

동해안 고유종 긴잎돌김(*Porphyra pseudolinearis*)의 생태학적 연구

김영대* · 이 주 · 손용수 · 최재석¹ · 김동삼 · 홍용기¹

국립수산과학원 동해수산연구소 양식연구팀, ¹부경대학교 생물공학과

Received December 20, 2003 / Accepted February 22, 2004

Ecological Study on the Seaweed *Porphyra pseudolinearis* Originated from the East Sea, Korea. Young-Dae Kim*, Chu Lee, Yong-Su Son, Jae-Suk Choi¹, Dong-Sam Kim and Yong-Ki Hong¹. *Aquaculture Division, East Sea Fisheries Research Institute, Gangneung 210-860, Korea, ¹Department of Biotechnology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea* – Growth and sexual differentiation of the seaweed *Porphyra pseudolinearis* Ueda have been investigated monthly in the intertidal zone of the East Sea, Korea. Young blades of *P. pseudolinearis* appeared at the beginning of October. Carpospores were released at the end of November immediately after carposporangia formation. Then the thalli of *P. pseudolinearis* were extinguished at the end of March. Young thalli were budded through the stages of conchocelis and conchospore. Thalli showed lanceolate type in shape, cordate type in holdfast, absence of microscopic spinulate process and sexual generation. Ratios of length to width in female thalli ranged from 5.6 to 7.4 at the maturation in December and slightly decreased 3.3 to 4.8 in January and 4.9 to 7.3 in December while the ratios of male thalli ranged from 4.2 to 4.8 in January. On October 12, average five individuals were observed in a quadrat (30 cm×30 cm), 238±18 individuals for the maturation stage in December and then it was reduced to 150 individuals in February and 15 individuals in March. Average sex ratios for female, male and vegetative thalli were 31.3% 46.9% and 21.9% respectively in early December, the beginning time of sex maturation. The sex ratio of female and male thalli in December 17, changed to 69.4%, 30.6% respectively.

Key words – carpospore, differentiation, growth, *Porphyra pseudolinearis*, seaweed

우리나라에서 김 속(genus *Porphyra*) 식물은 12종 2품종이 분포하는 것으로 알려져 있으며, 이들 중, 동해안에 분포하는 종으로는 카타다돌김(*P. katadae*), 긴잎돌김(*P. pseudolinearis*), 오카무라돌김(*P. okamurae*), 비단잎돌김(*P. venusta*), 그리고 방사무늬돌김(*P. yezoensis*) 등 5종이 분포하는 것으로 알려져 있다. 이들중 카타다돌김, 긴잎돌김, 오카무라돌김, 비단잎돌김은 동해고유종이다[4,5].

우리나라의 김 양식 역사는 19세기 중엽에 오늘날 뜬밭의 원형인 떼밭이 개발되었고, 근대양식의 시작인 1960년대에 인공채묘 기술과 망 보급으로 시설증가와 양식방법이 개선되면서, 1970년대 후반부터 외해 어장을 중심으로 부류식과 냉동망의 개발 보급으로 시설량이 급증하였으며, 부류식에 알맞은 적정품종이 보급되면서 대량생산 단계에 들어서게 되었다[25]. 근대 양식 초창기인 1960년대에 참김이 대부분이었으나 양식기술의 발전으로 갯벌에 강한 방사무늬김으로 바뀌어지게 되었으며[7], 1970년대부터는 일본에서 선발육종된 큰 참김, 큰 방사무늬김이 도입되면서 우리나라 김 양식 산업에 주종으로 자리잡게 되었다[10]. 1980년대에 국내 자연산 돌김의 선발육종 시험이 시도되기 시작하였고 최근에 일부 지역에서 양식이 시작되고 있다.

우리나라 김 양식업계의 중요 관심사는 다수확이었으며, 따라서 육종목표는 성장력이 우수하고, 대형이며 착생밀도가 좋은 요소를 기준으로 양식집단으로부터 선발하여, 재배품종으로 확립되어진 계통이었다. 이러한 품종의 출현으로 생산이 획기적으로 증가되었지만, 품질이 열성화되는 현상이 나타나고 있어 우수한 자연산 돌김의 품종개발이 필요한 실정이다.

긴잎돌김은 동해안 고유의 조생종으로 맛과 향이 뛰어나며, 파도가 높은 외해에서도 양식이 가능한 것으로 알려져 있다[11]. 또한 생식유형이 자웅이체이기 때문에 교잡종으로 응용 가능한 장점이 있다.

김은 기호식품으로서 뿐만 아니라 의약적으로도 주목받고 있는 종[1,24,29,30]으로 온대역의 김류[3]와 한해역에 서식하는 종[15,16]이 있으며, 김류의 생활사 연구가 실험실내에서도 많이 이루어져 있으나[8,9,17,18,20-22,26] 생태와 생활사 연구가 부족하며 따라서 긴잎돌김의 양식화를 진행시키기 위한 기초연구로서 우선 자연 서식지에서 생물계절에 의한 생식기 발달 및 특징과 성장 및 개체수변화 등 긴잎돌김의 생태학적 특성을 구명하고자 한다.

재료 및 방법

채집장소 및 환경

긴잎돌김은 강원도 강릉시 주문진 소돌지역의 암반지대에서 채집하였으며 환경분석을 위해 2개월 간격으로 해수의 수

*Corresponding author

Tel : +82-31-660-8563, Fax : +82-33-661-8514

E-mail : ydkim@nfrda.re.kr

온, 비중, 염분 및 영양염을 분석하였다. 수온과 염분은 다기능 수질측정기(YSI 6000)로 측정하였고, 비중은 비중계 B 타입으로, 영양염은 자동영양염측정기(Traacs 2000, 4 channel, Auto sampler)를 사용하여 측정하였다.

엽체 성장의 계절변화

엽체 성장의 계절변화를 확인하기 위하여 채집시기는 엽체가 발아하는 시기인 10월부터 다음 해 끝 녹음이 일어나는 3월 말경으로 하여, 반경 10미터 이내의 동일장소에서 채집하였으며, 각 시기마다 100개체 이상을 채집하여 엽장과 엽폭을 측정하였다.

개체수 및 성숙시기

긴잎돌김의 시기별 발생하는 개체수를 조사하기 위하여, 30 cm×30 cm의 방형구에서 생육하는 개체수를 계수하였다. 100 개체를 대상으로 엽체 모형, 모근모양을 조사하였고, 시기별로 4번 시행하여 평균값을 구하였다. 암·수배우체의 비율을 구하기 위하여, 성분화 기간 동안 4차례 걸쳐 성분화시 나타나는 체형 변화를 100개체씩을 엽장과 엽폭을 측정하였으며, 시기별 크기 및 분포도를 작성하였다.

형태 특성

긴잎돌김의 분류를 위해 색깔, 체형, 모근모형, 엽체 가근부의 거치상돌기 유무, 성숙기의 정자낭과 과포자낭의 세포분열 형식등을 Hwang[4]의 자료를 참고하여 조직절단 후, 현미경으로 검경하였다.

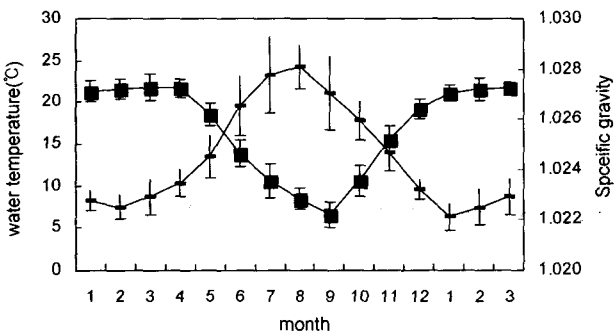


Fig. 1. Monthly variations of the water temperature (■) and specific gravity (●) at the sampling area in Jumunjin, Kangwondo from January 2000 to March 2001.

결 과

긴잎돌김 서식지의 환경 특성

강원도 강릉시 주문진의 수온은 9월에 22.5°C에서, 유엽이 나타나는 시기인 10월에는 18.1°C(비중 1.0254)로 4°C 이상의 큰 차이로 하강하였고, 성성숙기인 12월에는 10.1°C(비중 1.0265)로 수온이 급격히 하강하였으며, 과포자낭의 방출이 마무리되고, 끝 녹음이 나타나는 2월경에 7.5°C(비중 1.0272)를 나타내다가 소멸시기인 3월에는 8.7°C(비중 1.0272)를 나타내었다(Fig. 1). 주문진지역의 영양염 분포는 여름철에 많은 부유물질이 생겼으나, 수온이 낮아지는 겨울에는 부유물질의 변화가 거의 없었다. 김의 성장에 중요한 역할을 하는 총 질소의 경우, 여름에 비하여 겨울이 높게 나타났다. 총 인의 경우, 시험기간 내에 일정한 변화는 없었다(Table 1).

엽체 성장의 계절변화

긴잎돌김의 서식지는 조간대 상부에 분포하며, 동해안 고유종인 오카무라돌김과 함께 발견되었으며, 오카무라돌김보다 윗쪽에 분포하였다. 긴잎돌김의 엽체 발생시기는 10월 초순경이었으며, 엽장은 평균 39.3±9.1 mm로 나타났으며, 엽폭은 평균 6.2 mm±3.6 mm로 나타났다(Figs. 2, 3A, 3B). 엽체 중부의 두께는 34~67 μm로 영양세포 모양은 표면에서 보면 사각 또는 삼각형으로 불규칙하게 배열되어 있으며 절단에 의한 단면으로 보면 사각형 또는 장타원형이었으며 표면에서의 크기는 가로 7~17 μm, 세로 21~27 μm, 단면은 18~42 μm였다. 성 성숙이 시작되는 12월 초순경의 평균 엽장은 98±33.0 mm, 평균 엽폭은 11.1±5.9 mm이었으며(Figs. 3C, D), 현미경으로 관찰하면 암컷배우체의 경우 엽체에 거북등 모양의 과포자낭의 두께는 42~84 μm의 크기로 형성되었으며 선명한 검붉은 색상을 띤다(Fig. 3G). 수컷배우체도 현미경으로 검경하면 엽체 가장자리에 영양세포 크기의 약 1/4정도인 3.2~5.3 μm크기의 정자가 방출되어져 있는 모습을 관찰할 수 있었다(Fig. 3F). 이후 12월 말경 평균 엽장이 149.5±68.7 mm, 평균 엽폭은 22.5±12.6 mm있었으며, 성성숙이 완료되는 시점인 2월 초순경의 평균 엽장은 98.8±35.0 mm, 평균 엽폭은 28.2±7.7 mm였다. 끝녹음이 완료되어 엽체가 사라지는 시점인 3월 말경의 평균 엽장은 29.6±21.4 mm이었다(Fig. 2). 긴잎돌김의 정자낭 분열 형식은 64(a/4, b/2, c/8)이며, 과포자낭 분열 형

Table 1. Summary of seawater characteristics measured from February 2000 to March 2001 at Jumunjin, Kangwondo

Month	Salinity (‰)	pH	DO (mg/l)	COD (mg/l)	T-N (μg/l)	T-P (μg/l)	SS (mg/l)
2000. Feb.	29.04	8.00	8.05	0.41	9.9286	0.4063	13.40
May	31.84	8.04	8.05	0.37	7.8571	0.4063	16.00
Sept.	29.00	7.98	7.57	0.89	6.5000	0.1563	12.30
Nov.	33.31	8.00	8.29	0.99	16.4286	0.3750	1.10
2001. Jan.	32.21	8.01	8.01	0.91	24.4286	0.0938	3.10
Mar.	31.90	8.02	8.03	0.23	2.2857	1.0000	7.90

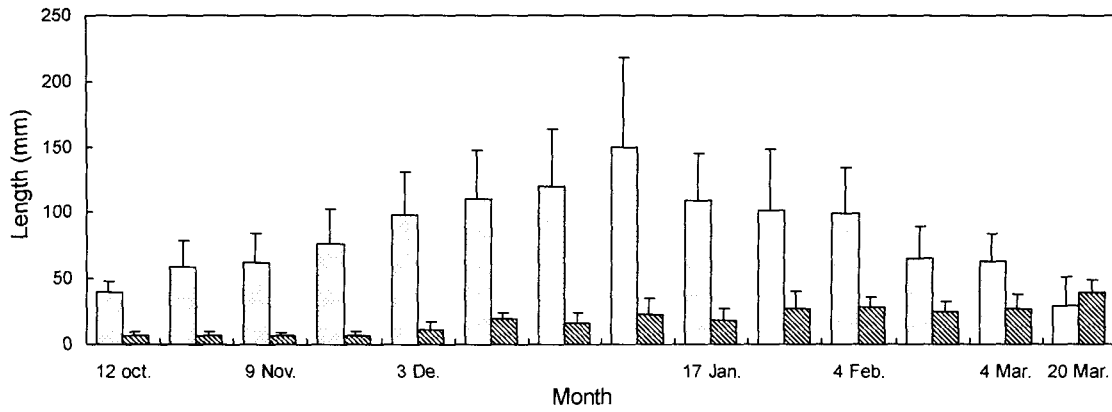


Fig. 2. Growth of thalli length (□) and width (▨) at natural habitats from October 2000 to March 2001.

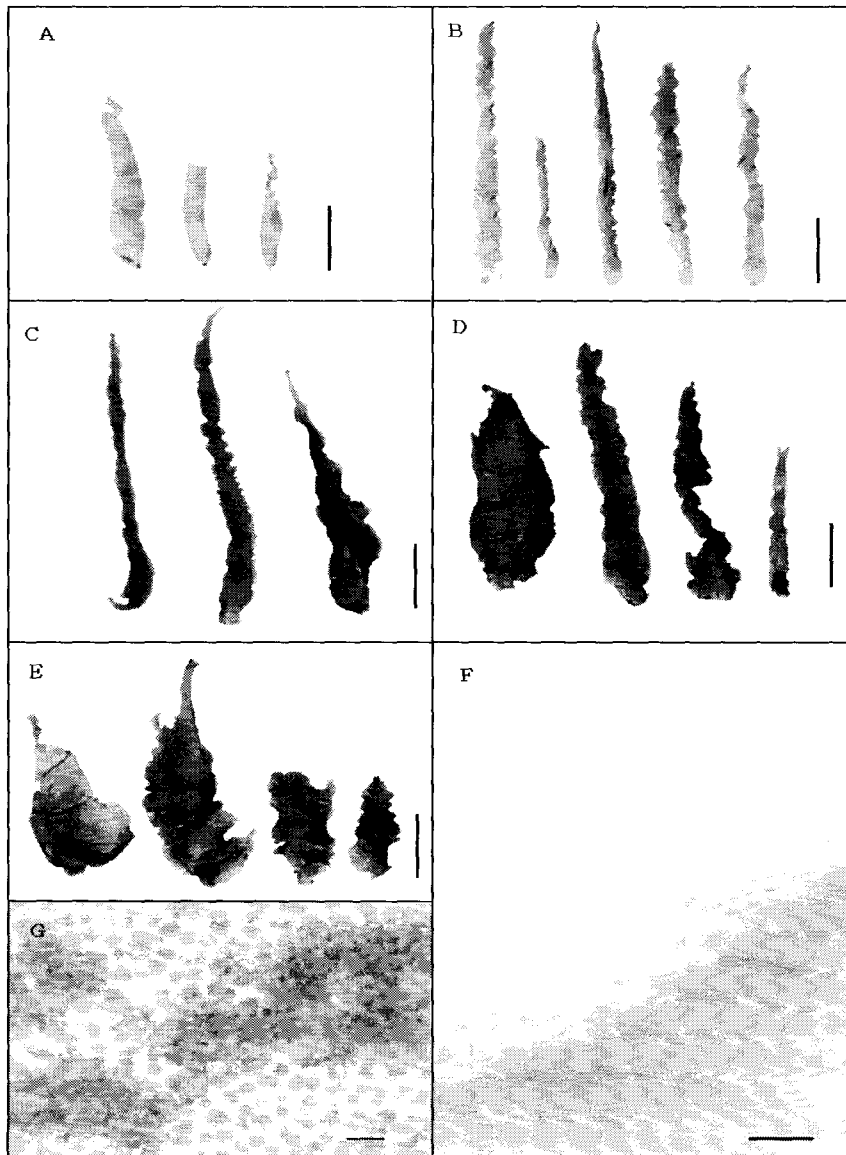


Fig. 3. Typical thalli of *Porphyra pseudolinearis*. A and B, young thalli. C, male thalli. D, Female thalli. E, old thalli. F, margin of male thalli. G, carposporangial patches. (Scale bars: A, 2 cm. B-E, 5 cm. F, 20 μ m. G, 40 μ m.)

식은 $32(a/4, b/2, c/4)$ 이나, 가끔은 $16(a/2, b/2, c/4)$ 으로 나타나기도 했다.

긴잎돌김의 성장 기간동안 엽장 분포도 변화는 발생초기인 10월의 경우 40~80 mm에 주로 분포하였고, 엽폭의 경우 10~20 mm에 분포하였다. 11월의 엽장은 80~100 mm에 주로 분포하였고, 엽폭은 여전히 10~20 mm에 주로 분포하였다. 성숙기가 시작되는 12월에 엽장의 경우, 80~180 mm에 주로 분포하여 성장이 계속되었고, 480 mm에 분포하는 개체도 있었다. 엽폭은 20~40 mm로 엽장과 더불어 성장하였다. 성숙이 마무리되고 포자 방출이 이루어지는 1월의 경우, 60~100 mm로 엽장의 길이가 줄어드는 모습을 나타내었으나, 엽폭의 경우 20~50 mm로 주로 분포할 만큼 엽폭이 점차 커지는 경향을 나타내었다. 2월의 엽장 경우 60~80 mm로 끝녹음현상이 가속화되고, 엽폭은 20~50 mm가 주로 분포하였다. 김이 소멸되는 시기인 3월은 엽장의 경우 초순에는 60~80 mm에 주로 분포하나, 말경에는 20~60 mm로 더욱 작아졌으며, 엽폭은 20~50 mm에 분포하나 30 mm 이후에 더 많이 분포하였다(Fig. 4).

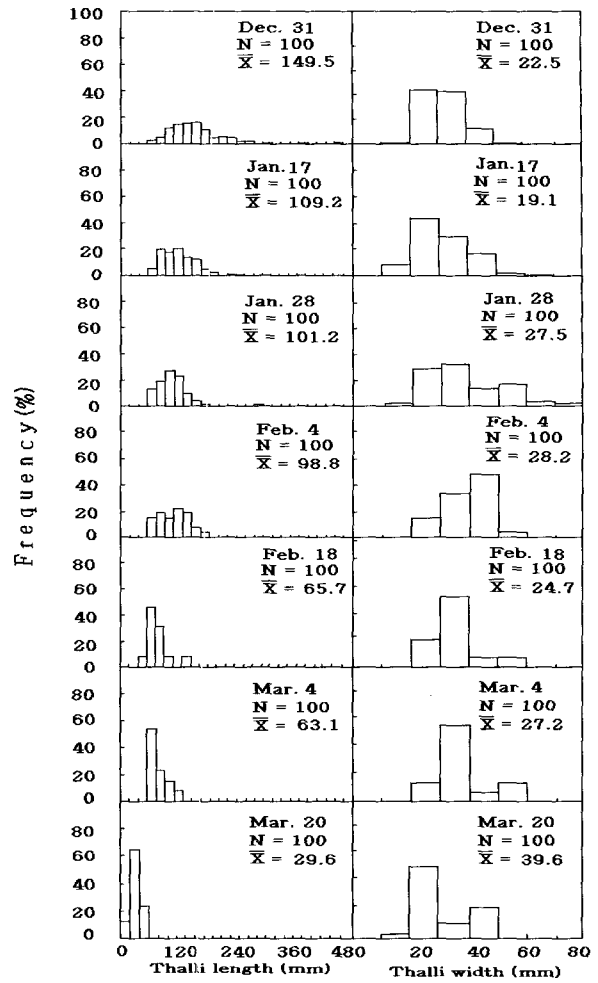
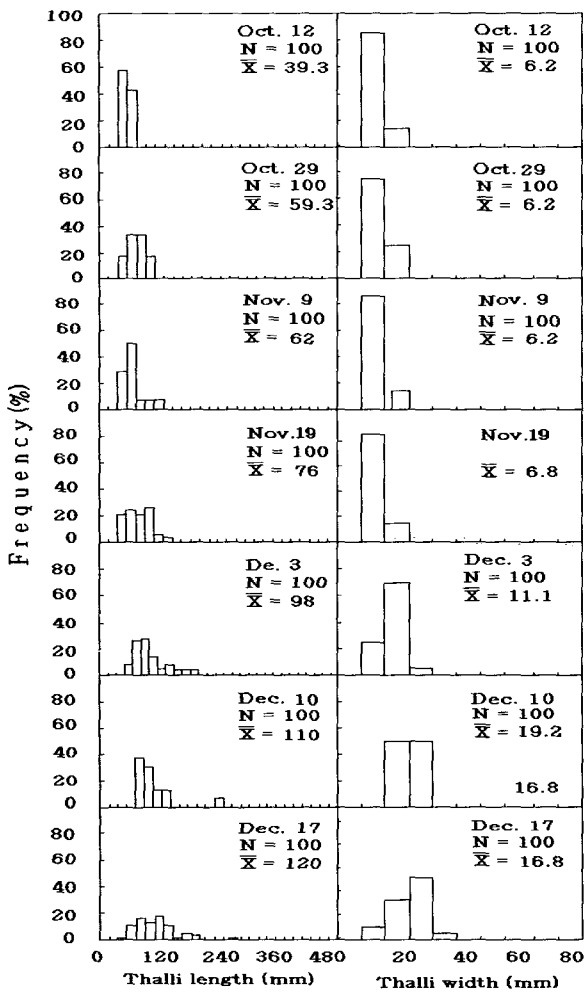


Fig. 4. Continued.

엽장/엽폭비의 월간 변화는 엽체가 발생하는 시기인 10월에 6.3~9.6으로 낮은 비율을 보이다가 11월에 10.0~11.2로 급격히 높아졌다가 1월에 3.6~3.9를, 소멸기인 2월에 2.7~3.5를 보였다(Table 2). 성숙기의 엽장/엽폭비의 월간 변화는 암컷배우체의 경우, 12월에 5.6~7.4를 보이다가 1월에 3.3~4.8로 낮아지는 경향을 보였다. 수컷배우체의 경우, 12월에 4.9~7.3를 나타내다가 1월에 4.2~4.8을 나타내었다(Table 3).

체형특성

일반 김류에 있어 엽체 모형은 다수가 있으나, 긴잎돌김에

Table 2. Ratios thalli length to thalli width from wild populations of *Porphyra pseudolinearis* during growth period.

Month	Ratio (length/width)
Oct. 12, 2000	6.3~9.6
Nov. 19, 2000	10.0~11.2
Dec. 17, 2000	6.6~8.8
Jan. 17, 2001	3.6~3.9
Feb. 18, 2001	2.7~3.5
Mar. 20, 2001	2.3~0.8

Fig. 4. Frequency changes of thalli length and width from wild populations of *Porphyra pseudolinearis* during growth period.

Table 3. Length to width ratios of male and female thalli of *Porphyta pseudolinearis* during mature periods

Sex	Month	Ratio (Length/Width)
Female	Dec. 10, 2000	5.6~7.4
	Jan. 28, 2001	3.3~4.8
Male	Dec. 10, 2000	4.9~7.3
	Jan. 28, 2001	4.2~4.8

있어서의 엽체모형은 선형(Linear type)이 38%, 피침형(Lanceolate type)이 62%를 나타내었다. 김류에 있어 모근모양은 4가지로 분류되나, 이번 연구에 밝혀진 김잎돌김의 모근형태는 심장형(Cordate type)이 71%, 쐐기형(Cuneate type)이 29%로 나타나 심장형의 모양이 많았다(Table 4).

자연서식지에서의 개체변화

자연서식지에서의 시기별 개체수 조사에서 10월 초순경 30cm×30cm 정사각형내에 5개체가 나타났으나, 11월 9일에 37개로 점차 증가하다가 12월 3일에 120개로 대폭 개체수가 증가하였다. 성 성숙기인 12월에 238±18개를 유지하다가, 2월 18일에 150개, 3월 18일 15개로 거의 소멸하였다(Fig. 6).

자연서식지에서의 암수비율조사

성 성숙기간 동안 조사한 암·수배우체의 성비조사에서 성 분화가 시작되는 시점인 12월 3일에 암컷배우체의 비율은 평균적으로 31%, 수컷배우체는 47%, 영양세포는 22%로서 영양세포 및 수컷배우체의 비율이 높았다. 12월 17일에는 암컷배우체 69.4%, 수컷배우체가 30.6%로 나타났으며, 이때 완전히

Table 4. Blade and base shapes of *Porphyra pseudolinearis* from natural habitats in Jumunjin Korea.

Blade		Base	
Linear type	Lanceolate type	Cuneate type	Cordate type
38%	62%	29%	71%

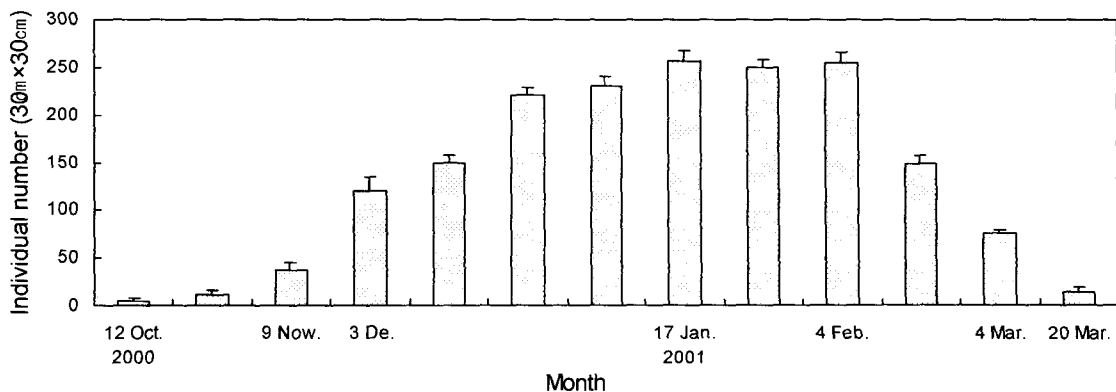


Fig. 6. Blade density of *Porphyra pseudolinearis* in sampling site during experimental periods.

성숙되어져 영양세포로 남아있는 엽체는 없었다. 이러한 추세는 12월 31일 까지 계속되었다(Fig. 7).

형태 특성

엽체 색깔로는 적갈색을 가지며, 가장자리에는 파상무늬가 있고, 거치상돌기(Fig. 8A)는 없었다. 생식유형으로는 암·수배우체의 구분이 뚜렷한 자웅이주이다. 중성포자는 방출되지 않았다. 암컷배우체는 수정을 통하여 과포자낭을 형성하며(Figs. 8C, 8E), 수컷의 조정기 형성이 엽체 가장자리에서 먼저 나타났고, 점차 내부로 발달되었다(Figs. 8B, 8D, 8F). 이런 형태는 조과기(Fig. 8G) 및 조정기(Fig. 8H)가 형성되는 것에서도 같이 나타났으며, 엽체의 상부 가장자리에 많이 관찰되었으며 이후 끝녹음 현상이 나타나 소멸된다.

생활사

자연서식지에서 긴잎돌김의 생물학적 계절을 관찰한 결과, 엽체의 발생은 10월 초순에 시작되었고, 정자낭과 조과기 형성은 12월 초순에 시작되어 1월에 과포자가 방출되었다. 3월에 엽체는 소멸되고, 여름철에 사상체기로 암반 등에 부착상태로 지내다 7, 8월에 각포자를 형성하여, 10월에 다시 엽체로

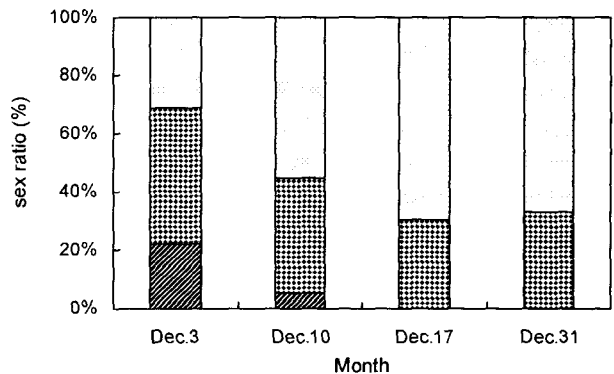


Fig. 7. Percentages of reproductive (male (■), and female (□)) and vegetative thalli of *Porphyra pseudolinearis* from sampling site in Jumunjin during December.

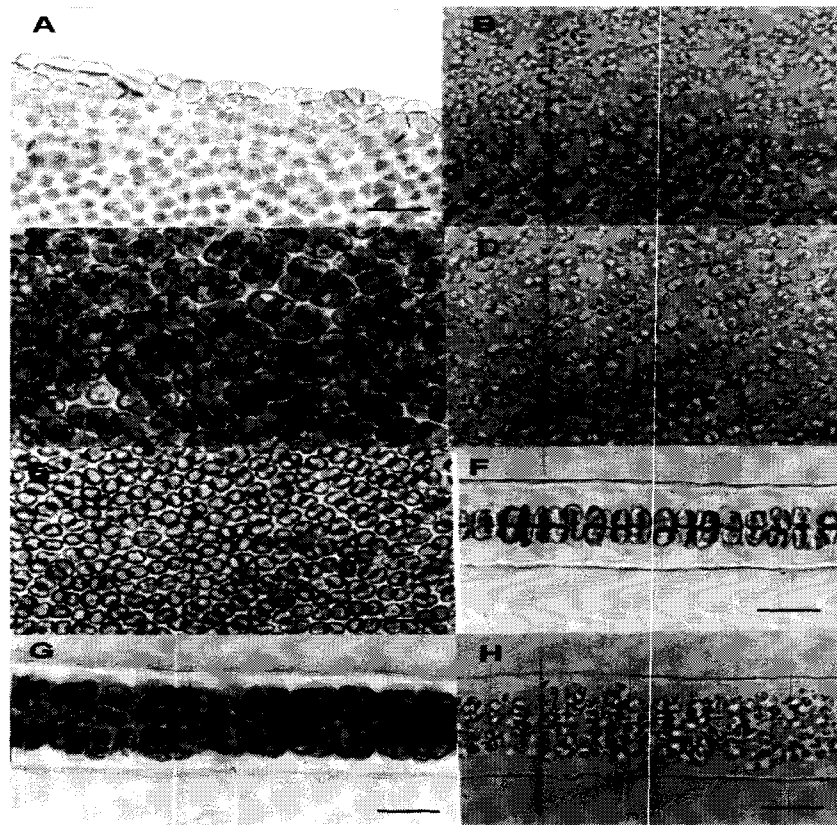


Fig. 8. Cellular differentiation of *P. pseudolinearis* during sexual maturation periods. A, margin of a thallus. B, margin of male thalli. C, a matured female thallus. D, a matured male thallus. E, pre-matured female patch area. F, vertical view of pre-matured male patch area. G, vertical view of female carposporangium. H, vertical view male of spermatangium. Scale bars of A, B, D, E are 40 μ m. scale bars of C, F, G, H are 20 μ m.

발아하였다(Fig. 9). 긴잎돌김은 중성포자 없이 반드시 암·수의 수정에 의한 과포자 방출로 사상체가 된다는 점에서 같은 동해안에 분포하는 오카무라등근돌김, 방사무늬김 등과 확실히 구분된다.

고찰

긴잎돌김은 동해 연안의 고유종으로 우점종이다. 생식 유형으로 자웅이체이기 때문에 교잡종으로 응용 가능하므로 기본 자료를 들어, 생물계절에 의한 생식기 생성과 발달 및 특징을 구명하고, 자연서식지에서의 생장과 성장 그리고 개체수변화 등을 연구 하고자 하였다.

긴잎돌김의 서식에 필요한 중요한 영양염은 인산염과 총질소이며, 인산염 0.4~0.6 μ g/l이하의 농도에서 김의 동화작용과 성장이 제한된다고 하였다[2]. 총 질소량의 경우, Saito · Sudo[23]은 김 양식장의 경우, 총 질소량 5 μ g/l 이상이어야 한다고 하였으나, 본 연구에서는 시기별로 김이 발생하고 성장하는 시기는 이 조건을 충족시키나, 소멸시기인 3월에도 3 μ g/l이하로 나타나 성장 시기가 아니므로 별문제가 없는 것으로 판단된다. 또한 Lee et al[14] 연구에서 강원 연안의 영양염

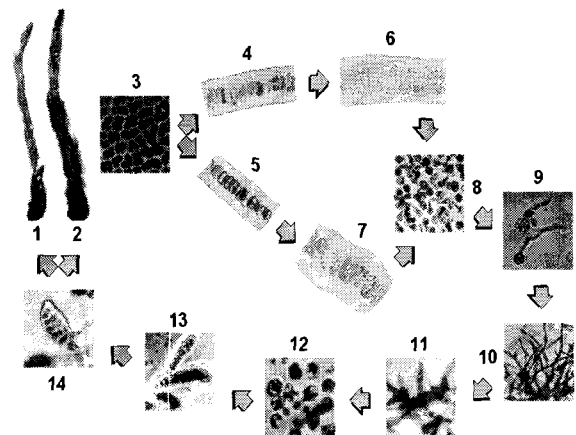


Fig. 9. Life history of *Porphyra pseudolinialis* 1, male gametophyte. 2, female gametophyte. 3, vegetative cells. 4, antheridia 5, carpogonia. 6, spermatangia. 7, carposporangia 8, carpospores. 9, germinated zygospores. 10, filamentous conchocelis(sporophyte). 11, conchosporangia. 12, conchospores. 13, uniseriated sporeling thalli. 14, bipolar juvenile thalli.

류 중, 총 인산염의 경우, 0.08~0.24 μ g/l, 총 질소량은 0.9~3.8 μ g/l로 보고한 바 있으나, 본 연구에서 총인산염 0.09~1.0

µg/l, 총질소량 2.29~24.43 µg/l로 나타나 강원 연안에 많은 부영양화가 진행되고 있음을 알 수 있었다.

일본의 북해도[3] 긴잎돌김 출현시기는 10월 중순으로 기록되어 있으며, 엽체 성장은 5~40 cm로 관찰되었으며, Tanaka [27]는 긴잎돌김의 발생에서 소멸까지를 9월에서 3월, Fukuhara [3]는 11월 초에서 5월 초까지라고 하였다. Lee et al[14]은 동해안의 긴잎돌김 출현시기를 10월 20일 전후, 크기는 최대성장이 1월 10일에 나타났고, 이때의 크기는 17 cm로 나타내어 이번 연구와 비교해 볼때, 출현시기는 비슷하나, 최대크기의 출현시기는 12월 말경, 크기는 47 cm로 나타나 많은 차이를 보였다. Hwang[4]과 Hwang[5]은 12월 출현, 3, 4월에 소멸된다고 하여 출현시기에서 많은 차이점을 보였다. 긴잎돌김[14]은 참김[6]보다 출현시기가 빨라 10월 상순에 2 내지 3 mm에서 1 cm가 되어, 11월 초순에서 중순까지 20~30 cm까지 성장하며, 11월 하순에서 12월까지 변성한다고 하였다. 시기는 본 연구와 거의 일치하나 크기에서 차이가 있었다. 이러한 요인으로는 동해안 연안이 과거에 비하여 많이 부영양화되어 성장에 영향을 미쳤다고 판단된다. 또한 Iwasaki[6]은 과포자의 방출시기를 11월 중순이라고 하였으나, 본 연구에서는 12월 중순으로 나타나 차이가 있었다. Lee[14]는 엽장과 엽폭비를 6.6~18.9, Fukuhara[3]는 5~20이라고 하였으나 본 연구에서는 2.7~11.2로 나타나 많은 차이를 보였다. 이러한 차이는 시기와 지역 차이에 따른 변화라고 생각된다.

분류학적 특성 연구에서 Tseng and Chang[28], Korogi [13], Miura[19]등의 기준에 따라 연구한 결과, 김(*Porphyra*)의 색상은 주로 적갈색, 적록색, 선홍색, 적자색, 암록색이다. 이번 연구에 사용된 긴잎돌김의 분류를 위해 색깔을 검토한 결과, 거의 대부분이 적갈색이나 가끔씩 적색도 보이기도 했다. 체형에서는 피침형이 62%, 선형이 38%로 다른 체형은 없었다. 기부형태는 심장형이 71%, 썸기형이 29%로 나타났다. 영양세포의 크기 및 모양에서 불규칙하게 배열되고, 세포 당 한 개의 엽록소가 관찰되었다. 표면에는 사각형, 삼각형의 모양이 있고, 단면을 절단하여 보았을 때 사각형, 장타원형으로 구성되어 있었다. 이는 긴잎돌김과 유사종인 서해안에 분포하고 있는 잇바다돌김의 분류적 특성인 적갈색 및 자웅이주라는 점에서 생식유형은 같으나, 거치상돌기가 뚜렷하고, 과상무늬가 없다는 점에서 차이를 보이고 있다.

요 약

동해안 고유종인 긴잎돌김의 발생과 성숙, 생활사등 생태에 관한 연구가 시행되었다. 긴잎돌김은 10월 초순에 발생하여 11월 말경에 성숙이 시작되어 수정에 의해 과포자낭이 형성되고 과포자가 방출되었다. 3월 말경에 엽체가 소멸되었으며 이후 사상체, 각포자를 거쳐 10월에 엽체가 발아하였다. 긴잎돌김의 특징으로 엽체는 피침형, 모근은 심장형이 대다수를

차지하였으며 거치상돌기가 없고 유성세대과정을 가지며 선명한 과포자낭무늬를 가진다. 암·수배우체에 있어 엽체와 엽폭비율은 성숙기인 12월에 각각 5.6~7.4 및 4.9~7.3이었다. 1월에는 3.3~4.8, 4.2~4.8이었다. 개체수 변화는 10월 초순에 방형구(30×30 cm)내에 평균 5개체, 12월에는 238개체, 3월 중순에 15개체로 변화되었다. 성 분화가 시작되는 12월 초순에 암·수배우체 및 영양세포의 비율은 각각 31%, 47%, 22%였으며 완전 성숙된 12월 중순은 암·수배우체만 69.4% 및 30.6%였다.

사 사

이 논문은 해양수산부에서 시행한 수산특정연구개발사업의 연구결과 일부입니다. 최와 홍은 2004년도 Brain Korea 21 사업에 의하여 지원되었습니다.

참 고 문 헌

1. Abe, S. and Kaneda, T. 1972. The effect of edible seaweeds on cholesterol metabolism in rats. Proc. Int. seaweed Symp. 9, 562-565
2. Fujimoto, T. 1978. Study on a relation with the color environmental factor of Nori. Bulletin of the Fukuoka Prefectural Fisheries Experimental Station. 121-131.
3. Fukuhara, E. 1968. Studies on the taxonomy and ecology of *Porphyra* of Hokkaido and its adjacent waters. Bull. Hokkaido Reg. Fish. Rs. Lab. 34, 40-99.
4. Hwang, M. S. 1994. A taxonomic study on the genus *Porphyra* (Bangiales, Rhodophyta) in Korea. Ph. D. Dissertation. Seoul Univ. 227pp.
5. Hwang, M. S. and Lee, I. K. 2001. Taxonomy of the Genus *Porphyra* (Bangiales, Phodophyta) from Korea. *Algae*. 16(3), 233-273.
6. Iwasaki, H. 1961. The life-cycle of *Porphyra tenera* in vitro. Biol. Bull. 121, 173-187.
7. Kang, J. W. 1970. Specis of cultivated *Porphyra* in korea. Bull. Fish. Soc. 3(2), 77-92.
8. Kim, N. G. 1999. Culture studies of *Porphyra dentata* and *P. pseudolinearis* (Bangiales, Rhodophyta), two dioecious species from Korea. *Hydrobiologia* 398/399, 127-135.
9. Kim, Y. D., Kim, H. G., Lee, C., Hong, Y. K. 2003. Characteristics of Sexual Maturation in the Seaweed *Porphyra pseudolinearis* from East Sea, Korea. Kor. J. Life Sci. 13(3), 359-364.
10. Koh, N.P., Choe, K.J, Rho, S., Ko, C. S. 1980. Study on improvement of laver. Bull. Fish. Res. Dev. Agency. 24, 47-58.
11. Koh, N. P. 1981. Study on the cultivation of *Porphyra pseudolinearis* UEDA. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency. 26, 51-61.
12. Koh, N. P., Son, C. H., Chang, J. W. and Cheong, Y. K. 1981. Study on the Cultivation of *Porphyra pseudolinearis* Ueda. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency. 26, 51-61.

13. Kurogi, M. 1972. Systematics of *Porphyra* in Japan. In I.A. Abbott and M. Kurogi [eds]. Contributions to the Systematics of Benthic Marine Algae of the north Pacific. Japanese Society of Phycology, Kobe. pp. 167-191.
14. Lee, S. D., Park, Y. J. and Chung, S. K. 1987. Studies on culture of *Porphyra* growing on rocks along the Kangwon-do coast (II). Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency **40**, 43-50.
15. Lindstrom, S. C. & Cole, K. M. 1992a. Relationships between some North Atlantic and North Pacific species of *Porphyra* (Bangiales, Rhodophyta): evidence from isozymes, morphology and chromosomes. Can. J. Bot. **70**, 1355-1363.
16. Lindstrom, S. C. & Cole, K. M. 1992b. A revision of the species of *Porphyra* (Rhodophyta: Bangiales) occurring in British Columbia and adjacent waters. Can. J. Bot. **70**, 2066-2075.
17. Ma, J. H. and Miura, A. 1984. Observations of the nuclear division in the conchospores and their germings in *Porphyra yezoensis* Ueda. Jap. J. Phycol. **32**, 373-378.
18. Matsuo, M., Notoya, M. & Aruga, Y. 1994. Life history of *Porphyra suborbiculata* Kjellman (Bangiales, Rhodophyta) in culture. La Mer **32**, 57-63.
19. Miura, A. 1988. Taxonomic studies of *Porphyra* species cultivated in Japan, referring to their transition to the cultivated variety. J. Tokyo Univ. Fish. **75**, 311-325.
20. Notoya, M. 1997. Biotechnology of Useful Seaweed, pp. 62-72, vol. 113, Kouseisha-kouseikaku Corporation Press Inc., Tokyo.
21. Notoya, M. Kikuchi N. & Aruga, Y. 1992 *Porphyra kinositae* (Yamada et Tanaka) Fukuhara (Bangiales, Rhodophyta) in culture. Jap. J. Phycol. **40**, 273-278.
22. Notoya, M. Kikuchi, N. Matsuo, M. Aruga Y. & Miura, A. 1993. Culture studies of four species of *Porphyra* (Rhodophyta) from Japan. Nippon Suisan Gakkaishi **59**, 431-436.
23. Saito, T., Sudo, S. 1984. Productive river flux - the investigation method-. Japan Fisheries Resource Conservation Association. 161.
24. Sakagami, Y., Watanabe, T., Hisamitsu, A., Kamibayshi, K. Honma and Manabe, H. 1982. Anti-ulcer substances from marine algae. In Marine in Pharmaceutical Science. ed. H. A. Hoppe and T. Levering, de Gruyter. Berlin. pp. 99-108.
25. Sohn, C., H. 1996. Historical Review on Seaweed Cultivation of Korea. Algae. **11(4)**, 357-364.
26. Song, H. I., Chung, Y. K., Kim, G. J. 1996. Freeze-Preservation of Shell-living conchocelis of some *Porphyra* species in Korea. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency **52**, 63-70.
27. Tanaka, T. 1952. The systematic study of the Japanese Protofloridae. Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ. **2**, 1-91.
28. Tseng, C. K. and T. J. Chang. 1958. On *Porphyra marginata* sp. nov. and its systematic position. Acta Bot. Sinica **7**, 15-25.
29. Yamamoto, I. and H. Maruyama. 1984. Inhibitory effects of dietary seaweeds (*Undaria*, *Porphyra*, *Laminaria*) on the growth of spontaneous mammary carcinoma in C3H mice. Abstract. Proceedings of the Japanese Cancer Association, 43rd Annual Meeting, Fukuoka.
30. Yamamoto, I. and Maruyama, H. 1985. Effect of dietary seaweed preparations on 1-2-dimethylhydrazine-induced intestinal carcinogenesis in rats. Cancer Lett. **26**, 241-251