 품종이 양식될 수 있도록 유도하여 질적향상을 통한 부가가치를 높여 경쟁력 제고는 물론 효율적인 어장이용 및 관리 방법이 강구되어야 할 것이다.

셋째로, 해조류 양식에 있어서 종선택의 중요성은 아무리 강조해도 지나침이 없을 것이다. 무분별한 종묘선택으로 질저하 및 잡종화를 가속화시켜 병해가 심화될 뿐만아니라, 이로 인한 해조류 양식 경쟁력 제고에 큰 저해요소가 되고 있다.

따라서 해조류 종합종묘센타를 운영하여 양식품종별로 지속적인 선발육종 및 교잡육종을 통해 종을 확보 양식 효능시험을 거쳐 우량 지역적합품종을 안정적으로 공급하여 주고, 종묘 공급량 조절로 적정시설 및 생산을 유도하여 해조류 양식의 경쟁력 제고에 일조를 하여야 할 것이다.

해조류 양식은 우리나라의 기초 양식으로서 뿐만 아니라 기호식품, 건강식품, 약용·공업용 원료 사료로서의 중요한 대체 자원으로 새롭게 인식되어야 할 환경 친화적 미래 산업으로서 개발이 매우 시급하다.

또한 돌미역은 자연산이 매년 감소 추세를 보이고 있어 갯닭기 등 적극적인 관리로 마을어업을 육성하고 병행해서 자연산 돌미역 서식지 인근지선에 양식산 돌미역을 적극 활성화하고 지역특화품종으로 육성하여 무한경쟁시대에 능동적으로 대처하여야 할 것이다.

3. 요약

연승수하식 1대(100m)를 기준으로 하여 가닥미역으로 제품화하였을때 일반 양식미역은 25못생산이 가능하며 못당 평균 가격은 20,000원으로 조수입은 500,000원이며 생산비는 194,040원이 소요되어 수익은 305,960원이었다. 양식 돌미역은 동양식 시험결과에 의하면 15못 생산이 가능하며 못당 평균 92,500원에 판매하였으므로 조수입은 1,387,500원이며 생산비는 259,637원이 소요되어 수익은 1,127,863원이었다. 따라서 일반 양식 미역에 비해 대당 821,903원이 높게 나타날 뿐만아니라, 동일 연승수하식으로 양식하는 해조류중에서는 부가가치가 가장 높은 품종으로 분석되었다.

돌미역양식의 수익성 증대를 위해 대규모 시설에 의한 양적 생산보다는 고품질 미역의 안정적 생산이 중요하다. 이를 위해서는 우수한 자연산 돌미역 서식지역 인근지선 어업인을 대상으로 전문영어법인 조합을 구성하여 진도 돌미역 양식의 전문화가 절실하며 생산자 실명제를 통해 소비자에게 믿음을 주면서 부가가치를 높여야 할것이다. 또한 우량 품종의 선발, 교잡육종등 유전적 특성도 구명할 필요가 있다.

내수시장 확대를 위해 진도 돌미역에 대한 지속적인 홍보 및 소비자와의 직거래를 통하여 소비를 촉진하고 제품을 다양화할 필요가 있다.

합리적인 어장관리를 위해서는 미역양식만을 가지고는 어려우며 해조류 양식 전체를 놓고 판단해야 한다.

이를 위해서는 첫째로 현장에서 양식어업에 종사하는 어업인들을 주체로 한 협의체를 구성 운영하고, 둘째로 해역별, 품종별로 양식품종을 구분 어장을 재배치하여 최적 품종을 양성하여야 하며, 셋째로 해조류 종합 종묘센타를 운영하여 종묘 공급량 조절로 적정시설 및 생산를 유도해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- Chang, J. W. and Y. K. Chang. 1970. Studies on the culture of sea-mustard, *Undaria pinnatifida* (HARV) SUR, 2. On the productivity of cultivated sea-mustard. Bull. Fish. Res. Dev. Agency 5, 77~83.
- Lee, K. Y. 1991. Morphological characteristics and cultural effect of two forms of *Undaria pinnatifida* suringar in Wando, Korea. Pusan Univ., pp 37.
- 鄭暎均·趙鏞哲·宋洪寅. 1989. 養殖미역의 形態比較. 韓水試事業報告 8, 161~179.
- 鬼頭釣·谷口和也·秋山和夫. 1981. ワカメの形態變異について, II. 松島灣2型を母藻とする養殖個體の形態比較. 東北區水産研究所 研究報告. 42, 11~18.
- 黒木宗尙·秋山和夫. 1957. ワカメの生態及び養殖に關する研究. 東北水研報, 10, 95~117.
- 金成峻. 1989. 韓國水産植物成分表. 國立水産振興院, 66~67.
- 加藤孝·中久喜昭. 1962. 同一漁場に育った宮城産ワカメの鳴門産ワカメの形態の比較. 日水誌, 28(10).
- 西川博. 1962. 九州最西端(五島)における養殖ワカメの 生長·生産性および 形態について. 水産増殖. 10(4), 199~211.
- 岡村金太郎. 1915. *Undaria* and its species. 植物學雜誌. 29(346), 266~278.
- 齊藤雄之助. 1960. ワカメの生態に關する研究-V, 養殖ワカメの形態について(そのI). 日水誌, 26(3), 250~258.
- 新崎盛敏. 1953. 海藻胞子の發芽, 生育に及ぼす光の影響に關する二, 三の實驗. 日水誌, 19(4).

- 川名武, 1937. 越前地方ワカメの豊凶と水温並びに氣象要素との關係. 水産研究誌, 32(5).
- 木不虎一郎・石要後良. 1940. 北海道福山地方のワカメの豊凶と海水温との關係について. 日水誌, 9(2).
- 堀光軍三. 1993. 藻類の生活史集成. 第2卷, p 136~137. 東京.
- 須藤俊造. 1952. ワカメ, カチメ及びアラメの遊走子の放出について-II (海藻の胞子付けの研究 第13報). 日水誌, 18(1), 1~5.
- 秋山和夫. 1965. ワカメの生態及び養殖に関する研究. 第2報 配偶體の生長, 成熟條件. 東北水研報, 22,143~170.
- 孫徹鉉. 1984. 溫山灣一帶 養殖 미역의 形態變異에 關하여, 釜山水産大學 研究所報告. 24(2), 5~11.
- 谷口和也・鬼頭釣・秋山和夫. 1981. ワカメの形態變異について I. 官城縣 松島灣産ワカメ2型の生と形態. 東北區水産研究所 研究報告. 42, 1~29.
- 遠藤吉三郎. 1911. 海産植物學. 748pp. 東京, 博文館.
- 右田清治. 1963. アオワカメの培養生態と 養殖に関する研究. 長崎大研報, 15, 24~48.

사 진

(PLATE)

사진 I 설명

(Explanation of plate I)

사진 I -1. 조간대 하부의 부착생물상

Pl. I -1. Attachment organisms of lower intertidal zone

사진 I -2. 서식지 암반조사(0.3~0.8 mm 엽상체 첫발견)

Pl. I -2. Investigation of rock near natural habitats of wild sea-mustard
(Discovery of 0.3~0.8 mm thalli)

사진 I -3. 풍파가 심하며 와류가 발생하는 서식지

Pl. I -3. Wild sea-mustard habitat's strong waves, wind and eddy

사진 I -4. 순군락을 형성하고 있는 자연산 돌미역

Pl. I -4. Natural wild sea-mustard forming a stock

사진 I -5. 유주자 방출량 조사를 위한 포자엽 채취

Pl. I -5. Collecting sporophylls for investigating release of zoospore

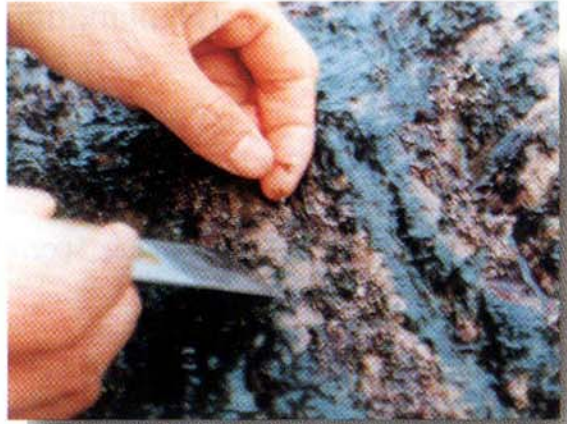
사진 I -6. 채묘를 위한 포자엽 채취

Pl. I -6. Collecting sporophylls for seedling

PLATE I



I - 1



I - 2



I - 3



I - 4



I - 5



I - 6

사진 II 설명

(Explanation of plate II)

사진 II-1. 아포체의 발아(현미경 100배)

Pl. II-1. Germination of young sporophytes(microscope, 100×)

사진 II-2. 유엽의 출현(현미경 40배)

Pl. II-2. Appearance of young blades(microscope, 40×)

사진 II-3. 초기 유엽의 성장(1 cm내외)

Pl. II-3. Early growth of young blades(around 1 cm)

사진 II-4. 성장단계별 유엽의 형태

Pl. II-4. Morphology of young blades at different growth stages

사진 II-5. 자연산 돌미역의 형태

Pl. II-5. Morphology of natural wild sea-mustard

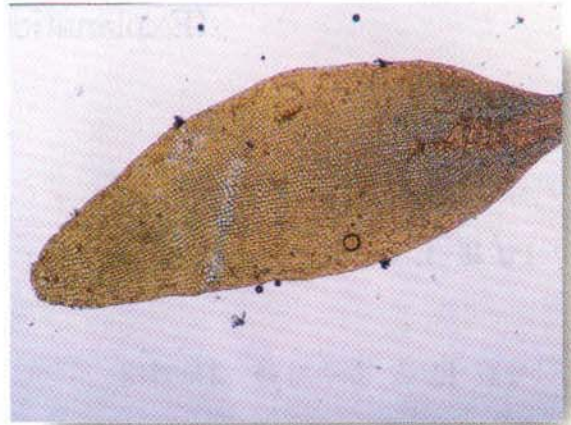
사진 II-6. 양식산 돌미역의 형태

Pl. II-6. Morphology of cultured wild sea-mustard

PLATE II



II-1



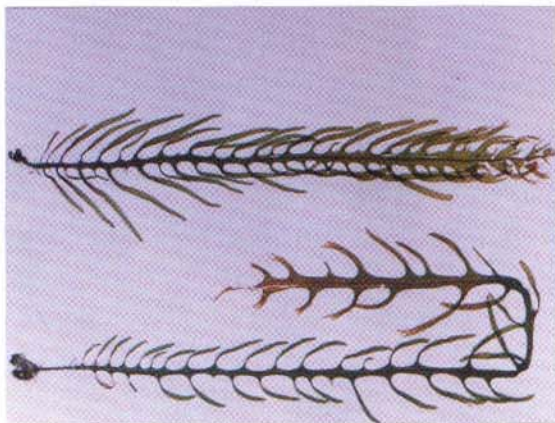
II-2



II-3



II-4



II-5



II-6

사진 III 설명

(Explanation of plate III)

사진 III-1. 채취한 포자엽

Pl. III-1. Collected sporophylls from the natural population

사진 III-2. 유주자액 제조과정

Pl. III-2. Process of making zoospore solution

사진 III-3. 채묘틀에 유주자 부착장면

Pl. III-3. Dipping seed collectors in zoospore solutions

사진 III-4. 비닐봉투를 이용한 수중배양

Pl. III-4. Vinyl bag used in situ culture of seed collector

사진 III-5. 수중배양시 비닐교체 작업

Pl. III-5. Replacing vinyl bags for in situ culture of seed collector

사진 III-6. 냉각장치를 활용한 육상배양

Pl. III-6. Cooling device used in tank culture of seed collector

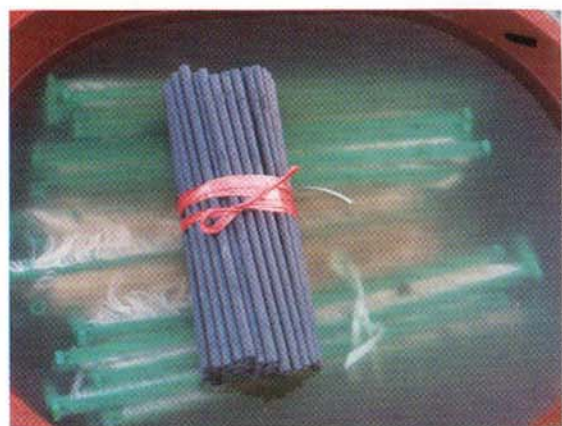
PLATE III



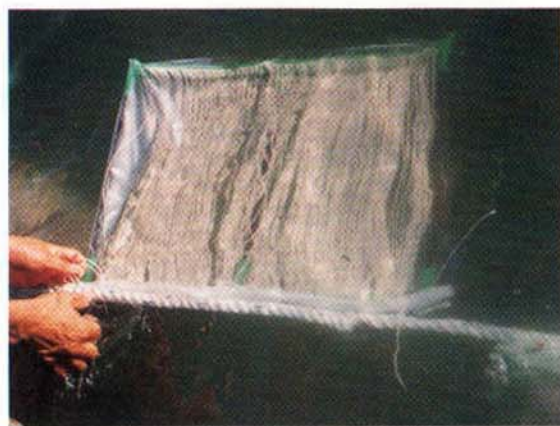
III-1



III-2



III-3



III-4



III-5



III-6

사진 IV 설명

(Explanation of plate IV)

사진 IV-1. 어미줄에 씨줄감기

Pl. IV-1. Coiling seed string around main rope

사진 IV-2. 씨줄을 붙인 어미줄

Pl. IV-2. Main rope with coiled seedling rope

사진 IV-3. 본양성 시설작업 광경

Pl. IV-3. Installation of long-line ropes

사진 IV-4. 양성장 시설 전경

Pl. IV-4. Culture ground in Chindo

사진 IV-5. 돌미역 유엽의 성장

Pl. IV-5. Growing young blades of cultured wild sea-mustard

사진 IV-6. 성장기 양식 돌미역

Pl. IV-6. A growing stage of cultured wild sea-mustard

PLATE IV



IV-1



IV-2



IV-3



IV-4



IV-5



IV-6

사진 V 설명

(Explanation of plate V)

사진 V-1. 수확기 양식 돌미역

Pl. V-1. Cultured wild sea-mustard during harvesting period

사진 V-2. 건조틀에 가닥미역 만들기

Pl. V-2. Placing the pieces of wild sea-mustard onto drying rack

사진 V-3. 건조과정

Pl. V-3. Drying process

사진 V-4. 건조된 미역을 묶단위로 결속하고 있는 모습

Pl. V-4. Bundling the dried pieces in a moot unit

사진 V-5. 돌미역 양식 연구발표회

Pl. V-5. Educational seminar studies on the culture wild sea-mustard

사진 V-6. 양식 돌미역 시식회장

Pl. V-6. Sample tasting event of cultured wild sea-mustard

PLATE V



V-1



V-2



V-3



V-4



V-5



V-6