

미역 선발육종 연구

A Selective Breeding Study of Undaria pinnatifida

주관연구기관	국립수산과학원
발행년월	2011-03
주관부처	농림축산식품부
사업관리기관	농림축산식품부
NDSL URL	http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/report/reportSearchResultDetail.do?cn=TRKO201100004136
IP/ID	14.49.138.138
이용시간	2017/11/03 13:53:26

저작권 안내

- ① NDSL에서 제공하는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, KISTI는 복제/배포/전송권을 확보하고 있습니다.
- ② NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 상업적 및 기타 영리목적으로 복제/배포/전송할 경우 사전에 KISTI의 허락을 받아야 합니다.
- ③ NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 보도, 비평, 교육, 연구 등을 위하여 정당한 범위 안에서 공정한 관행에 합치되게 인용할 수 있습니다.
- ④ NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 무단 복제, 전송, 배포 기타 저작권법에 위반되는 방법으로 이용할 경우 저작권법 제136조에 따라 5년 이하의 징역 또는 5천만 원 이하의 벌금에 처해질 수 있습니다.

과학원간행물번호

TR-2010-AQ-010

2009년도

국립수산과학원 사업보고서

Report of National Fisheries Research & Development Institute

미역 선발육종 연구

A Selective Breeding Study of *Undaria pinnatifida*

해조류바이오연구소

Seaweed Research Institute

국립수산과학원

National Fisheries Research & Development Institute

과학원간행물번호

TR-2010-AQ-010

2009년도

국립수산과학원 사업보고서

Report of National Fisheries Research & Development Institute

미역 선발육종 연구

A Selective Breeding Study of *Undaria pinnatifida*

해조류바이오연구소

Seaweed Research Institute

국립수산과학원

National Fisheries Research & Development Institute

보고서 요약

과제관리번호		연구기간	2005-2009	단계 구분	종료
세부과제명	해조류 양식기술개발				
연구항목명	미역 선발육종 연구				
연구책임자	공용근	해당단계 참여연구원수	총 : 9명 내부 : 9명 외부 : 명	해당단계 연구비	정부: 145,000천원 기업: 천원 계: 145,000천원
과제소관부서명	해조류바이오연구소		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위탁연구	연구기관명 :		연구책임자 :		
요약					보고서 면수
<p>본 연구에서는 맛과 형태적 특성이 뚜렷한 자생종 미역 3품종과 양식산 미역 3품종 등 6품종을 대상으로 형태학적 연구, 양식학적 연구, 그리고 선발육종 연구를 통하여 우량 품종을 개발하기 위해 수행되었다. 이를 위해 모조의 형태적 특성을 분석하고, 선발 육종한 양식품종을 제3세대(F₃)까지 양성하면서 각 세대별로 형질의 안정성과 양식 효과를 비교 분석하였다.</p> <p>연구 결과, 자연산으로부터 선발 육종한 품종의 형질은 변화된 해양 환경 조건에도 안정되게 발현되었으며, 생산성은 자연산보다 200% 이상 크게 증가되었다. 특히, 진도 독거도산의 경우 수심이 깊고, 풍파가 심하고, 조류가 강한 해양 환경에서 별도의 적응과정을 수반한 품종으로 다른 품종들과는 형태적으로 명확하게 구분되었으며, 대부분의 형질이 유전적으로 고정된 것으로 추정되었다.</p> <p>독거도산의 주생장시기는 자연산이 7~8월, 양식산 F₁, F₂, F₃은 각각 5월과 6월이었으며, 최대 210 cm까지 성장하고, 540 g까지 성장하여 자연산보다 체장은 2.4배, 현존량은 4~5배 증가하였다. 제주산의 엽장은 3~4월, 현존량은 5월에 최대값을 보였으며, 생산성은 자연산 보다 2배 이상 향상되었다. 울산산은 중륵과 열각 간의 폭이 다소 넓어지는 형태적 변화가 나타났으나, 생산성은 자연산 보다 2~4배 이상 향상되었다.</p> <p>한편, 자연산으로부터 선발 육종한 품종의 F₃ 세대를 대상으로 요인분석을 한 결과, 이들 품종은 포자엽의 길이, 줄기의 길이, 포자엽의 주름수, 영양엽과 포자엽 간의 길이 등 4가지 형질에 의해 서로 구분되었다. 열각과 중륵 사이의 거리, 최대 열편의 길이, 가용부 및 포자엽 중량 등 4가지 형질도 품종을 구분하는데 좋은 형질로 확인되었다. 반면, 품종 개량을 위해 선발한 양식산 미역 품종들은 서로 유의한 차이를 보이지 않았다.</p>					
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	미역, 선발육종, 계통주, 포자체			
	영 어	<i>Undaria pinnatifida</i> , Selective breeding, Strains, Sporophyte			

요 약 문

I. 제 목

미역 선발육종 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 목적

미역(*Undaria pinnatifida*) 양식은 1962년 국립수산물과학원에서 양식기술을 개발하기 위해 인공채묘를 한 후, 1963년 통영시 산양면에서 시험양식을 실시한 것이 시초였다. 이후, 종묘생산 및 연승식 양식기술이 개발 보급되면서 역동적으로 발전하기 시작하였다. 미역의 생산량은 1974년과 1992~1997년에 걸쳐 생산량이 급격히 증가하여 미역 가격의 폭락을 부추겼지만, 상대적으로 고급품이었던 미역의 대중화에 기여했다. 1974년 당시에는 염장 미역의 대일 수출이 증가하면서 다시 활기를 되찾았지만, 1992년부터는 중국산 염장 미역의 대일 진출로 수출이 급감하기 시작하였다. 이후 미역의 과잉공급은 현재까지 지속되고 있으며, 수출부진, 국내 소비 감소 등의 요인이 복합적으로 작용하여 좀처럼 개선되고 있지 않다.

2000년 후반부터는 전북 양식 산업의 비약적인 발달과 더불어 전북 먹이로 다시마와 미역의 생산량도 꾸준히 증가하여, 2008년 현재 미역의 양식 생산량은 381천 톤으로 전체 해조류 생산량의 41.4%를 차지하고 있다. 이러한 미역의 생산량은 1997년 432천 톤 이후 2번째로 높은 수준이다. 생산금액은 560억원으로 전체 해조류 생산액의 16.7%를 차지하고 있지만, 생산 수익성은 김이나 다시마 보다 오히려 낮은 실정이다. 수출량은 10,533 톤으로 1998년 대일 수출(10,319 톤) 수준에 머무르고 있는 실정이며, 수출액은 2,058만 달러로 나타났다(농림수산식품부 2009). 2008년 현재 미역 종묘 생산업체는 45개소이고, 생산액은 587천만 원(생산량 244천 틀)으로 업체당 평균 매출액은 13천만 원이다. 이중 일본산 미역 종묘가 차지하는 비율은 전체 양식 생산량의 40% 내외로 그 비율이 높을 뿐 아니라, 종묘업자들은 선발 및 교배육종 보다는 기존의 품종을 증식하는 수준에 머무르고 있기 때문에 형질의 열성화와 자연 교잡이 이루어져 품질이 저하되는 등 가격 경쟁력이 떨어지는 것으로 파악되고 있다. 더욱이 2012년부터는 해조류 분야도 국제식물신품종보호동맹(UPOV)의 협약이 발효되기 때문에 일본산 품종을 대체하지 못할 경우, 로열티 지급에 따른 생산비 상승과 경쟁력 약화가 예상되고 있다.

이처럼 연간 40만 톤에 달하는 미역 생산이 이루어지고 있음에도 불구하고, 1992년부터 1997년까지 미역의 과잉생산과 대일 수출 감소 및 국내 소비 둔화 등의 원인으로 미역은 연구 영역에서 점차 소외되었지만, 일반적으로 어업인들은 소비자들이 선호하는 품종에 대해서는 비싼 가격을 지불해서라도 구입하는 특성이 있기 때문에 우량 미역 품종 개발 및 양식기술 개발에 대한 연구의 필요성은 꾸준히 제기되어 왔다(남해수산연구소 1995-1997, 해조류바이오연구센터 2005, 김형섭 등 2010).

최근에는 전복 양식 생산량의 증가와 더불어 전복 먹이로 소비되는 미역과 다시마의 양이 연간 10만 톤을 상회하고 있어, 그 수요는 앞으로도 계속 증가할 것으로 전망되고 있다. 전복 먹이의 부족 현상을 해결하기 위한 대안으로 미역, 다시마, 곰피, 감태 등의 해조류를 탄력적으로 공급할 수 있는 새로운 양식기술 개발도 절실히 요구되고 있다. 따라서 미역은 식량자원뿐 아니라, 건강보조식품, 생리활성 물질 및 바이오 소재, 그리고 전복 먹이원으로 그 수요가 급증하면서 미역 양식 산업은 새로운 성장을 할 수 있는 전환기에 있다.

한편, 우리나라 연안에 생육하는 미역은 북방형 미역(*U. pinnatifida* v. *distans*), 남방형 미역(*U. pinnatifida* v. *typica*), 그리고 빗살미역 (*U. pinnatifida* v. *elongata*) 등 3 품종이 확인되고 있으며, 동일종이라도 생육 환경에 따라 형태적인 차이가 심하고, 맛과 질감이 뚜렷하여 흑산도, 진도 독거도, 통영 견내량, 부산 기장 미역 등 지역 특화품종으로 출하되고 있으며, 종묘업자들이 일본에서 도입한 가마이시산과 나루토산 미역 품종도 우리나라 해양 환경에 적응하여 함께 자라고 있기 때문에 우량 품종을 선발하여 육성할 수 있는 잠재적인 조건을 갖추고 있다. 그러나 선발 육종을 통한 우량 품종의 개발 및 품종 개량 등의 연구는 상대적으로 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 맛과 형태적 특성이 뚜렷한 자연산 미역 3품종과 양식산 미역 3품종 등 6품종을 대상으로 형태학적 연구, 양식학적 연구, 그리고 선발육종 연구를 통하여 우량 미역 품종을 개발하기 위해 수행되었다. 이를 위해 모조의 형태적 특성을 분석하고, 모조로부터 제3세대(F₃)까지 양성하면서 각 세대마다 식별형질의 안정성과 양식 효과를 비교·분석 하였다.

2. 필요성

해조류는 식량자원뿐 아니라, 건강보조식품, 생리활성 물질 및 바이오 소재, 그리고 전복의 먹이원 등으로 주목 받고 있어서 앞으로도 해조류의 이용은 더욱 증가할 것으로 전망되고 있다. 미역은 다시마, 대황, 감태, 곰피, 모자반 등의 대형 갈조류와 함께 거대한 해조군락을 형성하여 바다 숲을 형성하는 해조류로(谷口 1996, 大野 1985), 해양 생태계 내에서 중요한 1차 생산자로서의 역할뿐만 아니라 연안에 서식하는 다양한 어패류의 산란장, 서식

지 및 떡이 공급원으로 크게 기여하고 있다(Dring 1992, Graham and wilcox 2000).

특히, 해조류 양식 산업의 발달은 연안 어장에서 어패류의 서식 환경 개선에도 크게 기여할 수 있어 바다를 살릴 수 있는 유일한 방안으로 인식되고 있다. 식용 해조류 중 가장 생산량이 많은 종류는 미역으로 우리나라 전체 해조류 생산량의 41.4%를 차지하고 있다. 최근에는 생미역, 염장미역, 건미역 이외에 기호성이 높은 스낵 및 다이어트 스프, 해조 샐러드 및 조미세절 건제품 등 건강 보조식품의 제조기술이 개발되고 있어 그 수요가 급증할 것으로 예측되고 있다. 따라서 미역의 선발 육종을 통한 우량 품종의 개발 및 기존의 품종을 개량한 새로운 양식 품종의 개발은 2012년부터 식물신품종보호제도 실행에 따른 수산 자원의 재분배 및 해조류 종자 산업의 경쟁력 강화, 전북 양식 산업의 발전으로 인한 전북 먹이원의 수요 해소, 해조류 바이오매스 대량 생산 등 국가 경제·산업적 효과에 미치는 영향은 지대하다고 할 수 있다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

1. 형태학적 연구

형태학적 연구에 사용된 재료는 2005년 5월 12일 전남 완도군 장용리 시험어장에서 양식중인 수출용 미역, 내수용 미역, 미역귀 가공용 등 3 품종과 2006년 5월 12일과 5월 22일에 제주도 비양도와 경북 울산시 이진리에서 채집된 포자체와 2006년 8월 11일 진도군 조도면 독거도에서 채집된 3 품종 등 총 6 품종을 대상으로 수행하였다.

2. 양식학적 연구

가. 모조의 채집

미역 우량 품종 개발을 위해 사용된 재료는 제품 용도별 미역은 전남 완도군 장용리 시험어장에서 양식중인 수출용, 내수용 및 미역귀 가공용 등 3 품종을 선발·채집하고, 각각 30개 체씩 모조로 사용하였다. 자연산 미역은 2006년 5월 12일과 5월 22일에 제주도 비양도와 경북 울산시 이진리에서 채집된 포자체와 2006년 8월 11일 진도군 조도면 독거도에서 채집된 포자체 중에서 품종의 특징을 대표하는 개체들을 선발하여 각각 30개체씩 모조로 사용하였다.

나. 채묘 및 가이식

제품 용도별 미역의 채묘는 각 세대에 따라 2005년부터 2007년까지 매년 5월 13일부터 5월 18일 사이에 생산하였으며, 제주산과 울산산 미역도 세대에 따라 차이는 있지만 5월 18일부터 6월 25일 사이에 채묘 하였다. 반면, 독거도산 미역은 포자엽의 성숙 시기가 다른 미

역보다 늦어져 2006년에는 8월 12일에 처음 채묘 하였고, 2007년과 2008년에는 6월 25일에 각각 채묘하여 전남 완도군 정도리 해조류바이오연구센터 시험포에서 수조배양을 하였다.

가이식 시기는 미역 품종의 특성, 아포체의 성장상태 및 해양 환경 등을 고려하여 2005년부터 2008년까지 매년 9월 22일부터 12월 15일 사이에 전남 완도군 약산면 장용리의 시험어장에서 실시하였으며, 가이식 수심은 채묘들이 수심 2 m에 위치하도록 부자의 길이를 조절하였다.

다. 성장 및 형질 특성 조사

양성 실험은 미역 품종의 특성, 아포체의 성장상태 및 해양 환경 등을 고려하여 2005~2009년까지 11월 초순부터 12월 말 사이에 전남 완도군 약산면 장용리의 시험어장에서 실시하였으며, 양성시설은 수평 연승식으로 본 양성 로프는 수심 1m에 위치하도록 부자의 길이를 조절하였다.

본 연구에서는 자생종 미역 품종으로부터 새로운 품종을 개발하거나, 기존의 양식 품종을 개량하기 위해 Kito et al.(1981)에 의해 제안된 주요 식별형질의 안정성과 양식 효과를 정성, 정량적으로 측정하였다. 이를 위해 매월 정기적으로 채집된 개체들 중에서 상위 15개체를 선발하여 형태 분석 방법과 동일한 방법으로 측정하였다.

IV. 연구개발 결과

1. 형태학적 연구

가. 자연산 미역

1) 제주산

엽체는 암반에 착생하고, 편평하며, 어렸을 때는 도란형이며, 성숙하면 잎의 열각이 얇고, 영양엽과 포자엽이 이어져 줄기가 짧고, 중륵이 뚜렷하며, 체장 79~98 cm, 최대열편의 길이 23~59 cm, 열각과 중륵의 간격이 7.0~14.5 cm로 넓고, 짧고 다수로 갈라진 부착근(haptera)를 갖고, 황갈색이다. 포자엽은 줄기 하부에 발달하고, 길이 6.5~11.5 cm, 주름의 수는 10~20개이다. 엽체의 중량은 평균 392 g, 가용부와 포자엽의 중량은 각각 273.5 g과 90.5 g이다. 본 품종은 중륵과 열각 사이의 폭이 넓고, 최대 열편이 길며, 포자엽과 영양엽 사이의 길이가 짧고, 현존량이 높은 형태적 특징을 갖고 있다. 분류학적으로는 남방형 품종으로 알려져 있다.

2) 울산

엽체는 암반에 착생하고, 편평하며, 어렸을 때는 도란형이고, 성숙하면 열각이 중륵 근처까지 매우 깊게 발달하고, 엽편의 수가 적고, 영양엽과 포자엽이 이어져 있으며, 중륵이

뚜렷하고, 체장 65~80 cm, 최대열편의 길이 12~38 cm, 열각과 중륵 사이의 간격이 3 cm로 좁고, 짧고 다수로 갈라진 부착근(haptera)를 갖고, 질은 갈색이다. 포자엽은 줄기 하부에 발달하고, 길이 5.5 cm, 주름의 수는 8~12개이다. 엽체의 중량은 평균 137 g, 가용부와 포자엽의 중량은 각각 273.5 g과 90.5 g이었다. 본 품종은 중륵과 열각 사이의 폭이 좁고, 포자엽의 길이가 짧고, 최대 열편의 길이가 긴 특징으로 다른 품종들과는 형태적으로 구분되었다. 분류학적으로는 북방형 품종으로 알려져 있다.

3) 진도 독거도산

엽체는 암반에 착생하고, 편평하며, 어렸을 때는 도란형이나 성숙하면 긴 대나무 잎 모양의 열편이 발달하고, 열각은 호생 또는 우상으로 나며, 중륵이 뚜렷하고, 체장 70-120 cm, 최대열편의 길이는 10 cm이며, 짧고 다수로 갈라진 부착근(haptera)를 갖고, 질은 암갈색이다. 포자엽은 줄기 하부에 발달하고, 길이 4.5 cm, 주름의 수는 9-12개이며, 영양엽과 포자엽의 사이의 길이는 0.2 cm로 짧다. 엽체의 중량은 평균 47 g, 가용부와 포자엽 중량은 각각 20.5 g과 9.0 g이었다. 본 품종은 수심이 깊고, 풍파가 심하고, 조류가 강한 곳에서 균락을 이루고, 중륵과 열각 사이의 폭이 좁고, 최대 열각의 길이와 포자엽과 영양엽 사이의 길이가 매우 짧은 형태적 특징을 갖고 있다. 분류학적으로는 다실미역으로 알려져 있으며, 우리나라를 대표하는 자연산 돌미역으로 알려져 있다.

2. 양식학적 연구

본 연구에 사용된 미역 품종들은 대부분의 형질이 계절에 따라 유의한 차이를 보였지만, 연간 차이는 보이지 않았다.

제주산 미역은 엽체의 생장은 3~4월에, 중량은 4~5월에 최대로 증가하였다. 육종 효과는 양식산이 자연산 보다 엽체의 길이는 166~200%, 중량은 230~270%, 가용부 중량은 210~220%씩 생산성이 향상된 품종으로 개량되었다.

울산 미역은 양식산이 자연산 보다 엽체의 길이는 220~270%, 중량은 370~440%, 가용부 중량은 340~400%씩 생산성이 향상된 품종으로 개량되었다.

진도 독거도산은 미역은 5~6월에 최대로 자라 일반 양식 미역보다 수확시기를 2~3개월 정도 연장 할 수 있는 것으로 확인되었다. 양식산은 자연산 보다 엽체의 길이가 150~170%, 중량은 440~530%, 가용부 중량은 560~700% 정도 증가하여 생산성이 크게 향상된 품종으로 개량되었다.

반면, 우리나라에서 양식되고 있는 양식 미역은 일반적인 기준으로 보아 양식 생산성이 비교적 우수한 반면, 품종 고유의 형질이 많이 상쇄된 교잡종의 특성을 갖는 것으로 나타났다. 따라서 어업인들이 전통적으로 수출용, 내수용 및 가공용으로 구분하여

양식해 오던 품종들은 더 이상 독립된 품종으로 사용하기 어려운 것으로 나타났다.

형질 분석을 통한 지역 품종의 특성을 파악하기 위하여 군집분석을 수행한 결과, 우리나라에서 출현하는 미역 품종은 포자엽의 길이, 포자엽의 주름 수, 줄기 길이, 영양엽과 포자엽의 길이 등 4가지 형질에 의해 서로 구분되었다.

한편, 백화점이나 유명 마트에서 지역 특산품으로 유통되고 있는 울진 고포, 울산 정자 및 주전, 경남 통영 연기, 전남 흑산도 및 제주 가파도 돌미역 등 품질이 우수한 미역은 품종개량과 대량양식을 위한 유전자원의 확보와 맛과 질감은 그대로 유지하면서 생산성과 수익성이 높은 신품종을 개발하기 위한 육종연구 등의 연구사업이 지속적으로 추진되어야 할 것으로 사료되었다.

V. 연구개발결과의 활용계획

1. 기대효과

가. 기술적 측면

첫째, 자연산 미역(진도 독거도, 울산 및 제주산 미역) 3 품종은 우량 포자체를 선발하여 계통주를 분리 확보하였으며,

둘째, 자연산으로부터 우량 미역 품종을 분리·육성하는 선발육종 기술을 확립하였고,

셋째, 식물품종보호제도 대비 미역 품종의 특성조사 기준과 기술을 확보하였다고 판단된다.

나. 경제·산업적 측면

첫째, 진도 독거도, 울산 및 제주산 미역을 양식 품종으로 개발함으로써 지역 브랜드화가 가능하여 미역 양식 산업의 구조개선과 활성화에 기여할 것으로 보이며,

둘째, 우량 품종의 미역 종묘 보급으로 해조류 종묘 산업의 활성화와 미역 및 전복 양식어업인들의 소득증대에 기여할 것으로 판단되었으며,

셋째, 일본산 미역 품종 대체 및 종묘 수출을 위한 경쟁력을 확보하였다고 판단된다.

2. 활용방안

첫째, 미역 선발육종기술을 보급함으로써 해조류 종묘의 산업화를 유도하고,

둘째, 우량 품종으로 확인된 진도 독거도, 울산, 제주산 미역 계통주는 어업인에게 보급할 예정할 예정이며,

셋째, 미역의 선발육종 기술을 다양한 유용 해조류의 육종기술개발에 활용하고,

넷째, 부영양염의 제거, 해중립 조성 및 전복 먹이원 확보에 활용할 계획이다.

SUMMARY

Morphological and cultural studies on *Undaria pinnatifida* cultivar were conducted for selective breeding of the alga. The morphological characteristics of *U. pinnatifida* are directly related to processing efficiency and productivity of *U. pinnatifida* cultivation. From 2005 to 2009, cultivation experiment by lineage culture through 3 generation of each cultivar was conducted at the same culture ground in Wando, Korea. Analysis of morphological characters were calculated as 14 dimensions what those were modified as method by Kito et al. (1981).

Origin of *U. pinnatifida* divided as 3 local strains (Jeju, Ulsan and Jindo) and 3 cultural strains (export, domestic use and sporophyll processing purpose). In the result of 3 local strains, the morphological characters were continuously appeared through their lineage cultivation, even if those strains were cultured at the different place from their original habitats. Productivities of the 3 local strains were increased as much as 200% than their parents. Especially, Jindo strains showed distinct morphological characters dividing from other strains.

Growth peak of local Jindo strain was from July to August, but cultural Jindo strain was from May to June. Productivity of cultural Jindo strains increased as much as 4.4 to 5.3 times than their parents. Also cultural Jeju and Ulsan strains showed increased productivity as much as 2 and 4 times than their parents, respectively.

F₃ generation through selective breeding of *U. pinnatifida* from local habitats could be identified by dimensions such as length of sporophyll, stipe length, number of sporophyll wrinkles, and length between vegetative blade and sporophyll. 3 cultural strains originated from culture ground, however, those strains did not show any significant differences in their morphological characters with their parents.

Conclusively, *U. pinnatifida*, selective breeding and diversity management of *U. pinnatifida* strains should be conducted from good quality of local habitats for the competitive cultivation in Korea.

목 차

요약문	3
그림목차	13
표목차	14
제 1 장 연구개발과제의 개요	15
제 1 절 연구개발의 목적	15
제 2 절 연구개발의 필요성	16
제 3 절 연구개발의 범위	17
제 2 장 국내외 기술개발 현황	18
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과	19
제 1 절 이론적, 실험적 접근방법	19
제 2 절 연구내용	19
1. 형태학적 연구	19
2. 양식학적 연구	20
가. 모조의 채집	20
나. 채묘 및 가이식	20
다. 형질특성 조사	21
제 3 절 연구결과	21
1. 형태학적 연구	21
가. 자연산 미역	21
나. 양식산 미역	23
2. 양식학적 연구	25
가. 모조의 채집	25

나. 채묘 및 가이식	25
3. 자연산 양식 미역의 생장 및 특성 조사	26
가. 제주산 미역	26
나. 울산 미역	32
다. 진도 독거도 미역	36
4. 양식 미역의 생장 및 특성 조사	40
5. 식별형질의 요인분석	41
제 4 장 연구개발 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	42
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	43
제 6 장 참고문헌	44

그림 목차

그림 1. 미역의 식별형질 측정 모식도	20
그림 2. 자연산과 선발 육종된 미역 품종의 형태 비교	23
그림 3. 양식산 미역 형태 비교	24
그림 4. 양식산 미역 형태 비교(2008)	25
그림 5. 미역의 채묘 및 배양	27
그림 6. 미역 배우체의 생육상태	28
그림 7. 제주도산 양식 미역의 엽장(A), 줄기 길이(B), 열편의 길이(C), 열각과 중륵간 거리(D)의 계절적 변이	29
그림 8. 제주도산 양식 미역의 중륵폭(A), 포자엽의 길이(B), 포자엽의 주름수(C), 포자엽 폭(D)의 계절적 변이	30
그림 9. 제주도산 양식 미역의 중량(A)과 가용부 중량(B)의 계절적 변이	32
그림 10. 울산 양식 미역의 엽장(A), 줄기 길이(B), 열편의 길이(C), 열각과 중륵간 거리 (D)의 계절적 변이	33
그림 11. 울산 양식 미역의 중륵폭(A), 포자엽의 길이(B), 포자엽의 주름수(C), 포자엽 폭 (D)의 계절적 변이	34
그림 12. 울산 양식 미역의 중량(A)과 가용부 중량(B)의 계절적 변이	36
그림 13. 진도 독거도 양식 미역의 엽장(A), 줄기 길이(B), 열편의 길이(C), 열각과 중륵간 거리(D)의 계절적 변이	37
그림 14. 진도 독거도 양식 미역의 중륵폭(A), 포자엽의 길이(B), 포자엽의 주름수(C), 포자엽 폭(D)의 계절적 변이	38
그림 15. 진도 독거도 양식 미역의 가용부 중량(A)과 중량(B)의 계절적 변이	39
그림 16. 자연산 양식 품종과 양식 미역의 군집분석	41

표 목차

표 1. 한국산 양식 미역 품종의 식별형질 비교 40

제 1 장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발의 목적

미역(*Undaria pinnatifida*) 양식은 1962년 국립수산물과학원에서 양식기술을 개발하기 위해 인공채묘를 한 후, 1963년 통영시 산양면에서 시험양식을 실시한 것이 시초였다. 이후, 종묘생산 및 연승식 양식기술이 개발 보급되면서 역동적으로 발전하기 시작하였다. 미역의 생산량은 1974년과 1992년부터 1997년에 걸쳐 급격한 생산량 증가를 가져와 미역 가격의 폭락을 부추겼지만, 상대적으로 고급품이었던 미역의 대중화에 기여했다. 1974년 당시에는 염장 미역의 대일 수출이 증가하면서 활기를 되찾았지만, 1992년부터는 중국산 염장 미역의 대일 진출로 수출이 급감하기 시작하였다. 이후 미역의 과잉공급은 현재까지 지속되고 있으며, 수출부진, 국내 소비 감소 등의 요인이 복합적으로 작용하여 좀처럼 개선되지 않고 있다.

2000년 후반부터는 전북 양식 산업의 비약적인 발달과 더불어 전북 먹이로 다시마와 미역의 생산량도 꾸준히 증가하여, 2008년 현재 미역의 양식 생산량은 381천 톤으로 전체 해조류 생산량의 41.4%를 차지하고 있다. 이러한 미역의 생산량은 1997년 432천 톤 이후 2번째로 높은 수준이다. 생산금액은 560억원으로 전체 해조류 생산액의 16.7%를 차지하고 있지만, 생산 수익성은 김이나 다시마 보다 오히려 낮은 실정이다. 수출량은 10,533 톤으로 1998년 대일 수출(10,319 톤) 수준에 머무르고 있는 실정이며, 수출액은 2,058만 달러로 나타났다(농림수산물부 2009). 2008년 현재 미역의 종묘 생산업체는 45개소이고, 생산액은 587천만 원(생산량 244천 톤)으로 업체당 평균 매출액은 13천만 원이다. 반면, 일본산 미역 종묘가 차지하는 비율도 전체 양식 생산량의 40% 내외로 사용되고 있을 뿐 아니라, 종묘업자들은 선발 및 교배육종 보다는 기존의 품종을 증식하는 수준에 머무르고 있기 때문에 형질의 열성화와 자연 교잡이 이루어져 품질이 저하되는 등 가격 경쟁력이 떨어지는 것으로 파악되고 있다. 더욱이 2012년부터는 해조류 분야도 식물신품종보호제도가 도입되기 때문에 일본산 품종을 대체하지 못할 경우, 로열티 지급에 따른 생산비 상승과 경쟁력 약화가 예상되고 있다.

이처럼 연간 40만 톤에 달하는 미역 생산이 이루어지고 있음에도 불구하고, 1992~1997년까지 미역의 과잉생산, 대일 수출 감소 및 국내 소비 둔화 등의 원인으로 미역은 연구영역에서 점차 소외되었지만, 우량 미역 품종 개발 및 양식기술 개발에 대한 연구의 필요성은 꾸준히 제기되어 왔다(남해수산물연구소 1995~1997, 해조류바이오연구센터 2005, 김형섭 등 2010).

최근에는 전복 양식 생산량의 증가와 더불어 전복 먹이로 소비되는 미역과 다시마의 양이 연간 10만 톤을 상회하고 있어 그 수요는 앞으로도 계속 증가할 것으로 전망되고 있다. 전복 먹이의 부족 현상을 해결하기 위한 대안으로 미역, 다시마, 곰피, 감태 등의 해조류를 탄력적으로 공급할 수 있는 새로운 양식기술 개발도 절실히 요구되고 있다. 따라서 미역은 식량자원뿐 아니라, 건강보조식품, 생리활성 물질 및 바이오 소재, 그리고 전복 산업의 발전으로 인해 전복 먹이 공급원으로서의 수요가 급증하면서 미역 양식은 새로운 성장을 하는 계기를 맞게 되었다.

한편, 우리나라 연안에 자생하는 미역은 북방형 미역(*U. pinnatifida* v. *distans*)과 남방형 미역(*U. pinnatifida* v. *typica*), 그리고 빗살미역 (*U. pinnatifida* v. *elongata*)등 3개 품종이 확인되고 있으며, 동일종이라도 생육 환경에 따라 형태적인 차이가 심하고, 맛과 질감이 뚜렷하여 흑산도, 진도 독거도, 통영, 부산 기장 미역은 지역 브랜드로 출시되고 있으며, 종묘업자들이 일본에서 도입한 가마이시산과 나루토산 미역 품종도 우리나라 해양 환경에 적응하여 함께 자라고 있기 때문에 우량 품종을 선발하여 육성할 수 있는 잠재적인 조건을 갖추고 있다. 그러나 선발 육종을 통한 우량 품종의 개발 및 품종 개량 등의 연구는 상대적으로 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 맛과 형태적 특성이 뚜렷한 자연산 미역 3품종과 양식산 미역 3품종 등 6품종을 대상으로 형태학적 연구, 양식학적 연구, 그리고 선발육종 연구를 통하여 우량 품종을 개발하기 위해 수행되었다. 이를 위해 모조의 형태적 특성을 분석하고, 모조로부터 제3세대(F₃)까지 양성하면서 각 세대마다 식별형질의 안정성과 양식 효과를 비교·분석 하였다.

제2절 연구개발의 필요성

해조류는 식량자원뿐 아니라, 건강보조식품, 생리활성 물질 및 바이오 소재, 그리고 전복의 먹이 공급원 등으로 주목 받고 있으며, 앞으로도 해조류의 이용은 증가할 것으로 전망되고 있다. 미역은 다시마, 대황, 감태, 곰피, 모자반 등의 대형 갈조류와 함께 거대한 해조 군락을 형성하여 바다 숲을 형성하는 해조류로서(谷口 1996, 大野 1985), 해양 생태계 내에서 중요한 1차 생산자로서의 역할뿐만 아니라 연안에 서식하는 다양한 어패류의 산란장, 서식지 및 먹이 공급원으로 크게 기여하고 있다(Dring 1992, Graham and wilcox 2000).

특히, 해조류 양식 산업의 발달은 연안 어장에서 어패류의 서식 환경 개선에도 크게 기여할 수 있어 바다를 살릴 수 있는 유일한 방안으로 인식되고 있다. 식용 해조류 중 가장

생산량이 많은 종류는 미역으로 해조류 생산량의 41.4%를 차지하고 있다. 최근에는 생미역, 염장미역, 건미역 이외에 기호성이 우수한 스낵 및 다이어트 스프, 해조 샐러드 및 조미세절 건제품 등 건강 보조식품의 제조 기술이 개발되고 있어 그 수요가 급증할 것으로 예측되고 있다. 따라서 미역의 선발 육종을 통한 우량 품종의 개발 및 품종 개량을 통한 새로운 양식 품종의 개발은 2012년부터 식물신품종보호제도 실행에 따른 수산 자원의 재분배 및 해조류 종자 산업의 경쟁력 강화, 전북 양식 산업의 발전으로 인한 전북 먹이원의 수요 해소, 해조류 바이오매스 대량 생산 등 국가 경제·산업적 효과에 미치는 영향은 지대하다고 할 수 있다.

제3절 연구개발의 범위

구 분	목 표	내용 및 범위
1차년도 (2005)	○ 제품 용도별 미역의 선발육종 기법 개발	○ 제품 용도별 미역의 채묘, 배양 ○ 가이식 및 양성시험
2차년도 (2006년)	○ 제품 용도별 미역 우량품종 개발 및 형질 분석	○ 제품 용도별 미역 양식 시험 ○ 양식 및 형질 특성 조사
3차년도 (2007년)	○ 제품 용도별 미역 우량품종 개발 및 형질 분석	○ 제품 용도별 미역 양식 시험 - 채묘 및 종묘 배양 - 양성 및 형질 특성 조사
4차년도 (2008년)	○ 제품용도별 미역과 자생종 미역 선발 세대간 고정형질 조사	○ 제품 용도별 미역 양식 시험 - F ₃ 세대 성장도 조사 및 형질 조사 - 형질 특성 및 고정률 조사 ○ 지역 자생종 미역 양식 시험 - F ₂ 세대의 성장도 조사 및 형질 조사
5차년도 (2009년)	○ 품종 개량을 위한 지역 자생종 미역의 선발 세대간 고정형질 조사	○ 자생종 미역 양식 시험 - F ₃ 세대의 성장도 조사 및 주요 형질 조사 - 양식 미역 대조구 형질조사 ○ 자생종 미역의 형질 특성 및 고정률 조사

제 2 장 국내외 기술개발 현황

갈조류 미역속(*Undaria*)은 극동 아시아의 온대 수역에 생육하는 고유 속으로 한국, 일본, 중국에 주로 분포하는 유용 갈조류이며, 연안 생태계에서 중요한 역할을 담당하고 있다(Brown and Lamare 1994). 최근, 미역(*Undaria pinnatifida*)은 국가간 교역 증대에 따른 선박 하체 부착 및 밸러스트 수 등을 통하여 북중미, 대서양, 그리고 남반구의 호주와 뉴질랜드 연안으로 유입되어 그 분포역이 확산되고 있다(Hay 1990, Prteiro 2008, Silva et al 2002, Valentine and Johnson 2003, Zabin et al. 2009).

미역속은 전 세계적으로 5종이 보고되고 있으며, 우리나라에는 [미역(*Undaria pinnatifida*), 다살미역(*U. crenata*), 넓미역(*U. peterseniana*)] 등 3종류가 알려져 있다. 우리나라에 생육하고 있는 미역은 엽체의 특성과 분포적 특징에 근거하여 북방형 미역(*U. pinnatifida* v. *distans*)과 남방형 미역(*U. pinnatifida* v. *typica*), 그리고 빗살미역 (*U. pinnatifida* v. *elongata*) 등 3개의 품종이 확인되고 있다. 북방형과 남방형 미역 품종을 구분하는 주요 식별형질은 최대 엽폭, 중륵과 열각간의 최대 폭, 그리고 중륵의 폭 등으로 알려져 있다(Kito et al. 1981, Taniguchi et al. 1981). 그러나 미역의 형태는 품종간의 차이뿐만 아니라, 동일 품종이라도 생육지의 수심, 수온, 조류 등의 해양환경과 양식장의 밀도에 따라서 체형의 변화가 심한 것으로 알려져(Saito 1960), 미역 품종의 특징을 설명하는데 어려움이 많다.

특히 북방형 미역은 우리나라와 일본에서 김과 함께 연안 해조류 양식업의 주종으로 그 상업적 중요성 때문에 배우체와 포자체의 생리생태(Saito 1965a-b, Segi and Kida 1958, Akiyama 1965, Hue et al. 1955), 종묘생산(Chung and Chung 1967), 생태 및 양식(Okamura 1915, Kato and Nakahisa 1961, Akiyama and Kurogi 1982, Yamanaka and Akiyama 1993) 등 비교적 많은 정보가 축적되어 왔다. 한국에서는 양식 미역의 생산성 및 품질개량을 위한 기생성 요각류의 구제(Rho et al. 1993) 등에 대한 연구와 가이식 초기에 조류의 강약, 일조시간의 변화에 따른 아포체 및 유엽의 탈락을 보상하기 위한 배우체의 고밀도 배양 방법이 소개되었다(Hue et al. 1995). 인공시험 양식에 관하여는 Chung and Chung(1967), Chang and Chung(1970) 및 Choi et al(2007) 등의 연구가 있을 뿐이며, 품종의 형태에 대한 연구는 Lee and Sohn (1993)과 Shon(1984)의 연구가 있을 뿐이다. 그리고 최근에는 지역 품종간 교잡에 의한 양적형질 분석 연구(Yun 2006) 및 미역 우량 품종 발굴을 위한 미역속 식물의 계통지리학적 연구(김형섭 등 2010) 등이 보고되었다. 이와 같은 연구는 미역 양식의 생산성 증대를 위한 간접적인 연구로 미역 양식 산업의 양적인 발전에 크게 기여하였으나, 미역 양식 산업의 질적인 발전을 위한 연구 분야인 선발 육종을 통한 우량 품종의 개발이나 양식 미역의 품종 개량을 위한 연구는 상대적으로 부족한 실정이다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제1절 이론적, 실험적 접근방법

미역은 극동 아시아의 온대 수역에 생육하는 고유종으로 한국, 일본, 중국에 주로 분포하는 유용 갈조류로 알려져 있으나, 최근에는 선박 하체 부착 및 벨러스트 수 등을 통하여 북중미, 대서양, 그리고 남반구의 호주와 뉴질랜드 연안으로 유입되어 그 분포역이 확장되고 있다. 미역속은 전 세계적으로 5종이 보고되어 있으며, 우리나라에는 3종이 알려져 있다. 국내 미역 시장은 대일 수출 중심에서, 국내시장 중심으로 소비 경향이 전환되었고, 기호성이 우수한 스낵 및 다이어트 스프, 해조 샐러드 및 조미세절 건제품 등 건강보조식품의 제조 기술이 개발되면서 새로운 성장이 가능한 전환기에 있다. 최근에는 2012년부터 국제식품신품종보호제도 협약이 발효되면서 수산 자원의 재분배 및 해조류 종자산업의 경쟁력 강화, 전복 양식 산업의 발달과 이로 인한 전복 먹이원의 수요 급증, 그리고 해조류 바이오매스 대량 생산 등의 호재에 힘입어 생산량은 2008년 기준 40만 톤에 육박하고 있다. 반면, 이러한 요구에도 불구하고 맛과 형질이 뚜렷한 자생종 미역을 발굴하여 우량 품종으로 개발·보급하거나, 기존의 양식 품종을 새로운 품종으로 개량하기 위한 육종연구는 극히 제한적으로 수행되어 왔다.

따라서, 본 연구에서는 맛과 형태적 특성이 우수한 자생종 미역과 양식산 미역 6품종을 대상으로 형태학적 연구, 양식학적 연구, 그리고 선발육종 연구를 통하여 미역 우량 품종을 개발하기 위해 수행되었다. 이를 위해 모조의 형태적 특성을 분석하고, 모조로부터 제 3세대(F₃)까지 매 세대마다 우량 모조를 선발하여 육종하면서 식별형질의 안정성과 양식 효과 비교 분석하였다.

제2절 연구내용

1. 형태학적 연구

형태학적 연구에 사용된 재료는 2005년 5월 12일 전남 완도군 장용리 시험어장에서 양식되고 있는 수출용 미역, 내수용 미역, 미역귀 가공용 등 3 품종과 2006년 5월 12일과 5월 22일에 제주도 비양도와 경북 울산시 이진리에서 채집된 포자체와 2006년 8월 11일 진도군 조도면 독거도에서 채집된 3 품종 등 총 6 품종을 대상으로 수행하였다.

본 연구에서는 자연산 미역 품종으로부터 새로운 품종을 개발하거나, 기존의 양식 미역 품종을 개량하기 위해 자연산 3품종과 양식산 3품종 등 총 6품종을 대상으로 엽장, 줄기의 길이, 최대엽편의 길이, 최대엽편과 포복지간 거리, 최대 엽각과 중륵간 거리, 중륵의 폭, 중륵의 두께, 포자엽의 길이, 포자엽 폭, 포자엽의 주름수, 영양엽과 포자엽간 거리, 가용부 중량 및 포자엽 중량 등 14개 형질(Kito et al., 1981 변형)을 측정하고(그림 1), 평균치와 표준편차를 구하였다.

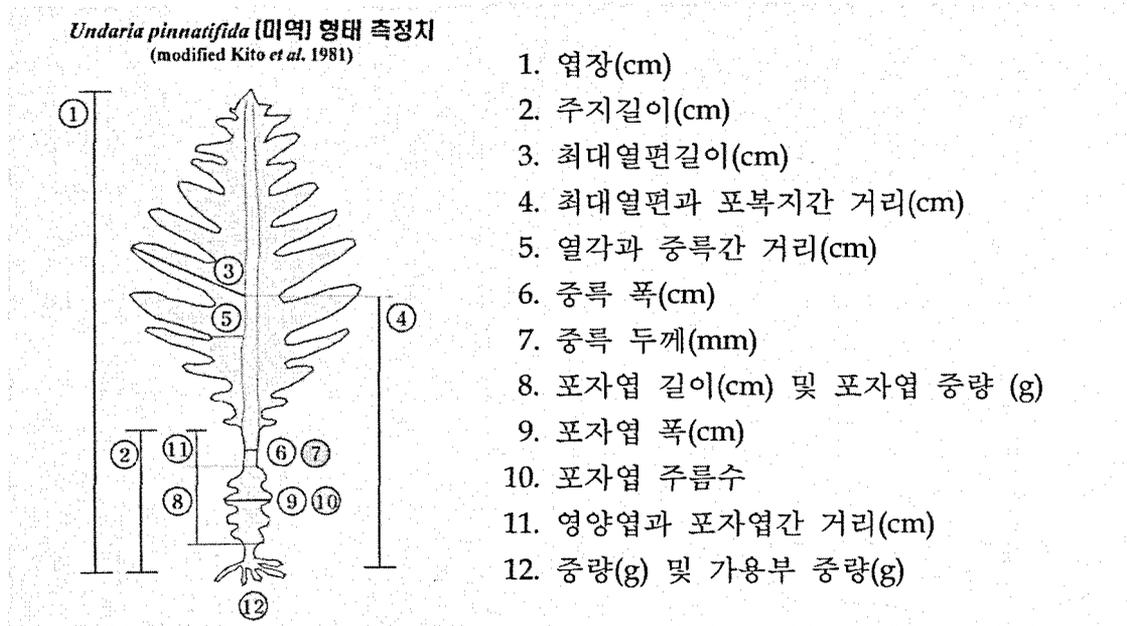


그림 1. 미역의 식별형질 측정 모식도.

2. 양식학적 연구

가. 모조의 채집

미역 우량 품종 개발을 위해 사용된 재료는 제품 용도별 미역은 전남 완도군 장용리 시험어장에서 양식중인 수출용, 내수용 및 미역귀 가공용 등 3 품종을 선발하고, 각각 30개체씩 모조로 사용하였다. 자연산 미역은 2006년 5월 12일과 5월 22일에 제주도 비양도와 경북 울산시 이진리에서 채집된 포자체와 2006년 8월 11일 진도군 조도면 독거도에서 채집된 포자체 중에서 품종의 특징을 대표하는 개체들을 대상으로 3 품종을 선발하여 각각 30개체씩 모조로 사용하였다.

나. 채묘 및 가이식

제품 용도별 미역 종묘의 채묘는 세대에 따라 2005~2007년까지 매년 5월 13일~5월 18

일 사이에 이루어졌으며, 제주산과 울산산 미역 종묘의 채묘도 세대에 따라 차이는 있지만 5월 18일~6월 25일 사이에 채묘 하였다. 반면, 독거도산 미역 품종은 포자엽의 성숙 시기가 다른 미역보다 늦어 2006년에는 8월 12일 처음 채묘 하였고, 2007년과 2008년에는 6월 25일에 각각 채묘하여 전남 완도군 정도리 해조류바이오연구센터 시험포에서 수조배양을 실시하였다.

가이식 시기는 미역 품종의 특성, 아포체의 성장 상태 및 해양 환경 등을 고려하여 2005~2008년까지 매년 9월 22일부터 12월 15일 사이에 전남 완도군 약산면 장용리의 시험어장에서 실시하였으며, 가이식 수심은 채묘틀이 수심 2 m에 위치하도록 부자의 길이를 조절하였다.

다. 형질 특성 조사

미역의 양성 실험은 미역 품종의 특성, 아포체의 성장상태 및 해양 환경 등을 고려하여 2005년부터 2009년까지 11월 초순부터 12월 말까지 전남 완도군 약산면 장용리의 시험어장에서 실시하였으며, 양성시설은 수평 연승식으로 본 양성 로프는 수심 1 m에 위치하도록 부자의 길이를 조절하였다.

본 연구에서는 자연산 미역 품종으로부터 새로운 품종을 개발하거나, 기존의 양식 품종을 개량하기 위해 Kito et al.(1981)에 의해 제안된 주요 식별형질의 안정성과 양식 효과를 정성, 정량적으로 측정하였다. 이를 위해 매월 정기적으로 채집된 개체들 중에서 상위 15개체를 선발하여 형태 분석 방법과 동일한 방법으로 측정하였다(그림 1).

제3절 연구결과

1. 형태학적 연구

가. 자연산 미역

1) 제주산

엽체는 암반에 착생하고, 편평하며, 어렸을 때는 도란형이며, 성숙하면 잎의 열각이 얇고, 영양엽과 포자엽이 이어져 줄기가 짧고, 중륵이 뚜렷하며, 체장 79~98 cm, 최대열편의 길이 23~59 cm, 열각과 중륵의 간격은 7~14.5 cm로 넓고, 짧고 다수로 갈라진 부착근(haptera)를 갖고, 황갈색이다. 포자엽은 줄기 하부에 발달하고, 길이 6.5~11.5 cm, 주름의 수는 10~20개이다. 엽체의 중량은 평균 392 g, 가용부와 포자엽 중량은 각각 273.5 g과 90.5 g이다. 본 품종은 중륵과 열각 사이의 폭이 넓고, 최대 열편이 길며, 포자엽과 영양

엽 사이의 길이가 짧고, 현종량이 높은 형태적 특징을 갖고 있다. 분류학적으로는 남방형 품종으로 알려져 있다(그림 2).

한편, 양식 품종은 먼저 분열한 열편과 나중에 분열한 열편의 길이가 중앙부 보다 짧아서 장타원형을 이루며, 중륵이 뚜렷하고, 체장 150~225 cm, 최대열편의 길이 33~88 cm, 줄기의 길이 7.5~71 cm, 중량 840~2,060 g, 가용부 중량 131~1,190 g이다. 전체적으로 엽체의 길이는 1.6~2.0배, 중량은 2.3~2.7배, 가용부 중량은 2.1~2.2배 정도 향상된 우량 품종으로 개량되었다.

2) 울산

엽체는 암반에 착생하고, 편평하며, 어렸을 때는 도란형이고, 성숙하면 열각이 중륵 근처까지 깊게 발달하고, 엽편의 수가 적고, 영양엽과 포자엽이 이어져 있으며, 중륵이 발달하고, 체장 65~80 cm, 최대열편의 길이 12~38 cm, 열각과 중륵 사이 간격은 3 cm이고, 짧고 다수로 갈라진 부착근(haptera)를 갖고, 질은 갈색이다. 포자엽은 줄기 하부에 발달하고, 길이 5.5 cm, 주름의 수는 8~12개이다. 엽체의 중량은 평균 137 g, 가용부와 포자엽 중량은 각각 273.5 g과 90.5 g이었다. 본 품종은 중륵과 열각 사이의 폭이 좁고, 포자엽의 길이가 짧고, 최대 열편의 길이가 긴 형태적 특징을 갖고 있다. 분류학적으로는 북방형 품종으로 알려져 있다(그림 2).

한편, 양식 품종은 먼저 분열한 열편과 나중에 분열한 열편의 길이가 중앙부 보다 짧아서 전체적으로 장타원형이며, 중륵이 뚜렷하고, 중륵과 열각 사이의 간격이 좁고, 열편은 부채살 모양이며, 체장 102~208 cm, 최대열편의 길이 38~171 cm, 줄기의 길이 6.5~32.0 cm, 중량 131~1,125 g, 가용부 중량 114~686 g이다. 전체적으로 엽체의 길이는 2.2~2.7배, 중량은 3.7~4.4배, 가용부 중량은 3.4~4.0배 정도 향상된 우량 품종으로 개량되었다.

3) 진도 독거산

엽체는 암반에 착생하고, 편평하며, 어렸을 때는 도란형이나 성숙하면 긴 대나무 잎 모양으로 짧은 열편을 내며, 잎의 열각은 호생 또는 우상으로 나며, 중륵이 발달하고, 체장 70-120 cm, 최대열편 10 cm이며, 짧고 다수로 갈라진 부착근(haptera)를 갖고, 질은 암갈색이다. 포자엽은 줄기 하부에 발달하고, 길이 4.5 cm, 주름의 수 9-12개이며, 영양엽과 포자엽의 사이의 길이는 0.2 cm로 짧다. 엽체의 중량은 평균 47 g, 가용부와 포자엽 중량은 각각 20.5 g과 9.0 g이다. 본 품종은 수심이 깊고, 풍파가 심하고, 조류가 강한 곳에서 군락을 이루고, 중륵과 열각 사이의 폭이 좁고, 최대 열각의 길이가 짧고, 포자엽과 영양엽 사이의 길이가 짧은 형태적 특징을 갖고 있다. 분류학적으로는 다실미역으로 알려져 있으며, 우리나라를 대표하는 자연산 돌미역으로 알려져 있다(그림 2).

한편, 양식 품종은 우상으로 열편을 내며, 중륵이 뚜렷하고, 중륵과 열각 사이의 간격이

좁고, 열편은 대생 혹은 호상으로 나며, 열각의 길이가 매우 짧고 가늘고, 체장 150~210 cm, 최대열편의 길이 20.5~46.5 cm, 줄기의 길이 6.0~25 cm, 중량 131~1,125 g, 가용부 중량 114~686 g이다. 전체적으로 열체의 길이는 1.5~1.7배, 중량은 4.4~5.3배, 가용부 중량은 5.6~7.0배 정도 향상된 우량 품종으로 개량되었다.

나. 양식산 미역

1) 수출용 미역

열체는 연승 로프에 착생하고, 편평하며, 어렸을 때는 도란형이며, 성숙하면 잎의 열각이 깊고, 중륵이 좁고 뚜렷하며, 체장 180~270 cm, 최대열편 58 cm, 열각과 중륵의 간격이 9 cm로 좁고, 짧고 다수로 갈라진 부착근(haptera)를 갖고, 질은 황갈색이다. 포자엽은 기부에서 영양엽 근처까지 발달하고, 길이 60 cm, 주름의 수 50~80개이며, 영양엽과 포자엽의 사이의 길이는 8 cm이다. 열체의 중량은 평균 1,567 g, 가용부와 포자엽 중량은 각각 606 g과 634 g이다. 본 품종은 중륵과 열각 사이의 폭이 좁고, 현중량이 높은 특성을 보였다(그림 3A).

한편, 양식 품종은 일반적인 기준으로 보아 양식 생산성이 비교적 우수한 반면, 품종 고유의 형질이 소실되어 잡종화되는 특성을 보였다. 열체의 모양은 3품종 모두 원추형으로 동일하였으며(4A-C), 평균 체장 273~322 cm, 평균 줄기의 길이 51~80 cm, 중량 평균 772~980 g, 가용부 중량 304~545 g으로 평균 중량이 1,000g 이내였다.

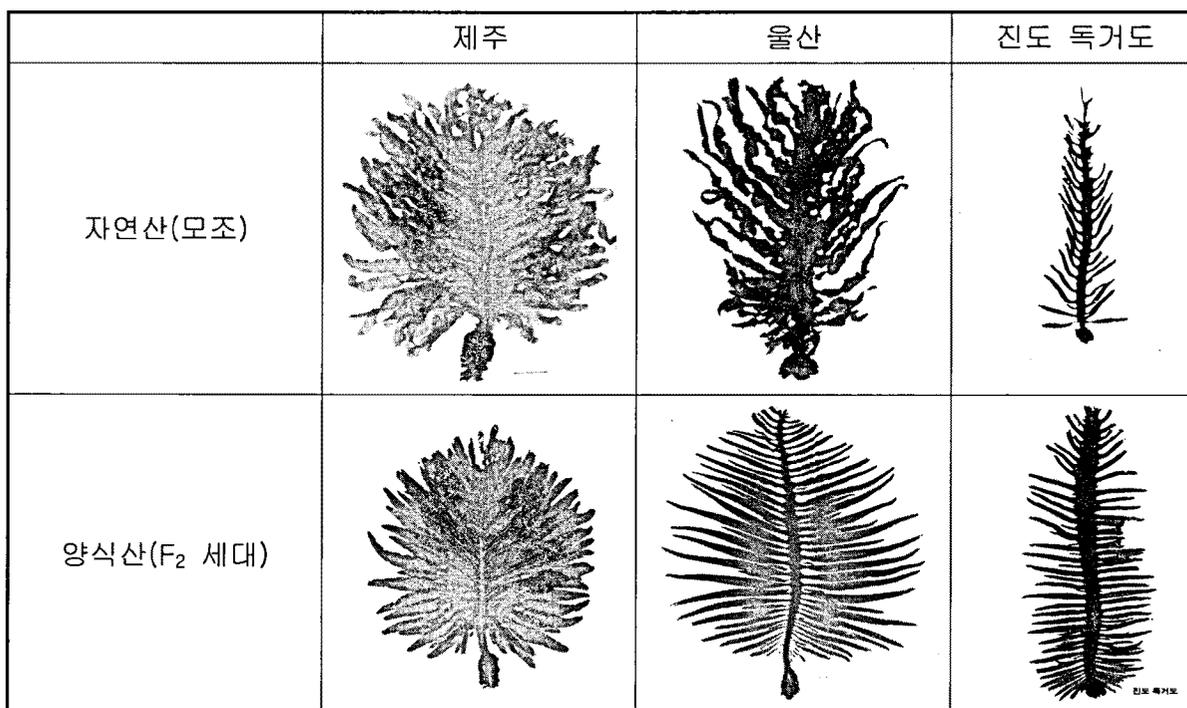


그림 2. 자연산과 선발 육종(F₂ 세대)한 미역 품종의 형태 비교.

2) 내수용 미역

엽체는 연승 로프에 착생하고, 편평하며, 어렸을 때는 도란형이며, 성숙하면 잎의 열각이 얇고, 중륵이 넓고, 뚜렷하며, 체장 185~270 cm, 최대열편 61 cm, 열각과 중륵의 간격이 11 cm이며, 짧고 다수로 갈라진 부착근(haptera)를 갖고, 질은 황갈색이다. 포자엽은 기부에서 영양엽 근처까지 발달하고, 길이 57 cm, 주름의 수 83개이며, 영양엽과 포자엽의 사이의 길이는 4 cm로 나타났다. 엽체의 중량은 평균 2,245 g, 가용부와 포자엽 중량은 각각 556 g과 596 g이었다. 본 품종은 중륵이 좀 더 넓고 현중량이 매우 높은 형태적 특징을 갖고 있다(그림 3B).

한편, 엽체의 모양은 3품종 모두 원추형으로 동일하였으며(4B), 체장 평균 251~378 cm, 줄기의 길이 평균 35~71 cm, 중량 평균 908~1,212 g, 가용부 중량 368~895 g으로 가용부 중량의 변동이 크게 나타났다.

3) 미역귀 가공용 미역

엽체는 연승 로프에 착생하고, 편평하며, 어렸을 때는 도란형이며, 성숙하면 잎의 열각이 얇고, 중륵이 넓고, 뚜렷하며, 체장 185~270 cm, 최대열편 61 cm, 열각과 중륵의 간격은 11 cm이며, 짧고 다수로 갈라진 부착근(haptera)를 갖고, 질은 황갈색이다. 포자엽은 기부에서 영양엽 근처까지 발달하고, 길이 43 cm, 주름의 수는 51개이며, 영양엽과 포자엽의 사이의 길이는 4 cm로 나타났다. 엽체의 중량은 평균 1,005 g이며, 가용부와 포자엽 중량은 각각 340 g과 598 g으로 포자엽이 더 발달하는 특징으로 구분된다(그림 3C).

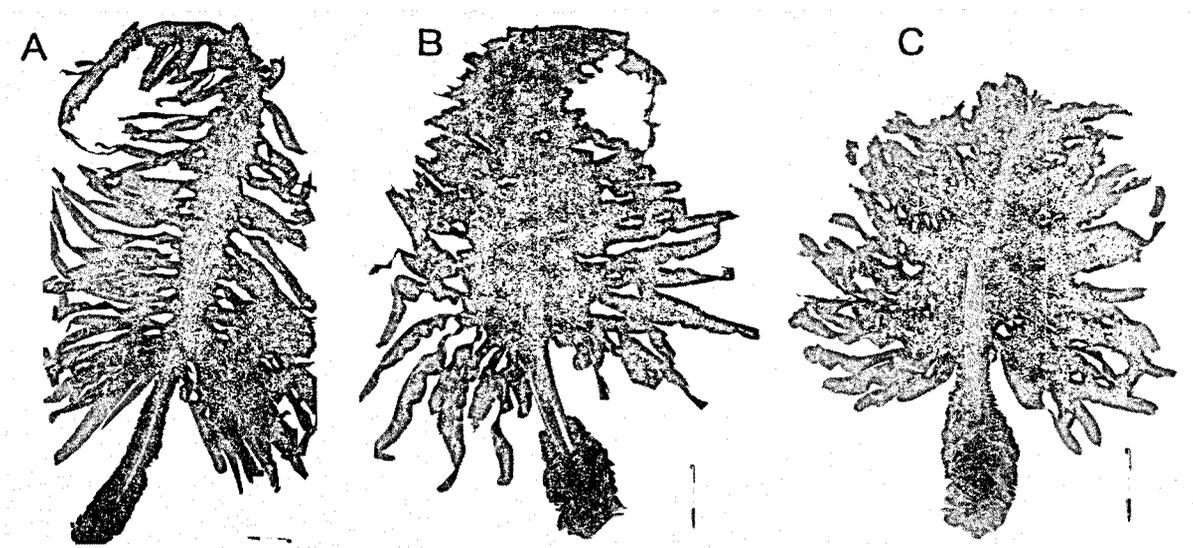


그림 3. 양식산 미역 (모조) 형태 비교. A: 수출용 미역, B: 내수용 미역, C: 미역귀 가공용 미역.

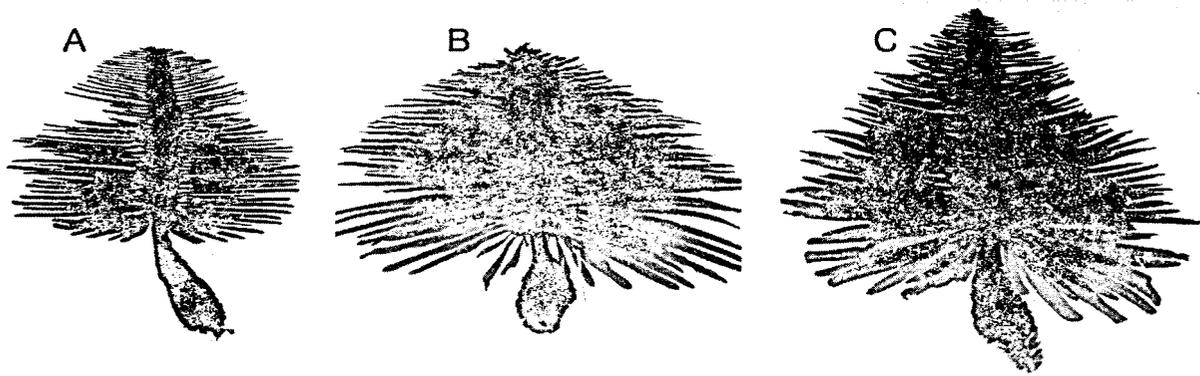


그림 4. 양식 미역(F_2 세대)의 형태 비교(2008).

한편, 엽체의 모양은 3품종 모두 원추형으로 동일하였으며(4C), 체장 평균 271~366 cm, 줄기의 길이 평균 48.5~67 cm, 중량 평균 1,080~1,124 g, 가용부 중량 502~555 g이다.

2. 양식학적연구

가. 모조의 채집

미역 우량 품종 개발을 위해 사용된 제품 용도별 미역은 전남 완도군 장용리 시험어장에서 양식중인 수출용, 내수용 및 미역귀 가공용 등 3 품종을 구분하여 선발하고, 품종의 특징을 잘 나타내는 30개체를 선발하여 모조로 사용하였다. 자연산 미역은 2006년 5월 12일과 5월 22일에 제주도 비양도와 경북 울산시 이진리에서 채집된 포자체와 2006년 8월 11일 진도군 조도면 독거도에서 채집된 포자체 중에서 지역 품종의 특징을 대표하는 개체들을 선발하여 모조로 사용하였다.

나. 채묘 및 가이식

제품 용도별 미역 종묘의 채묘는 세대에 따라 2005~2007년까지 매년 5월 13일부터 5월 18일 사이에 생산하였으며, 제주산과 울산산 미역도 세대에 따라 차이는 있지만 5월 18일부터 6월 25일 사이에 채묘 하였다(그림 5). 반면, 독거도산 미역 품종은 포자엽의 성숙 시기가 다른 미역보다 늦어 2006년에는 8월 12일 처음 채묘 하였고, 2007~2008년에는 6월 25일에 각각 채묘하여 전남 완도군 정도리 해조류바이오연구센터 시험포에서 수조배양을 실시하였다(그림 6).

가이식 시기는 미역 품종의 특성, 아포체의 성장상태 및 해양 환경 등을 고려하여 2005~2008년까지 매년 9월 22일부터 12월 15일 사이에 전남 완도군 약산면 장용리의 시험어장에서 실시하였으며, 가이식 수심은 채묘틀이 수심 2 m에 위치하도록 부자의 길이를 조절하였다.

3. 자연산 양식 미역의 성장 및 특성 조사

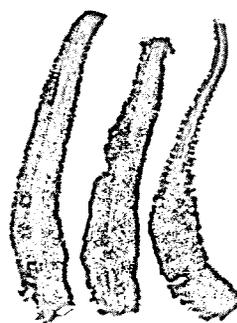
가. 제주산 미역

1) 엽체의 길이

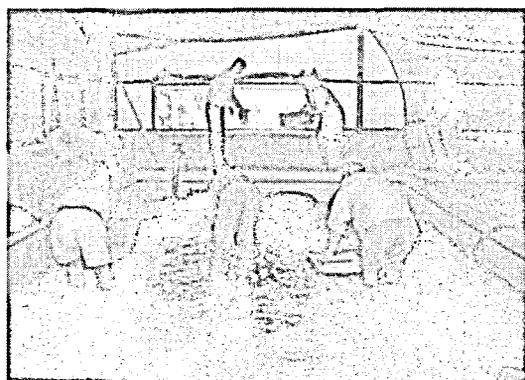
엽체의 길이는 계절에 따라 유의한 차이를 보였으나, 연간 차이는 보이지 않았다(그림 7A). 2006년 10월에 양성한 F₁은 20일 후인 11월에 4.0~7.5 cm(4.90 ± 1.06) 이내로 성장하였으며, 양식 5개월 후인 3월에는 159.0~207.0 cm(175.10 ± 14.97)로 성장하였다. 이후 수온이 상승하는 4월부터는 엽체의 상부가 녹아내리기 시작하면서 길이 생장은 점차 감소하였다. 2007년 11월에 양성한 F₂는 1개월 후인 12월에 13.0~23.0 cm(16.80 ± 3.3)로 성장하였으며, 5개월 후인 2008년 4월에는 111.0~225.0 cm(142.10 ± 35.5) 범위로 성장하여 최대치를 보였다. 2008년 11월에 양성한 F₃은 1개월 후인 12월에 40.0~55.0 cm(47.10 ± 5.4)로 성장하였으며, 2009년 2월에 평균 크기에 도달하였고, 4월에는 151.0~220.0 cm(169.60 ± 20.8)로 최대로 성장하였다. 엽체의 길이 생장은 3~4월에, 중량은 4~5월에 최대로 증가하였다. 양식 생산성은 양식산이 자연산 보다 엽체의 길이는 166~200%, 중량은 230~270%, 가용부 중량은 210~220% 향상되었다.



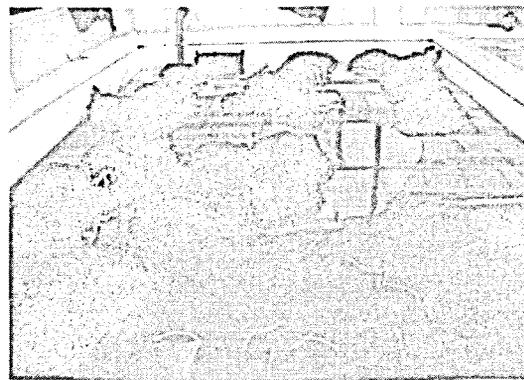
미역 모조 채취



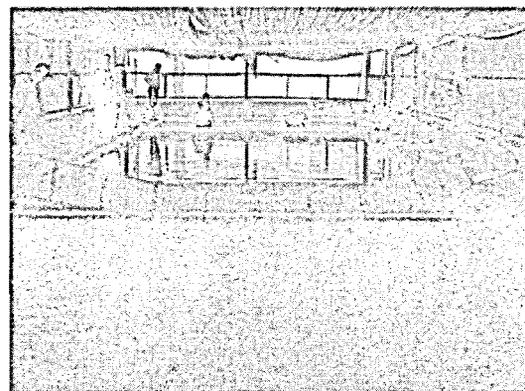
미역귀 모양



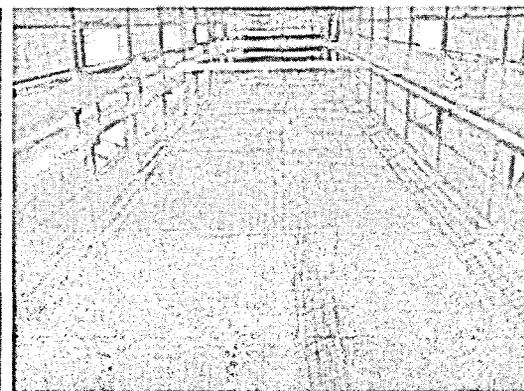
유주자 방출 유도 과정



방출된 유주자 채묘 과정



채묘를 정리



미역 종묘 배양시설 전경

그림 5. 미역의 채묘 및 배양.

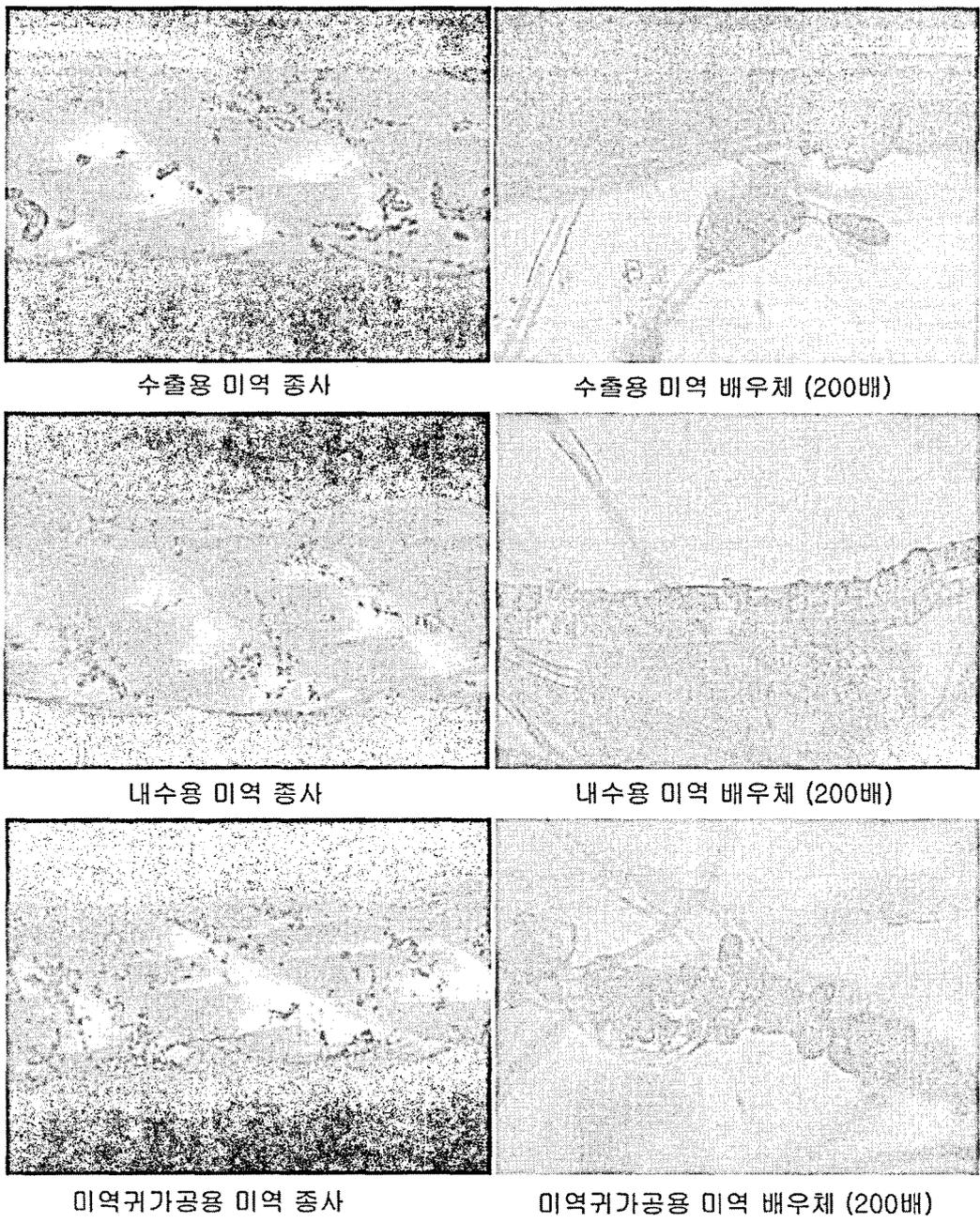


그림 6. 미역 배우체의 생육상태.

2) 줄기의 길이

줄기의 길이는 계절 및 세대에 따라 유의한 차이를 보였다(그림 7B). 줄기의 길이는 계절적인 변이뿐 아니라 연간 변동을 보여 안정적인 식별형질로는 사용하기 어려우나, 최대 로 성장하는 시기에는 품종을 구분할 수 있는 의미 있는 형질로 확인되었다. 2006년 10월에 양성한 F₁은 20일 후인 11월에 0.2~1.0 cm(0.4 ± 0.2), 2007년 3월에 30.0~71.0 cm(49.2 ± 12.6)로 성장하였다. 2007년 11월에 양성한 F₂는 1개월 후인 12월에 0.5~1.5 cm(1.0 ± 0.3), 이듬해 5월에 7.5~39.0 cm(16.4 ± 9.5)로 자랐다. 2008년 11월에 양성한 F₃은 1개월 후인 12월에 2.5~7.0 cm(5.2 ± 1.7), 2009년 4월에 13.0~60.0 cm(35.6 ± 17.1)로 자랐다.

3) 최대열편의 길이

최대열편의 길이는 계절에 따라 유의한 차이를 보였으나, 연간 차이는 보이지 않았다(그림 7C). 최대열편의 길이는 2007년 4월에 33.0~70.0 cm(47.7 ± 7.9), 2008년 4월에 41.5~88.0 cm(58.7 ± 14.6), 그리고 2009년 4월에 42.0~67.0 cm(51.7 ± 6.8)로 안정적인 값을 나타냈다. 특히, 제주산은 성장 후반기까지 열편이 계속 성장하는 경향을 보였다.

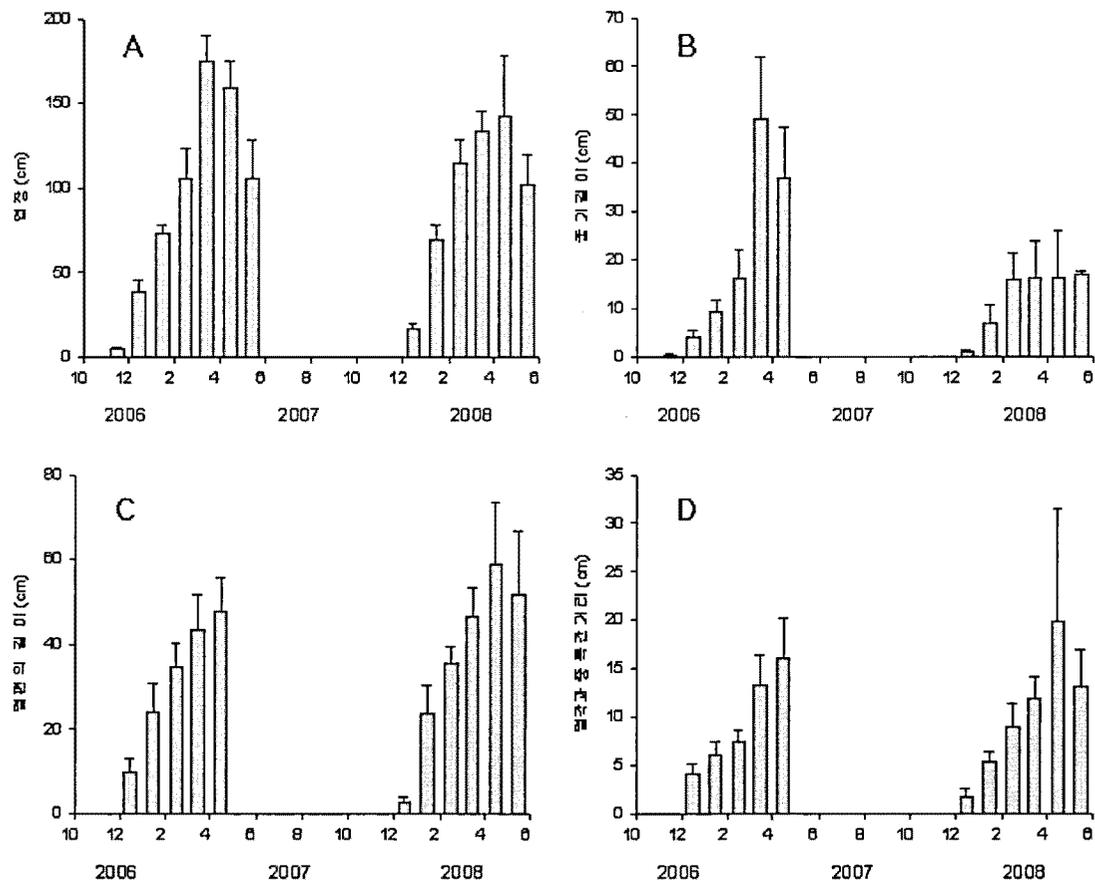


그림 7. 제주도산 양식 미역의 엽장(A), 줄기 길이(B), 열편의 길이(C), 열각과 중륵간 거리(D)의 계절적 변이.

4) 열각과 중록간 거리

열각과 중록간 거리는 계절에 따라 유의한 차이를 보였으나, 연간 차이는 보이지 않았다(그림 7D). 열각과 중록간 거리는 2006년 4월에 12.0~28.5 cm(16.2 ± 4.1), 2008년 4월에 11.0~51.5 cm(20.0 ± 11.5), 그리고 2009년 4월에 12.0~26.0 cm(18.4 ± 4.5)로 각 세대간 차이는 보이지 않았다.

5) 중록의 폭

중록의 폭은 계절에 따라 유의한 차이를 보였으나, 연간 유의한 차이는 보이지 않았다(그림 8A). 2006년 10월에 양성한 F₁은 12월에 4.5~8.5 cm(6.0 ± 1.5), 2007년 5월에 34.5~47.5 cm(37.5 ± 8.8)였다. 2007년 11월에 양성한 F₂는 12월에 1.0~3.0 cm(3.0 ± 0.8), 5월에 24.0~51.0 cm(35.4 ± 7.8)였다. 2008년 11월에 양성한 F₃은 1개월 후인 12월에 4.5~11.0 cm(7.2 ± 1.8 cm), 4월에 31.0~68.5 cm(48.8 ± 10.0)로 가장 높았다. 본 형질은 진도 독거와 제주 및 울산산 미역을 구분하는 형질로 확인되었다.

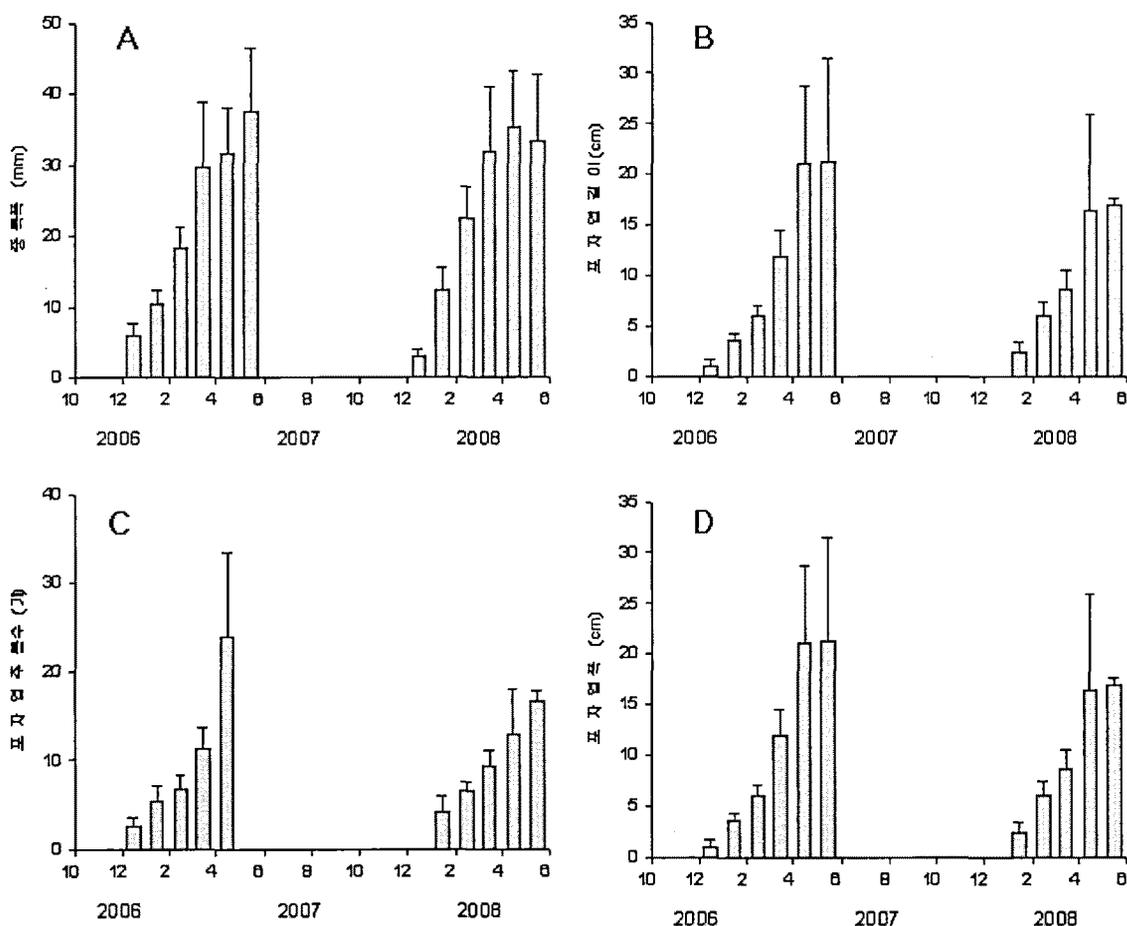


그림 8. 제주도산 양식 미역의 중록폭(A), 포자엽의 길이(B), 포자엽의 주름수(C), 포자엽 폭(D)의 계절적 변이

6) 포자엽의 길이

포자엽의 길이는 계절에 따라 유의한 차이를 보였으나, 연간 유의한 차이는 보이지 않았다(그림 8B). 포자엽은 대부분 양식 2개월부터 형성되었으며, 2009년에는 1개월부터 형성되었다. 포자엽의 길이는 2007년 4월에 15.0~33.01 cm(21.3 ± 10.0), 2008년 5월에 16.0~17.5 cm(17.0 ± 0.6), 그리고 2009년 4월에 10.5~27.0 cm(15.3 ± 7.5)로 최대값을 보였으며, 각 세대마다 큰 차이를 보이지 않았다. 이 형질은 각 세대마다 안정적인 값을 유지하여 진도, 독거도, 울산 품종을 서로 구분할 수 있는 진단형질로 확인되었다.

7) 포자엽의 주름 수

포자엽의 주름 수는 계절에 따라 유의한 차이를 보였으나, 연간 유의한 차이는 보이지 않았다(그림 8C). 포자엽은 양식 2개월째부터 형성되며, 4~5월에 최대로 성숙하였다. 포자엽의 주름수는 2007년 4월에 12~34개(24.0 ± 9.4), 2008년 5월에 16~18개(16.7 ± 1.2), 그리고 2009년 4월에 10~30개(16.8 ± 5.6)로 가장 많이 형성되었으며, 연간 차이는 없었다. 포자엽의 주름수도 자연산으로부터 선발 육종한 양식 품종을 구분할 수 있는 진단형질로 확인되었다.

8) 영양엽과 포자엽의 길이

영양엽과 포자엽의 길이는 계절에 따라 유의한 차이를 보였으나, 연간 유의한 차이는 보이지 않았다(그림 8D). 영양엽과 포자엽의 길이는 2007년 3월에 16.5~69.0 cm(42.1 ± 22.4), 2009년 5월에 15.0~42.0 cm(25.4 ± 42.0)로 가장 길게 신장하였다.

9) 중량

중량은 계절에 따라 유의한 차이를 보였으나, 연간 차이는 보이지 않았다(그림 9A). 2006년 10월에 양성한 F₁은 2007년 4월에 947.0~1,470.0 g($1,220.0 \pm 262.0$), 2007년 11월에 양성한 F₂는 2008년 5월에 896.0~2,040.0 g($1,392.0 \pm 586.0$), 2008년 11월에 양성한 F₃은 4월에 840.0~2,056.0 g($1,430.0 \pm 462.0$)으로 최대값을 보였다. 양식 생산성과 밀접하게 연관된 중량은 제주산이 가장 높게 나타났다. 이러한 생산성의 향상은 제주산이 완도의 해양 환경에 안정적으로 적응한 결과로 자연산 보다 230~270% 증대되었다.

10) 가용부 중량

가용부 중량은 계절 및 세대에 따라 유의한 차이를 보였다(그림 9B). 2006년 10월에 양성한 F₁은 2007년 4월에 131.0~655 g(370.3 ± 192.7), 2007년 11월에 양성한 F₂는 2008년 4월에 342.0~1,334 g(733.5 ± 308.3), 2008년 11월에 양성한 F₃은 4월에 441.0~1,186.0 g(770.2 ± 263.4)으로 최대값을 보였다. 가용부 중량은 자연산 보다 최대 210~220% 증대되었고, 포자엽 중량 보다는 2배 이상 향상되었다.

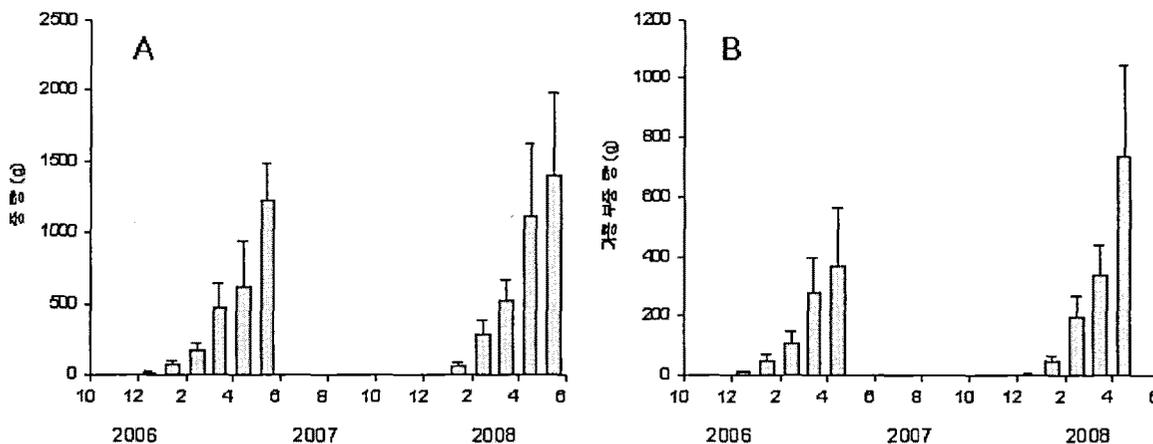


그림 9. 제주도산 양식 미역의 중량(A)과 가용부 중량(B)의 계절적 변이.

나. 울산 미역

1) 엽체의 길이

엽체의 길이는 계절에 따라 유의한 차이를 보였으나, 연간 차이는 보이지 않았다(그림 10A). 2006년 10월에 양성한 F₁은 20일 후인 11월에 3.9~9.0 cm(5.3 ± 1.82) 이내로 성장하였으며, 양식 5개월 후인 3월에 142.0~197.0 cm(170.0 ± 18.5)로 자라 가장 높았다. 이후 수온이 상승하는 4월부터는 엽체의 상부가 녹아내리기 시작하면서 길이 생장은 둔화되었다. 2007년 11월에 양성한 F₂는 1개월 후인 12월에 13.0~22.0 cm(17.4 ± 2.8)로 성장하였으며, 4개월 후인 2008년 3월에 102.0~144.0 cm(121.0 ± 14.9) 범위로 성장하여 최대값을 보였다. 2008년 11월에 양성한 F₃은 1개월 후인 12월에 39.0~77.0 cm(53.5 ± 11.6)로 성장하였고, 3개월 후인 2009년 2월에는 128.0~208.0 cm(202.7 ± 20.7)로 성장하여, 최대 성장 시기가 1개월 정도 빨라졌다. 양식 생산성은 양식산이 자연산 보다 엽체의 길이는 220~270%, 중량은 370~440%, 가용부 중량은 340~400% 향상되었다.

2) 줄기의 길이

줄기의 길이는 계절에 따라 유의한 차이를 보였으나, 연간 차이는 보이지 않았다(그림 10B). 2006년 10월에 양성한 F₁은 20일 후인 11월에 0.2~1.0 cm(0.5 ± 0.2), 2007년 4월에 12.0~19.0 cm(12.8 ± 3.1)였다. 2007년 11월에 양성한 F₂는 1개월 후인 12월에 1.0~2.5 cm(1.6 ± 0.5), 이듬해 4월에 7.0~19.0 cm(13.0 ± 3.5)였다. 2008년 11월에 양성한 F₃은 1개월 후인 12월에 2.0~11.5 cm(7.2 ± 3.1), 2009년 1월에 6.5~31.5 cm(24.4 ± 6.4)로 자랐다.

3) 최대열편의 길이

최대열편의 길이는 계절에 따라 유의한 차이를 보였으나, 연간 차이는 보이지 않았다

(그림 10C). 최대열편의 길이는 2006년 4월에 38.0~96.0 cm(60.1 ± 14.7), 2008년 4월에 44.5~171.5 cm(73.2 ± 30.4), 그리고 2009년 3월에 52.5~98.0 cm(65.7 ± 13.6)로 최대로 성장하였다. 울산 양식 품종은 최대 열편의 길이와 수에서 전형적인 북방형 미역의 형태를 나타냈다.

4) 열각과 중륙간 거리

열각과 중륙간 거리는 계절에 따라 유의한 차이를 보였으나, 연간 차이는 보이지 않았다(그림 10D). 열각과 중륙간 거리는 2006년 4월에 4.0~11.0 cm(5.9 ± 2.1), 2008년 4월에 2.0~11.0 cm(6.3 ± 2.3), 그리고 2009년 4월에 2.5~8.5 cm(6.0 ± 1.7)로 안정적인 값을 나타냈다. 열각과 중륙간 거리는 양식 품종이 자연산 보다 3배정도 넓게 자라는 특징을 보였으나, 열각이 가늘고 긴 특징은 변하지 않았다.

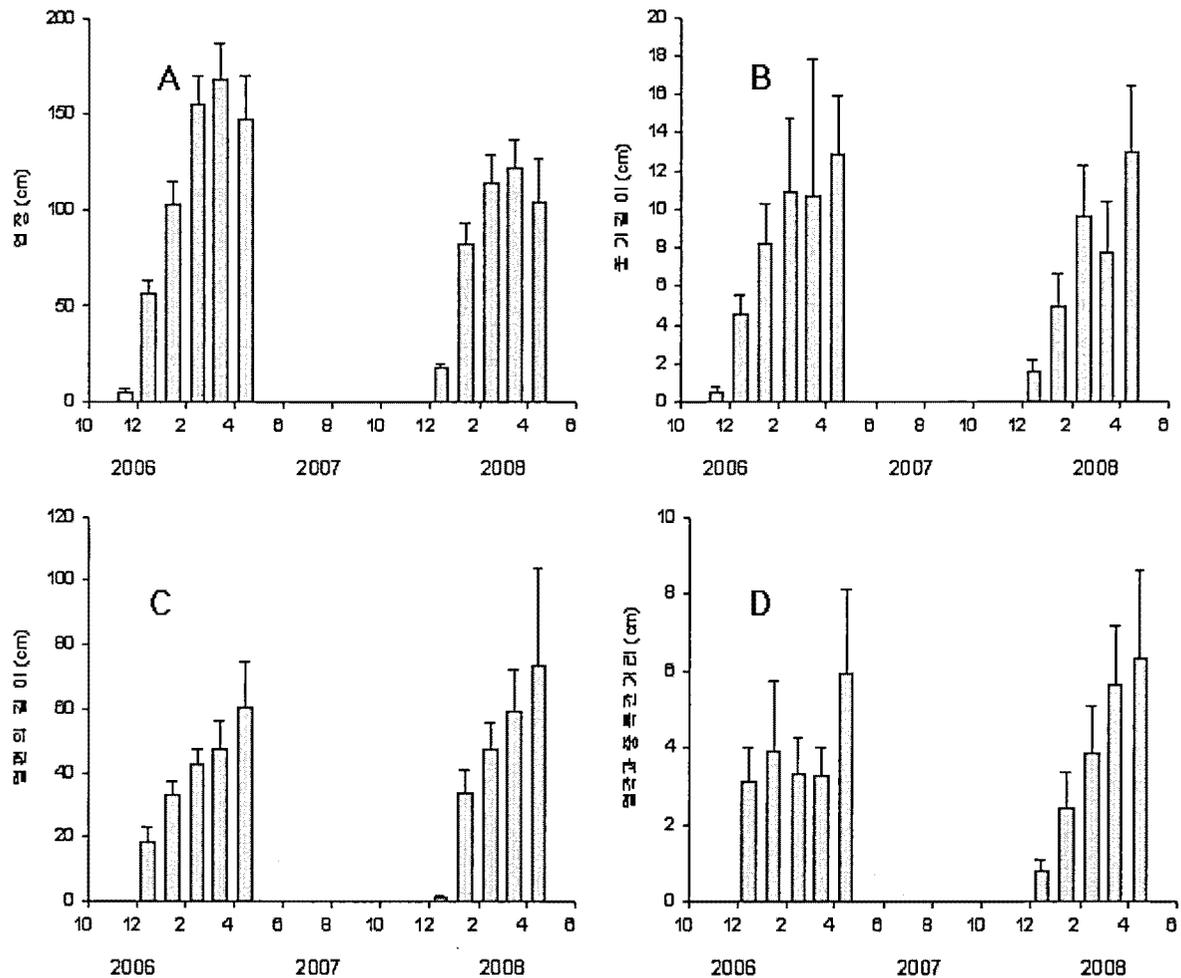


그림 10. 울산 양식 미역의 엽장(A), 줄기 길이(B), 열편의 길이(C), 열각과 중륙간 거리(D)의 계절적 변이.

5) 중록의 폭

중록의 폭은 계절에 따라 유의한 차이를 보였으나, 연간 유의한 차이는 보이지 않았다(그림 11A). 중록의 폭은 모든 세대에서 2월에 평균 크기로 도달하였으며, 이후부터는 일정한 값을 유지하는 등 품종을 구분하는 안정적인 형질로 확인되었다. 진도, 울산 및 제주산 미역 품종은 이 형질값에서 서로 명확하게 구분되었다. 2006년 10월에 양성한 F₁은 12월에 7.0~20.0 cm(9.5 ± 3.1), 2007년 3월에 15.0~23.0 cm(18.3 ± 2.1)였다. 2007년 11월에 양성한 F₂는 12월에 1.5~4.5 cm(3.0 ± 0.8), 3월에 17.5~26.0 cm(22.7 ± 2.4)였다. 2008년 11월에 양성한 F₃은 1개월 후인 12월에 8.5~12.0 cm(7.2 ± 1.8), 3월에 21.0~31.0 cm(25.2 ± 3.2)로 가장 높았다.

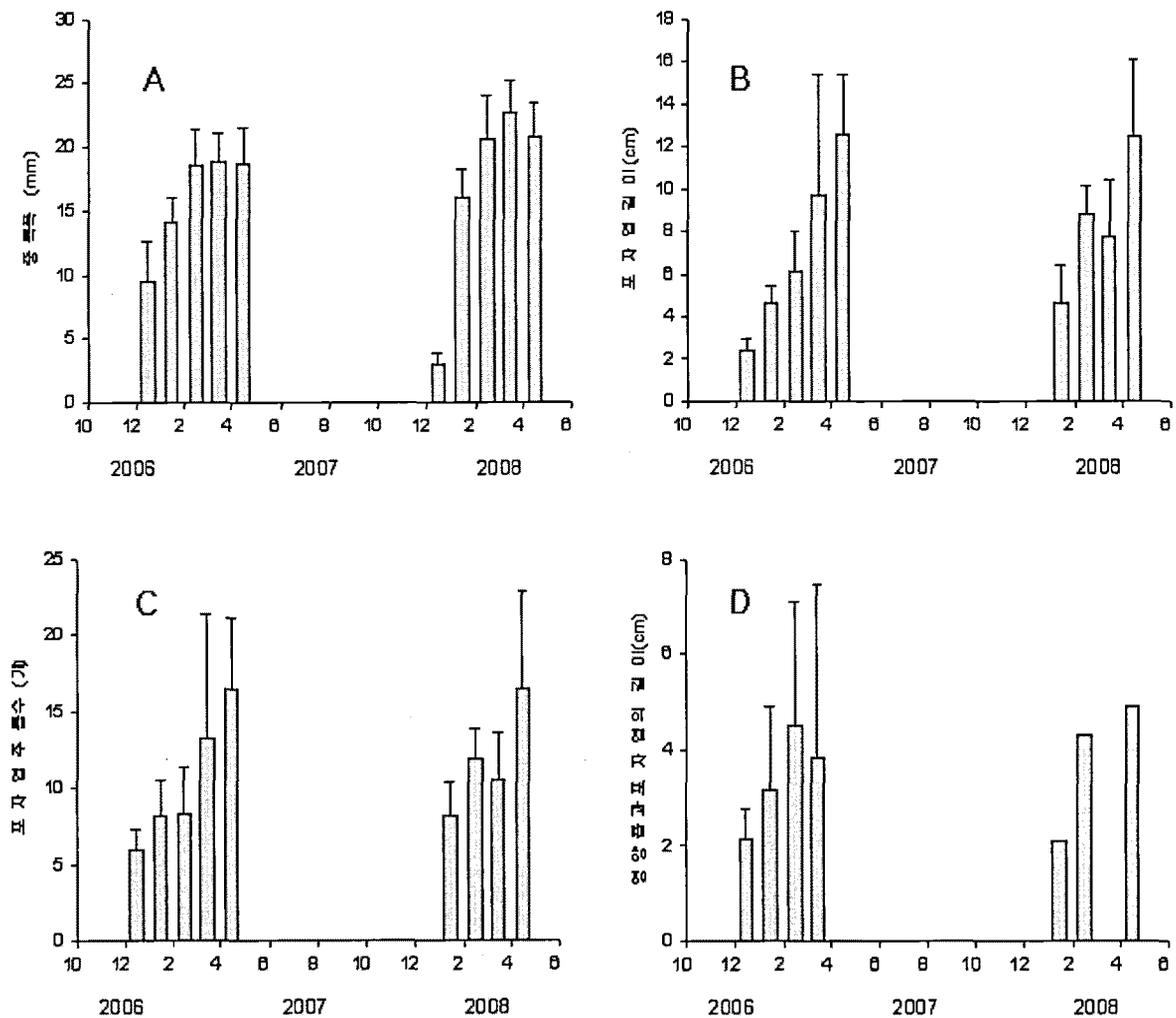


그림 11. 울산 양식 미역의 중록폭(A), 포자엽의 길이(B), 포자엽의 주름수(C), 포자엽 폭(D)의 계절적 변이.

6) 포자엽의 길이

포자엽의 길이는 계절에 따라 유의한 차이를 보였으나, 연간 유의한 차이는 보이지 않았다(그림 11B). 포자엽의 길이는 12.0-15.0 cm로 안정된 값을 보였고, 자연산 보다 3배 정도 더 길게 어자랐다. 2006년 10월에 양성한 F₁은 2월에 최대 3.5 cm까지 자랐으며, 2007년 4월에 7.5~17.5 cm(12.5 ± 2.8), 2008년 5월에 7.0~19.0 cm(12.5 ± 3.6), 그리고 2009년 4월에는 7.0~26.5 cm(15.5 ± 4.7)로 최대값을 보였다. 포자엽의 길이는 진도 독거도와 울산, 제주도 미역 품종을 구분할 수 있는 중요한 진단형질로 확인되었다.

7) 포자엽의 주름 수

포자엽의 주름 수는 계절에 따라 유의한 차이를 보였으나, 연간 유의한 차이는 보이지 않았다(그림 11C). 포자엽은 양식 2개월째부터 형성되기 시작하고, 4~5월에 최대로 성숙하였다. 포자엽의 주름수는 2007년 4월에 8~24개(16.4 ± 4.7), 2008년 4월에 8~30개(16.4 ± 6.4), 그리고 2009년 4월에 14~32개(23.5 ± 5.2)로 나타났다.

8) 영양엽과 포자엽의 길이

영양엽과 포자엽의 길이는 계절 및 세대에 따라 유의한 차이를 보였다(그림 11D). 영양엽과 포자엽의 길이는 2007년 2월에 0.5~7.5 cm(4.5 ± 2.6), 2009년 1월에 11.5~21.5 cm(25.4 ± 42.0)로 세대에 따라 차이를 보였다.

9) 중량

중량은 계절에 따라 유의한 차이를 보였으나, 연간 유의한 차이는 보이지 않았다(그림 12A). 2006년 10월에 양성한 F₁은 2007년 4월에 287.0~1,125.0 g(641.3 ± 239.0), 2007년 11월에 양성한 F₂는 2008년 4월에 182.0~1,094.0 g(580.5 ± 260.0), 2008년 11월에 양성한 F₃은 4월에 312.0~1,093.0 g(694.0 ± 236.0)으로 최대값을 보였다. 중량은 양식산이 자연산 보다 370~440% 정도 증대되었다.

10) 가용부 중량

가용부 중량은 계절에 따라 유의한 차이를 보였으나, 연간 유의한 차이는 보이지 않았다(그림 12B). 2006년 10월에 양성한 F₁은 2007년 4월에 158.0~742.0 g(400.0 ± 742.0), 2007년 11월에 양성한 F₂는 2008년 4월에 114.0~686.0 g(382.0 ± 173.2), 2008년 11월에 양성한 F₃은 3월에 137.0~629.0 g(343.2 ± 263.4)으로 최대값을 보였다. 가용부 중량은 자연산 보다 340~400% 증대되었다.

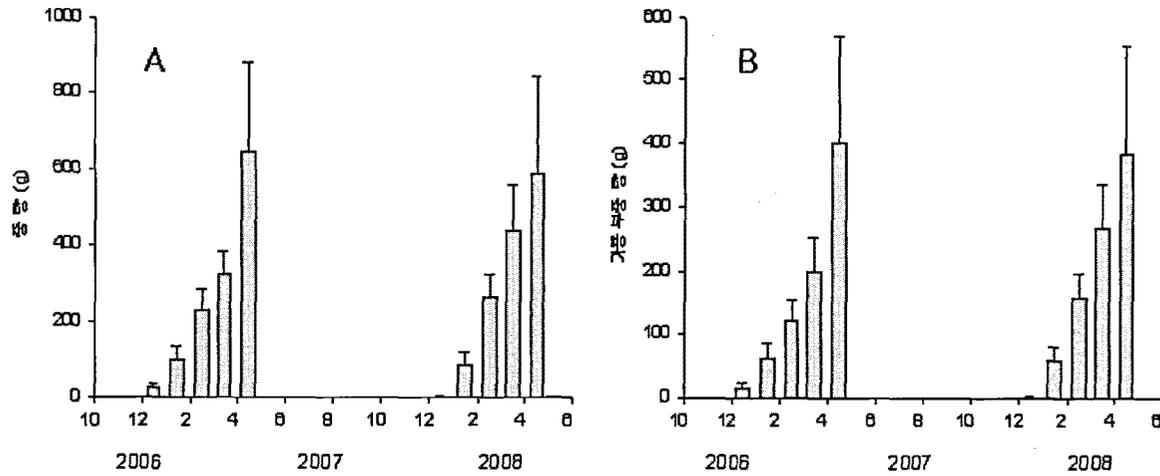


그림 12. 울산 양식 미역의 중량(A), 가용부 중량(B)의 계절적 변이.

다. 진도 독거도 미역

1) 엽체의 길이

엽체의 길이는 계절에 따라 유의한 차이를 보였으나, 연간 차이는 보이지 않았다(그림 13A). 2006년 2월에 양성한 F₁은 30일 후인 3월에 24.0~46.0 cm(33.5 ± 6.7) 이내로 성장하였으며, 양식 3개월 후인 5월에 169.0~211.0 cm(187.3 ± 13.2)로 최대로 성장하였다. 수온이 20℃로 상승하는 6월부터는 엽체의 상부가 녹아내리기 시작하였다. 2007년 1월에 양성한 F₂는 1개월 후인 2월에 25.0~34.0 cm(29.0 ± 2.8)로 성장하였으며, 4개월 후인 2008년 5월에 161.0~205.0 cm(179.1 ± 14.4) 이내로 성장하였다. 2008년 2월에 양성한 F₃은 1개월 후인 3월에 19.0~40.0 cm(27.9 ± 7.0)로 성장하였고, 3개월 후인 2009년 5월에 149.0~182.0 cm(161.4 ± 11.2)로 성장하였다. 따라서 본 연구를 통해 수확시기를 자연산보다 2~3개월 정도 앞당길 수 있는 연구 결과를 얻었다. 양식산은 열각, 열편, 줄기 등의 특징이 자연산과 큰 차이가 없었다. 양식생산성은 양식산이 자연산보다 엽체의 길이는 150~170%, 중량은 440~530%, 가용부 중량은 560~700% 향상 되었다.

2) 줄기의 길이

줄기의 길이는 계절에 따라 유의한 차이를 보였으나, 연간 차이는 보이지 않았다(그림 13B). 2006년 2월에 양성한 F₁은 30일 후인 3월에 0.4~1.7 cm(1.0 ± 0.3), 2007년 6월에 6.0~22.5 cm(10.6 ± 4.9)였다. 2007년 1월에 양성한 F₂는 1개월 후인 12월에 1.0~3.0 cm(1.8 ± 0.7), 이듬해 5월에 6.5~14.0 cm(9.4 ± 2.4)로 가장 길게 신장하였다. 2008년 2월에 양성한 F₃은 1개월 후인 3월에 0.5~2.5 cm(1.4 ± 0.5), 2009년 6월에 6.0~9.5 cm(7.7 ± 1.0)로 자랐다.

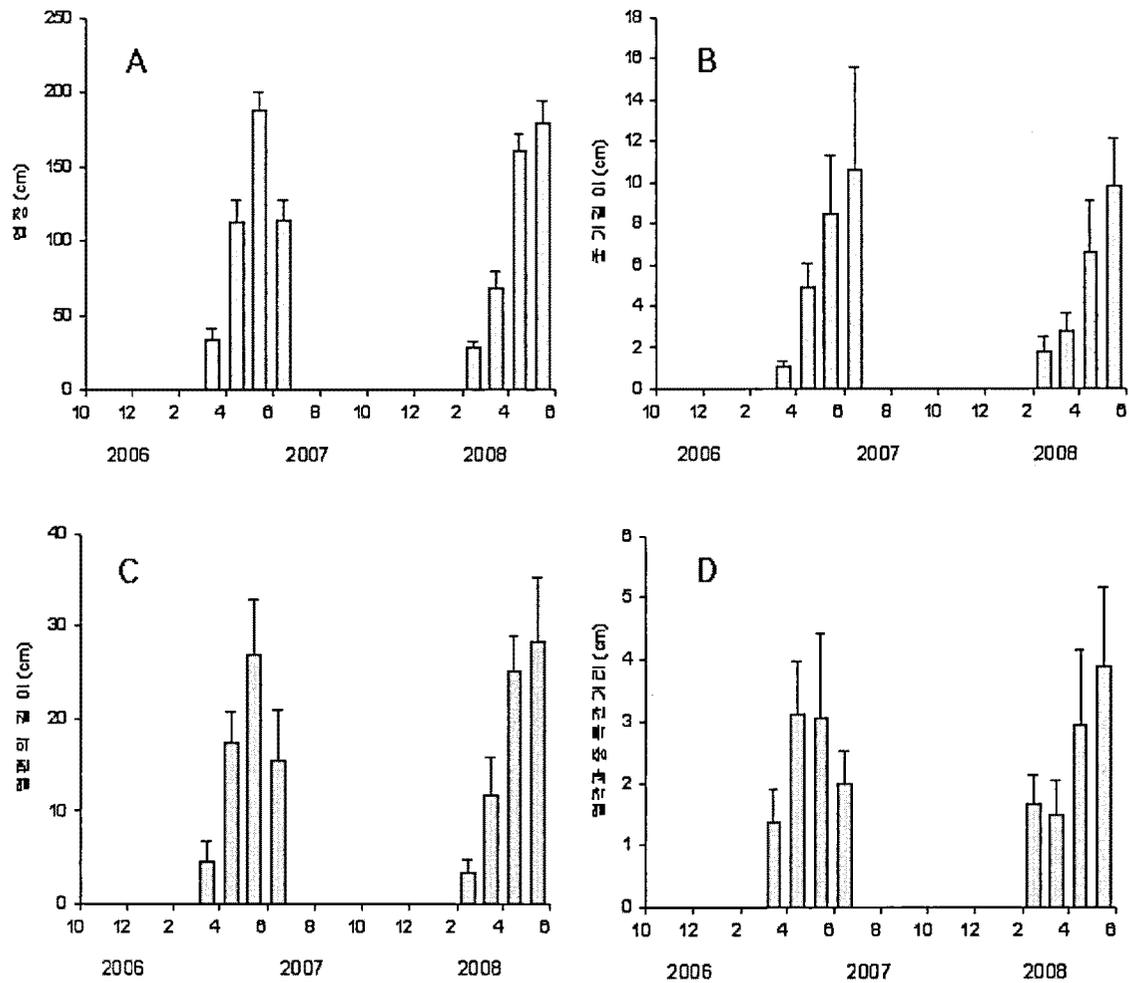


그림 13. 진도 독거도 양식 미역의 엽장(A), 줄기 길이(B), 열편의 길이(C), 열각과 중륵간 거리(D)의 계절적 변이.

3) 최대열편의 길이

최대열편의 길이는 계절에 따라 유의한 차이를 보였으나, 연간 차이는 보이지 않았다(그림 13C). 최대 열편의 길이는 2007년 5월에 12.5~36.0 cm(26.8 ± 6.0), 2008년 5월에 20.5~45.0 cm(28.3 ± 6.9), 그리고 2009년 6월에 18.5~46.5 cm(28.0 ± 7.5)로 가장 높았다. 최대 열편의 길이는 각 세대마다 26.8~28.3 cm로 안정된 값을 나타내 미역의 특성을 파악하는 유용한 형질로 확인되었다.

4) 열각과 중륵간 거리

열각과 중륵간 거리는 계절에 따라 유의한 차이를 보였으나, 연간 차이는 보이지 않았다(그림 13D). 열각과 중륵간 거리는 각 세대마다 3.1~3.9 cm로 안정된 값을 나타냈다. 2007년 5월에 1.5~5.0 cm(3.1 ± 0.9), 2008년 5월에 2.0~6.5 cm(3.9 ± 2.3), 그리고 2009년 5월에 2.0~5.0 cm(3.5 ± 0.9)로 나타났다.

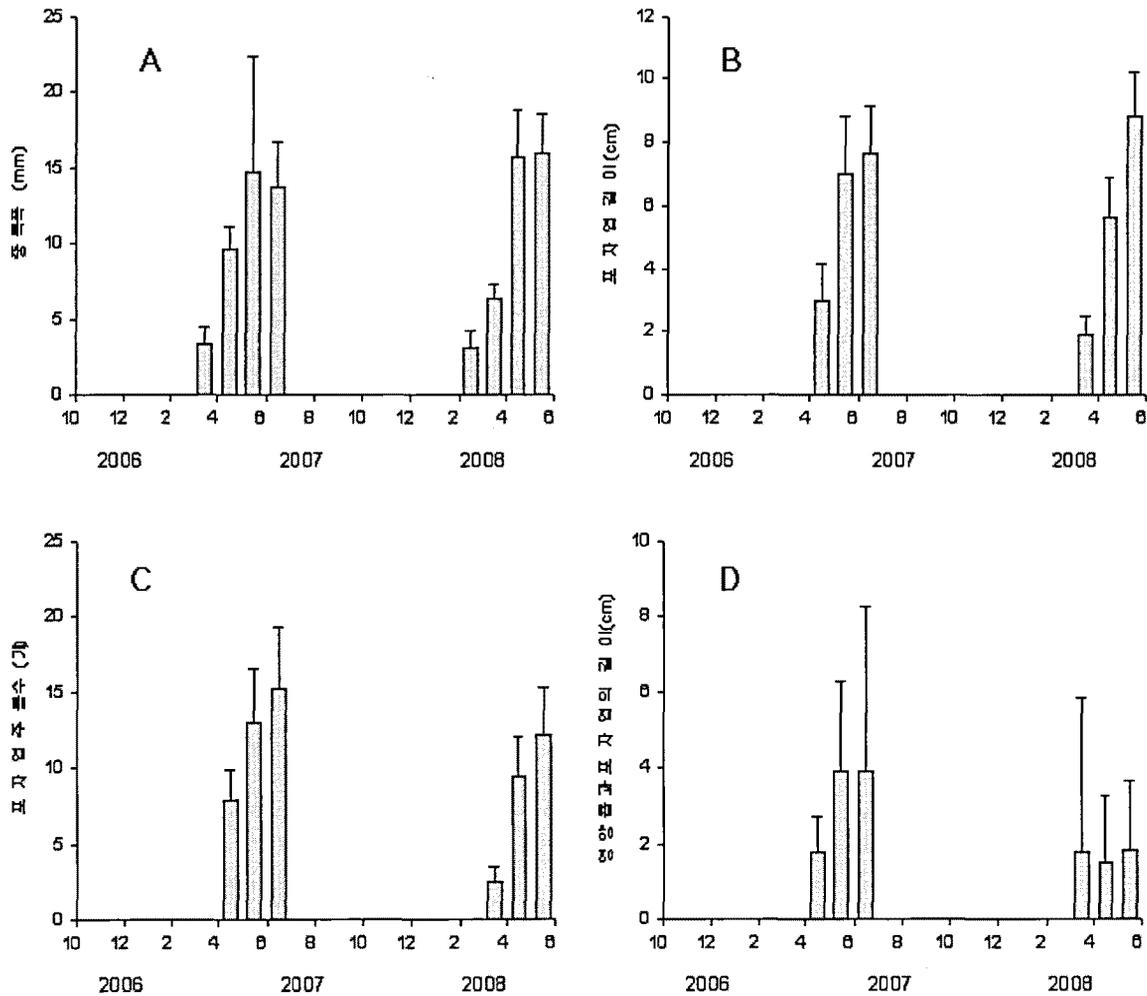


그림 14. 진도 독거도 양식 미역의 종륜폭(A), 포자엽의 길이(B), 포자엽의 주름수(C), 포자엽 폭(D)의 계절적 변이.

5) 종륜의 폭

종륜의 폭은 계절에 따라 유의한 차이를 보였으나, 연간 유의한 차이는 보이지 않았으며, 5월에 최대값을 나타냈다(그림 14A). 2007년 5월에 3.5~24.5 cm(14.7 ± 2.1), 2008년 5월에 11.0~20.5 cm(16.0 ± 2.6), 그리고 2009년 5월에 14.5~30.0 cm(18.7 ± 3.7)로 각 세대마다 안정된 값을 나타냈다.

6) 포자엽의 길이

포자엽의 길이는 계절에 따라 유의한 차이를 보였으나, 연간 유의한 차이는 보이지 않았다(그림 14B). 포자엽의 길이는 2007년 5월에 5.5~10.5 cm(7.6 ± 1.5), 2008년 5월에 6.5~12.0 cm(8.8 ± 1.4), 그리고 2009년 6월에 6.0~9.5 cm(7.7 ± 1.0)로 각 세대마다 큰 차이를 보이지 않았다.

7) 포자엽의 주름 수

포자엽의 주름 수는 계절에 따라 유의한 차이를 보였으나, 연간 유의한 차이는 보이지 않았다(그림 14C). 포자엽 형성 시기는 진도 독거도 양식산이 3~4월로 일반 미역 보다 2~3개월 늦어졌다. 포자엽의 주름 수는 2007년 5월에 10~24개(15.2 ± 4.0), 2008년 5월에 8~20개(12.1 ± 3.1), 그리고 2009년 6월에 6~16개(11.0 ± 2.9)로 각 세대별로 특별한 차이를 보이지 않았다. 따라서 본 형질도 미역의 특성을 파악하는 유용한 형질로 확인되었다.

8) 영양엽과 포자엽의 길이

영양엽과 포자엽의 길이는 계절에 따라 유의한 차이를 보였으나, 연간 유의한 차이는 보이지 않았다(그림 14D). 영양엽과 포자엽의 길이는 2007년 6월에 1.0~13.0 cm(4.0 ± 4.3), 2008년 5월에 2.0~4.0 cm(1.8 ± 1.8), 2009년 4월에 1.0~3.5 cm(2.2 ± 1.0)로 가장 길게 신장하였다. 영양엽과 포자엽의 길이도 미역의 품종을 구분하는 유용한 형질로 확인되었다.

9) 중량

중량은 계절에 따라 유의한 차이를 보였으나, 연간 유의한 차이는 보이지 않았다(그림 15B). 2006년 2월에 양성한 F₁은 2007년 5월에 77.0~205.0 g(142.3 ± 91.0), 2007년 1월에 양성한 F₂는 2008년 5월에 133.0~462.0 g(265.5 ± 91.0), 2008년 2월에 양성한 F₃은 6월에 122.0~466.0 g(239.0 ± 85.3)으로 가장 높았다. 중량은 440~530% 정도 증가하여 생산성이 크게 향상된 품종으로 개량되었다.

10) 가용부 중량

가용부 중량은 계절에 따라 유의한 차이를 보였으나, 연간 유의한 차이는 보이지 않았다(그림 15A). 2006년 2월에 양성한 F₁은 2007년 4월에 60.0~300.0 g(162.0 ± 59.6), 2007년 1월에 양성한 F₂는 2008년 5월에 47.0~270.0 g(135.0 ± 59.5), 2008년 2월에 양성한 F₃은 6월에 57.0~237.0 g(128.4 ± 48.4)으로 최대값을 나타냈다. 가용부 중량은 양식산이 자연산 보다 560~700% 증대되었다.

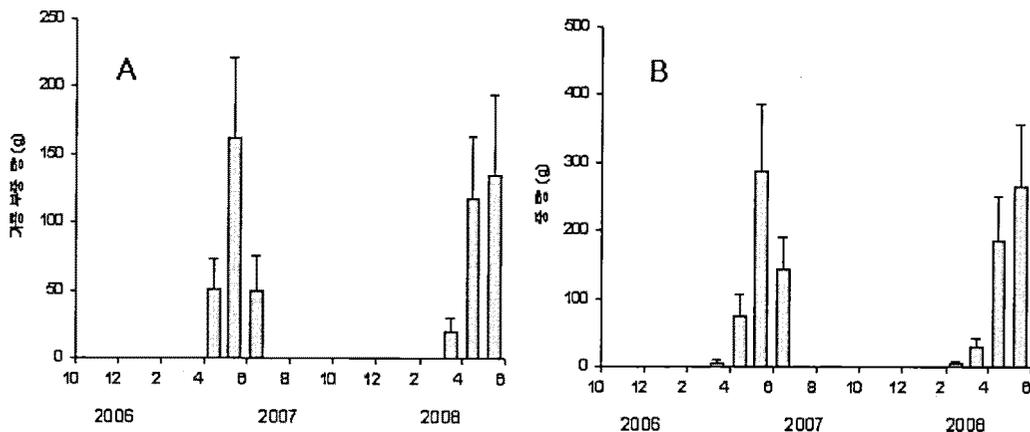


그림 15. 진도 독거도 양식 미역의 가용부 중량(A), 중량(B)의 계절적 변이.

4. 양식 미역의 성장 및 특성 조사

본 연구에서는 2005년부터 2009년까지 우리나라 미역 생산량의 90%를 차지하고 있는 전남 완도 지역에서 생산되고 있는 양식 품종(내수용, 수출용, 미역귀 가공용)을 대상으로 제 3세대까지 선발 육종하면서 형질 특성을 비교·분석하였다.

연구 결과, 수출용, 미역귀 가공용 및 내수용으로 구분되고 있는 양식 품종들은 형태적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(표 13). 엽체의 평균 길이는 F₁이 평균 321~380 cm, F₂는 평균 280~300 cm, F₃은 평균 250~275 cm로 매 세대마다 엽체의 길이가 줄어드는 경향을 보였다. 내수용 미역은 2006년 4월에 6 m까지 자란 초대형 엽체가 관찰되었지만, 그 이후에는 관찰되지 않았다. 엽체의 중량은 수출용, 미역귀 가공용, 내수용 미역 순으로 높았다. 내수용 미역은 F₁이 510~1,195 g, F₂는 937~1,447 g, F₃은 1,125~2,110 g으로 매 세대마다 생체량이 증가하는 것으로 나타났다. 수출용 미역은 평균 중량이 770~1,080 g으로 가장 낮았다. 가공부 중량은 300~900g으로 포자엽 중량(평균 170~338.5 g) 보다 1.3~2.4배 정도 높았다. 가공부 중량과 포자엽 중량의 비는 수출용(1.4~2.5)과 미역귀 가공용(1.3~2.1) 미역은 서로 유의한 차이를 보이지 않았다. 내수용 미역은 2.1~2.3으로 안정된 값을 나타냈지만, 수출용과 미역귀 가공용 미역과 큰 차이를 보이지 않았다.

따라서 우리나라에서 양식되고 있는 미역 품종은 일반적인 기준으로 보아 양식 생산성이 비교적 우수하지만 세대가 반복될수록 엽체의 길이가 짧아지는 등 품종 고유의 특징이 많이 상쇄된 교잡종의 특성을 보였다. 이는 미역 종묘 생산업체나 현장에서 어업인들이 생산 증대를 위해 품종의 특성을 고려하지 않고 포자엽의 크기가 큰 미역귀만을 선발하여 채묘를 하기 때문으로 해석되었다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 우리나라에서 양식되고 있는 미역과 자연산 미역 중에서 형질이 우수한 미역 품종의 유전자원을 발굴하고, 맛과 질감은 그대로 유지하면서 생산성과 수익성이 높은 새로운 품종을 개발하기 위한 육종연구와 우량 품종 확보를 위한 연구 지원 사업이 지속적으로 추진되어야 할 것으로 사료되었다.

표 1. 양식 미역의 형질 비교(2005-2009)

	F ₁ (2006.4)			F ₂ (2007.4)			F ₃ (2008.4)		
	수출용	내수용	미역귀	수출용	내수용	미역귀	수출용	내수용	미역귀
엽체의 길이(cm)	321.7±18.8	377.8±83.8	366.3±29.7	293.1±14.3	279.3±14.5	300.0±21.0	273.1±20.7	251.4±16.8	270.5±22.5
줄기의 길이(cm)	51.7±12.5	71.2±18.0	67.2±16.2	51.0±10.3	54.6±11.8	48.5±14.6	79.1±14.2	35.1±13.2	66.5±14.0
엽각과 중륵간 거리(cm)	9.0±1.9	10.5±1.5	9.8±1.7	8.2±2.9	12.4±1.3	9.0±3.0	8.7±2.0	15.4±5.4	9.5±2.7
중륵 폭(cm)	3.5±0.8	4.2±0.7	4.5±0.7	3.4±2.8	6.1±10.7	4.5±10.1	3.1±5.9	5.5±11.2	4.2±7.5
중륵 두께(mm)	8.5±1.0	9.0±0.8	9.3±0.7	9.7±1.6	11.0±1.6	10.5±1.2	9.1±1.1	11.9±1.1	10.5±1.1
포자엽 길이(cm)	35.4±12.8	27.7±10.0	37.0±10.8	42.2±10.8	24.8±6.1	36.5±5.9	36.7±13.4	26.8±9.3	42.5±15.2
포자엽 주름수	36.0±16.1	29.0±16.1	40.0±21.5	40.8±11.2	23.8±5.6	35.8±10.9	35.0±13.8	19.8±9.6	41.0±20.31
영양엽과 포자엽의 길이(cm)	11.4±11.4	35.9±16.9	31.1±13.7	10.6±6.4	26.2±8.8	16.6±10.7	39.6±17.3	13.6±11.6	26.5±21.5
중량(cm)	978.7±248.6	908.6±178.1	1079.7±448.7	911.8±163.6	1212.3±140.9	1153.0±271.0	771.9±137.1	1647.8±310.7	1124.5±246.8
가공부 중량(g)	545.7±131.8	368.0±60.7	555.3±185.1	470.1±99.9	551.2±89.5	502.0±180.0	304.2±80.0	894.7±247.5	461.8±164.8
포자엽 중량(g)	285.1±104.7	170.5±63.4	252.7±91.5	238.4±62.2	260.2±38.7	313.5±84.3	203.3±54.7	376.4±124.2	338.5±164.8

5. 식별 형질의 요인분석

자연산 미역 품종의 특성을 파악하기 위하여 군집분석을 수행한 결과, 본 연구에 사용된 미역 품종은 포자엽의 길이, 포자엽의 주름 수, 줄기 길이, 영양엽과 포자엽의 길이 등 4가지 형질에 의해 서로 구분되었다(그림 16). 분석에 사용된 11가지 형질 중 미역 품종을 구분하는 유용한 형질은 포자엽의 길이에 의해 98% 수준에서 강하게 지지되었으며, 포자엽의 주름 수, 줄기 길이, 영양엽과 포자엽의 길이가 중요한 식별 형질로 파악되었다.

진도 독거도산은 강력하게 지지되는 하나의 계통군을 형성하여 다른 품종들과는 형태적으로 명확하게 구분되었다. 울산 품종과 수출용 미역 품종은 하나의 계통을 이루어 밀접하게 연관된 것으로 나타났으나, 이들은 엽체의 길이에서 차이를 보였다. 제주산은 울산 및 수출용 미역 품종과 자매군을 이루고 있지만, 엽체의 중량 등에서 차이를 보였다.

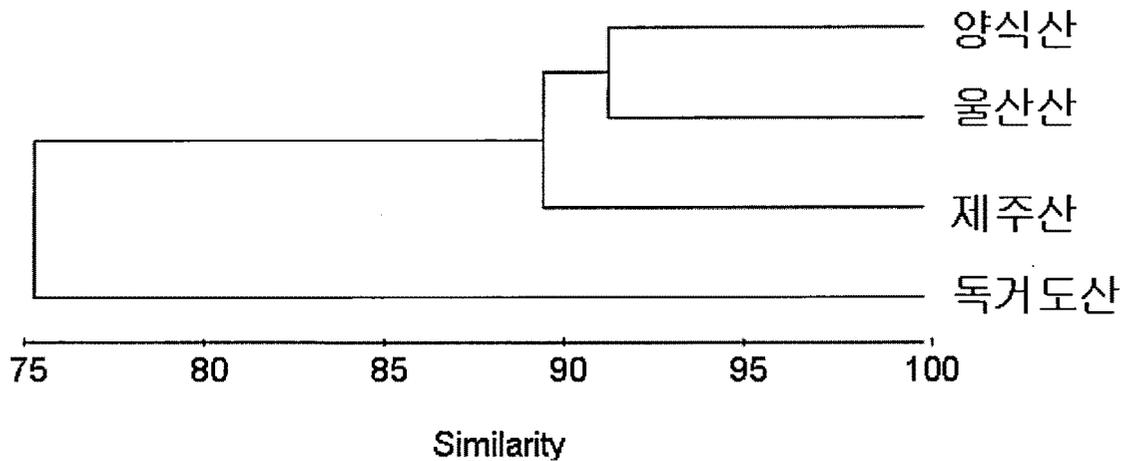


그림 16. 자연산 양식 품종과 양식 미역의 군집분석.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

본 연구는 2005~2009년까지 5년 동안 미역 선발육종 연구를 통하여 우량 품종을 개발하기 위해 수행되었다. 이를 위해 모조의 형태적 특성을 분석하고, 선발 육종한 양식품종을 제3세대(F₃)까지 양성하면서 각 세대별로 형질의 안정성과 양식 효과 비교 분석하여 선발육종에 대한 기반을 구축하였다.

자연산으로부터 선발 육종한 품종으로 양식한 미역의 형질은 변화된 해양 환경 조건에도 안정되게 발현되었으며, 생산성은 자연산보다 200% 이상 크게 증가되었다. 특히, 독거도산의 경우 자연산은 수심이 깊고, 풍파가 심하고, 조류가 강한 해양 환경에서 별도의 적응과정을 수반한 품종으로 다른 품종들과는 형태적으로 뚜렷하게 구분되었는데, 이들을 양식한 양식 품종들도 자연산의 형태적 특징을 잘 유지하고 있어 이들 형질들은 유전적으로 안정된 형질로 해석되었다.

독거도산은 양식산이 자연산보다 체장은 2.0배, 가용부 중량은 7배 증가하였고, 수확시기도 2~3개월 앞 당겨졌다. 제주산은 자연산 보다 생산성이 2배 이상 향상되었다. 울산산은 열각이 길게 발달하는 형태적 변화를 수반하였으나, 생산성은 자연산 보다 2~4배 이상 향상되었다. 따라서 자연산 미역 중에서 품질이 우수한 품종을 선발·육종하여 양식할 경우, 맛과 질감은 그대로 유지되면서 생산성 증가가 뚜렷한 양식 품종이 육성되어 지역 특산품종의 브랜드화가 가능한 것으로 사료되었다.

한편, 자연산으로부터 선발 육종한 품종의 F₃ 세대를 대상으로 군집분석을 수행한 결과, 이들 품종은 포자엽의 길이, 줄기의 길이, 포자엽의 주름수, 영양엽과 포자엽 간의 길이 등 4가지 형질에 의해 서로 구분되었으며, 열각과 중륜 사이의 거리, 최대 열편의 길이, 가용부 및 포자엽 중량 등 4가지 형질도 품종을 구분하는데 좋은 형질로 확인되었다. 반면, 완도 지역에서 수출용, 미역귀 가공용 및 내수용으로 양식되고 있는 미역 품종들은 형태적으로 구분이 어렵고, 세대가 반복될수록 엽체의 길이가 짧아지는 등 품종 고유의 특징이 많이 상쇄된 교잡종의 특성을 보였다. 이는 미역 종묘 생산업체나 현장에서 어업인들이 생산 증대를 위해 품종의 특성을 고려하지 않고 포자엽의 크기가 큰 미역귀만을 선발하여 채묘를 하기 때문으로 해석되었다. 특히, 완도에서 양식되고 있는 미역 품종은 일본산이 대부분으로 이들 품종은 계속된 양식으로 품종 고유의 특징을 잃거나 부분적으로 열성화 단계에 있는 것으로 추정되었다.

본 연구결과에서 도출된 미역 품종의 특성분석 결과는 품종개발 및 식물품종보호제도의 신품종 심사기술에 활용될 것이며, 현재, 해조류바이오연구센터에서 배양하고 있는 지역별(독거도, 울산, 제주) 품종을 대량으로 배양하여 보급하면, 양식 품종 대체 및 지역 특산품종의 브랜드화가 가능하여 미역 산업에 새로운 활력소가 될 것으로 기대된다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

본 연구에서 얻어진 결과의 활용계획은 다음과 같다.

1. 차별화된 지역별 자생종을 보급함으로써 미역 양식의 브랜드화 유도
2. 열성화된 양식품종을 대체하여 생산성을 높여 해조류 양식어가의 경영경쟁력 확보
3. 미역의 대량생산에 연계한 다양한 가공제품의 개발, 건강보조식품의 개발, 다양한 의약품의 원료 추출에 관계된 바이오산업에 활용
6. 미역의 인공양식은 부영양염의 제거, 다양한 기질 및 지역의 해중립 조성, 여름철고수온기 전복의 보조먹이원의 확보에 활용

본 연구를 통하여 미역의 지역별 자생종을 선발 육종하여 양식할 경우 고유의 형질을 유지하는 것으로 밝혀졌으며, 지역 브랜드화가 가능하여 미역 양식 산업의 구조개선과 활성화에 기여할 것으로 사료된다. 따라서 어업인의 소득향상을 위하여 지속적인 지역 자생 우량품종 선발 및 육종된 품종을 대량 배양하여 보급하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

제 6 장 참고문헌

- 김형섭, 김선미, 장형석, 권천중, 황일기. 2010. 미역속의 계통지리와 종분화. 한국조류학회 학술발표 초록집, 29.
- 남해수연사업보고. 1995. 미역 우량종 선발육종 시험 보고서, 190-197.
- 남해수연사업보고. 1996. 미역 우량종 선발육종 시험 보고서, 136-144.
- 남해수연사업보고. 1997. 미역 우량종 선발육종 시험 보고서, 210-220.
- 농림수산식품부. 2009. 농림수산물통계연보, 453 pp.
- 손철현. 1984. 온산만일대 양식미역의 형태변이에 관하여. 부산수산대학연구보고 24: 5-12.
- 이금열, 손철현. 1993. 동일양식장에서 성장시킨 미역의 품종간 형태적 특성과 양식 효과. 한국양식학회지 6, 71-87.
- 해조류바이오연구센터. 2005. 완도군 해조류 우량종묘 생산 및 연구개발사업 중간보고서, 113 pp.
- Akiyama, K. 1965. Studies of ecology and culture of *Undaria pinnatifida* (Harv.) Sur.II. Environmental factors affecting the growth and maturation of gametophyte. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 25, 143-170 (in Japanese).
- Akiyama, K. and Kurogi M. 1982. Cultivation of *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar, the decrease in corps from natural plants following crop increase from cultivation. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 44, 91-100 (in Japanese).
- Brown, M.T. and M.D. Lamare. 1994. The distribution of *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar within Timaru Harbour, New Zealand. Jpn. J. Phycol., 42, 63-70.
- Chang JW and YK Chung. 1970. Studies on the culture of sea-mustard, *Undaria pinnatifida* (HAR.) SUR., 2. On the productivity of cultivated sea-mustard. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 5, 77-83.
- Chung YK and DY Chung. 1967. Studies of the artificial seedling production and growth of *Undaria pinnatifida* (HAR.) SUR. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 1, 143-152.
- Choi H.G., Kim Y.S., Lee S.J. and Nam. K.W. 2007. Growth and reproductive patterns of *Undaria pinnatifida* sporophytes in a cultivation farm in Busan, Korea. J. Appl Phycol, 19, 131-138.
- Dring M.J. 1992. The Biology of Marine Plant. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 147-160.

- Graham L.M. and Wilcox L.W. Algae. Prentice Hall, NJ, 640 pp.
- Kato, T. and Y. Nakahisa. 1961. Studies on the culture of *Undaria pinnatifida*. Bull. Tokushima Pref. Fish. Exp. Sta., 3, 3-36 (in Japanese).
- Kito H, Taniguchi K and K Akiyama. 1981. Morphological variation of *Undaria pinnatifida* (HARVEY) SURINGAR-II. Comparison of the thallus morphology of cultured F₁ plants originated from parental types of two different morphologies. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab. 42, 11-18.
- Hay C.H. 1990. The Dispersal of Sporophytes of *Undaria pinnatifida* by Coastal Shipping in New Zealand, and Implications for Further Dispersal of *Undaria* in France Br. Phycol. J., 25, 301-313.
- Hue, J.S., Y.G. Gong, D.Y. Lee and K.W. Nam. 1995. Studies on the free living culture of gametophyte of *Undaria pinnatifida*. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, 49, 209-217 (in Korean).
- Okamura K. 1915. *Undaria* and its species. Bot. Mag. Tokyo, 29, 269-281.
- Peteiro C. 2008. A new record of the introduced seaweed *Undaria pinnatifida* (Laminariales, Phaeophyceae) from the Cantabrian Sea (Northern Spain) with comments on its establishment., 3(4), 413-415.
- Rho, Y.G., Y.G. Gong, D.Y. Lee, Y.C. Cho and J.W. Jang. 1993. On the parasitic Copepod (Harpacticoida) in the cultivated brown alga, *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, 47, 197-210 (in Korean).
- Saito Y. 1960. An ecological study of *Undaria pinnatifida* SUR.-V. On the shape of cultured fronds-1. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 26, 250-258.
- Saito, Y. 1956a. An ecological study of *Undaria pinnatifida* Sur. I. On the influence of environmental factors upon the development of gametophytes. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 22, 229-234 (in Japanese).
- Saito, Y. 1956b. An ecological study of *Undaria pinnatifida* Sur. II. On the influence of environmental factors upon the maturity of gametophytes and early development of sporophytes. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 22, 229-234 (in Japanese).
- Segi, T. and Kida W. 1958. Studies on the development of *Undaria undarioides* (Yendo) Okamura (II). On the development of sporophytes and influence of light intensity on it. Fac. Fish. Pref. Univ. Mie., 2, 517-525 (in Japanese).
- Silva P.C. Woodfield R.A., Cohen A.N., Harris L.H. and Goddard H.R. 2002. First

- report of the Asian Kelp *Undaria pinnatifida* in the northeastern Pacific Ocean. *Biological Invasions.*, 4, 333-338.
- Valentine P.V. and Johnson C.R. 2003. Establishment of the introduced Kelp *Undaria pinnatifida* in Tasmania depends on disturbance to native algal assemblages., *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 295, 63-90.
- Zabin C.J, Ashton, G.V, Christopher, W., Brown and Gregory M. R. 2009. Northern range expansion of the Asian Kelp *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar (Laminariales, Phaeophyceae) in western North America., 4(3), 44-434
- Taniguchi K, Kito H and K. Akiyama. 1981. Morphological variation of *Undaria pinnatifida* (HARVEY) SURINGAR-I. On the difference of growth and morphological characteristics of two types at Matsushima Bay. Japan. *Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.* 42, 1-29.
- Yamanaka, R. and K. Akiyama. 1993. Cultivation and utilization of *Undaria pinnatifida* (wakame) as food. *J. Appl. Phycol.*, 5, 249-253.
- 谷口和也. 1996. 海中林造成の基礎と実践. 藻類 44, 103-108.
- 大野正夫. 1985. 海中林その生態と造成技術. 月刊海洋科学 17, 706-713.