

- 단 보 -

## 잇바디돌김(*Porphyra dentata* Kjellman)과 긴잎돌김(*Porphyra pseudolinearis* Ueda)의 種間 交雜種의 生理特性

金 南 吉\*

慶尙大學校 養殖學科 · 海洋産業研究所

### Physiological Study on the Hybrid by Interspecific Crossing between *Porphyra pseudolinearis* and *P. dentata* (Bangiales, Rhodophyta), Two Dioecious Species in Culture

Nam-Gil Kim\*

Department of Aquaculture and Institute of Marine Industry,  
Gyeongsang National University, Tongyoung 650-160, Korea

*Porphyra pseudolinearis* and *P. dentata* from Korea were crossed and the hybrid was cultured at different temperatures (5, 10, 15, 20 or 25 °C), photon flux densities (10, 20, 40 or 80  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) under photoperiods (14L:10D and 10L:14D). In the hybrids, the conchocelis grew faster at 20 °C and 40  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  under 14L:10D. Conchosporangial branches were produced under 10-80  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  at 25 °C only, and were abundant, when cultured under 10L:14D. Foliose thalli of the hybrid grew rapidly at conditions of 10-20 °C, 10L:14D and 15-20 °C, 14L:10D but slowly at 5 and 20 °C. No archeospores were observed any tested culture condition. Spermatangial and zygotosporangial sori were formed at the marginal portion of mature thallus. Zygotospores from the hybrid were released at 10-20 °C under both photoperiods, and gave rise to form conchocelis filament. Monoecious thalli were observed at 10 °C under 14L:10D. Neither monospores nor protothalli were produced from the conchocelis in culture.

Key words: Physiological study, Hybrid, *Porphyra pseudolinearis*, *Porphyra dentata*, Growth of conchocelis, Foliose thalli

### 서 론

긴잎돌김(*Porphyra pseudolinearis* Ueda)은 한국 울릉도 및 동해안 일대에 자생하는 한해성의 동해안 특산종(姜과 高, 1977)으로 알려져 왔으나 최근에는 부산 송정지역(Hwang, 1994)과 거제도 장승포(Kim, 1999)에서도 그 생육이 확인되고 있으며 생장이 빠른 것이 특징이다(Fukuhara, 1968). 현재 완도와 진도를 비롯한 남·서해안에서 고부가 가치를 지니는 양식종으로서 각광받고 있으며 조생종이기도 하다.

긴잎돌김과 관련한 배양연구로는 김류의 생활사 연구와 관련한 사상체의 생장, 성숙과 광주조건(Kurogi, 1953; Kurogi, 1959)을 비롯하여 종에 따른 광주기의 영향(Kurogi and Sato, 1962), 각포자의 방출에 미치는 조도의 영향과 사상체의 생장, 성숙에 미치는 수온의 영향에 관한 연구(Kurogi and Akiyama, 1965; Kurogi and Akiyama, 1966)가 있으나, 단편적으로 다루어지고 있으며 분포 및 생태와 관련한 연구로는 British Columbia 인근에서 출현하는 김속식물(Lindstrom and Cole, 1992a), 북태평양산 김속식물의 동질효소와 염색체(Lindstrom and

\*Corresponding author : ngkim@gshp.gsnu.ac.kr

Cole, 1992b) 및 김속식물의 계통분류에 대한 연구 (Lindstrom and Cole, 1993) 등이 있다.

잇바디돌김(*Porphyra dentata* Kjellman)은 현재까지 동해안에서는 보고되고 있지 않으며 비교적 수온이 높은 남·서해안 및 제주도에서 그 생육이 확인되고 있다 (Hwang, 1994). 그러나 Fukuhara (1968)에 의하면 한해성 해역인 日本 北海道 津輕海峽 근처에 있는 松前에서도 생육을 확인함으로써 이 종이 난해역 뿐만 아니라 한해역에서도 생육 가능성을 시사하였다.

이 종은 남해안의 완도, 진도에서 대량으로 양식되고 있으며 다른 종에 비하여 맛과 향이 뛰어나 고가에 매매되고 있어 경제적으로도 높은 부가가치를 가지는 고품질의 양식품종으로 각광 받고 있다. 잇바디돌김과 관련한 연구로는 Hori (1993)의 생활사 연구, 문 등(1995)의 형질 특성에 관한 연구 및 Gall et al. (1993)의 원형질체의 분리 및 재생에 관한 연구가 있다.

그러나 김속식물의 교잡과 관련한 연구는 단편적으로 알려져 있는데 Suto (1963)가 긴잎돌김과 참김의 교배를 비롯한 5종의 중간 교배실험을 통해 산업적으로 유익한 종을 개발하고자 하였으며, 이후 Shin (1999)이 방사무늬김과 참김의 두 품종간 교배를 통한 색소 변이체의 유전적 형질지표를 밝히기 위한 연구와 Shin et al. (1996)의 방사무늬김과 참김의 교잡에 의해 육종된 양식품종의 광합성 색소 함량에 관한 연구가 있으나, 교잡종의 생리에 관한 연구 특히 자웅이주 돌김인 긴잎돌김과 잇바디돌김의 교잡종의 생리에 관한 연구는 전혀 없다.

이 연구는 일반적으로 긴잎돌김이 저온에서 생장이 좋은 반면 잇바디돌김은 긴잎돌김보다 고온에서 생장이 좋은 것으로 알려져 있어(Kim, 1999) 이 두종의 교잡을 통해 저온과 고온에 모두 내성이 있는 양식품종을 개발하고 그 생리 특성을 구명하기 위해 자웅이주형 돌김의 중간 교잡에 의해 얻어진 교잡종의 엽상체기 및 사상체기의 성장과 성숙에 미치는 온도, 광량, 광주기의 영향과 생리특성에 관한 배양연구에서 나타난 결과의 일부를 보고한다.

## 재료 및 방법

실험에 사용한 재료는 1996년 2월 전남 완도와 경북 포항에서 채집한 잇바디돌김과 긴잎돌김의 천연조체로부터 각각 접합포자를 받아 경상대학교 양식학과 해조 배양실에 보존해 온 2종의 무기질사상체로부터 각포자를 부착시

킨 mono filament를 각각 300 ml의 원형 플라스크에 온도 15℃, 광주기 10L:14D 및 광량 40  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 의 조건하에서 5 주간 배양시켰다. 이 중 엽상이 10 mm전후의 유엽을 골라 원형 플라스크 1개당 각각 1개체의 유엽을 넣고 다시 15 주간 분리 배양한 뒤 성숙하여 조파기가 형성된 잇바디돌김의 암배우체와 정자낭이 형성된 긴잎돌김의 숫배우체를 혼합 배양하여 두 종간의 수정을 유도하였다. 수정 후 잇바디돌김로부터 방출된 접합포자를 slide glass에 부착시킨 후 50 ml용 vial에 넣어 온도(5, 10, 15, 20, 25℃), 광주기(14L:10D, 10L:14D), 광량(10, 20, 40, 80  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )의 조건하에서 사상체를 배양하였다. 엽상체는 각포자를 부착시킨 mono filament를 300 ml의 원형 플라스크에 넣어 사상체 배양과 같은 조건에서 광량만 40  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 의 조건으로 조합시켜 배양하였다. 배양액으로서 MGM (McLachlan, 1973)배지를 사용하였고 매 1 주일 마다 환수하였다.

## 결 과

교잡종의 형태는 두 종의 모조와 같은 엽상이 긴 선형, 피침형으로 색택은 적자색, 적갈색, 암갈색을 나타내었으며 엽체 가장자리의 거치는 현미경적이면서 그 수가 적은 것과 육안으로도 쉽게 구별될 수 있을 만큼 크고 거치의 수도 많은 개체가 나타났다. 가장자리에는 파상무늬가 뚜렷한 엽체와 그렇지 않은 엽체가 함께 나타났으며 정자낭과 접합포자낭은 가장자리를 따라 형성, 방출되었다.

### 1. 사상체의 성장과 성숙에 미치는 온도, 광량 및 광주기의 영향

광량 10~80  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 로 하고, 온도(5~25℃)와 광주기(14L:10D, 10L:14D)를 조합시킨 조건하에서 배양한 사상체의 성장을 Fig. 1에 나타내었다.

사상체는 온도 5~25℃에서 성장하였으며 5℃에서 배양 10 주 동안 1.5 mm내외로 성장한 사상체 colony를 제외하면 모든 실험 구간에서 큰 차이를 나타내지 않았으나, 장일하의 20℃ 40  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 과 단일하의 20℃, 80  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 조건에서 각각 2.3 mm와 2.5 mm로 최대 성장을 나타내었다. 배양기간에 따른 성장은 각포자로 발아한 후 최초 4 주까지는 급격한 성장을 나타내었지만, 이후 완만한 성장을 보여 배양 10 주후에는 5℃를 제외한 전 실험구에서 사상체 colony의 직경이 약 2 mm 내외에 불과하였다.

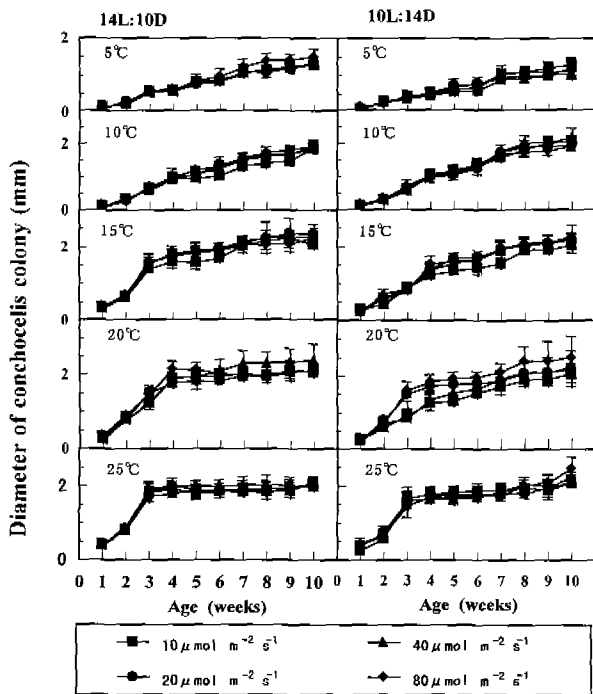


Fig. 1. Growth of conchocelis colony by crossing between *P. pseudolinearis* and *P. dentata* at different temperatures, photon flux densities and photoperiods.

각포자 낭지는 장·단일조건 모두 25°C에서만 형성되었으며 단일조건에서 형성이 빠르고 형성률도 높은 경향을 나타내었다. 그 형성률은 장일하의 20  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광량과 단일하의 40  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 와 80  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  광량 조건하에서 가장 먼저 100%에 달하였다(Fig. 2).

## 2. 엽상체의 성장과 성숙에 미치는 온도와 광주기의 영향

온도와 광주기가 엽상체의 성장과 성숙에 미치는 영향을 Fig. 3에 나타내었다. 엽체는 5~25°C에서 성장하였으나, 5°C와 25°C에서는 장일 및 단일조건 모두 엽체의 생장이 극단적으로 늦어 배양 14 주 후의 엽장은 장일하에서 각각 1.6 mm, 3.8 mm, 단일하에서는 각각 1.2 mm, 4.9 mm로 나타났다. 그러나 10°C의 저온에서도 비교적 빠른 성장을 나타내었으며, 특히 15~20°C의 고온하에서 높은 성장율을 나타내었다. 장일 20°C의 경우 배양 12 주후에 최대 성장하여 엽장이 평균 102.8 mm에 달했으며, 단일하에서 배양 13 주 후 엽장 평균 160.5 mm로 모든 실험구 가운데 가장 크게 성장한 것으로 나타났다.

생식세포는 단일조건에서 보다 장일조건에서 빠르게

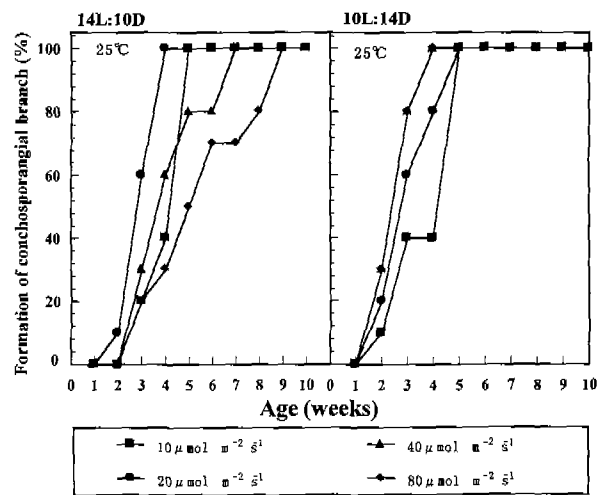


Fig. 2. Formation of conchosporangial branch by crossing between *P. pseudolinearis* and *P. dentata* at different photon flux densities and photoperiods.

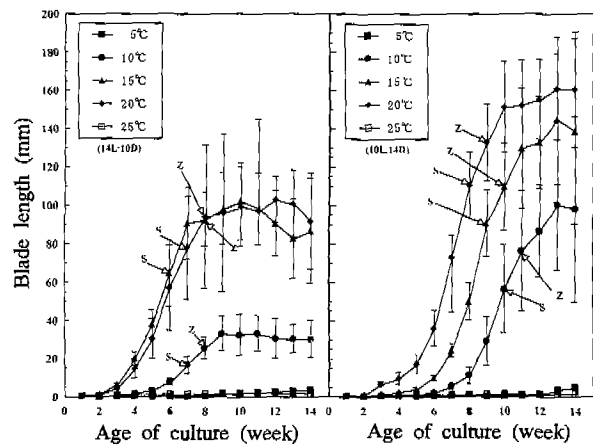


Fig. 3. Growth of foliose thallus of hybrid between *P. pseudolinearis* and *P. dentata* at different temperatures under 14L:10D and 10L:14D. (Arrows are meaning of the liberation of spores. S, spermatia; Z, zygospores).

형성·방출되었고, 정자와 접합포자의 방출온도와 방출시기는 장일하의 15°C에서 각각 6 주와 8 주, 단일하의 20°C에서 각각 8 주, 9 주로 나타났다. 그러나 장일조건은 고온일수록 정자와 접합포자의 방출이 늦어지고, 단일조건에서는 고온에서 이 보다 낮은 온도에서 방출이 늦어지는 경향을 나타내었다.

## 고찰

이 두 종은 한국산 김 속 식물 중 전형적인 자용이주의

생활사(Hori, 1993; 金과 能登谷, 1997; 김, 1998)를 가지는 종으로서 간혹 천연에서나 배양에서 자웅동주인 개체가 나타나기도 한다 (船野, 1961; 菊地, 1992; 金과 能登谷, 1997; 김, 1998; Kim, 1999).

이 연구에서 가장 먼저 성숙하는 조건은 장일 10℃에서 엽체의 하부로부터 1/3되는 곳에 웅성부(雄性部)가 먼저 형성되고 이어서 그 상단부에 자성부(雌性部)가 형성되는 자웅동주체 3 매를 확인할 수 있었다. 자·웅성부는 가장 자리를 따라 정자낭과 접합포자낭을 형성하였으며 정자낭이 먼저 방출되면서 엽상체 하부의 폭이 급격히 줄어드는 특징을 나타내었다.

船野(1961)는 홋카이도(北海道)의 무로란(室蘭)에서 채집된 자웅동주인 긴잎돌김에 관한 보고에 의하면, 웅성부가 엽체의 상부에 자성부가 엽체의 하부에 형성되는 것을 보고하였다. 또한 Lindstrom and Cole (1992)은 드물게 자·웅성부가 수직 또는 수평으로 분리되는 자웅동주 긴잎돌김이 출현한다고 보고하였고, Hwang (1994)도 강원 연안의 속초 영금정과 주문진의 소돌에서 상부에 자성부, 하부에 웅성부가 형성되는 것을 보고하였다.

한편, 菊地(1992)는 일본 에노시마(江の島)에서 채집된 잇바디돌김 가운데 개체수의 약 10%정도가 자웅동주였음을 보고하였고, 김(1998)과 Kim (1999)은 천연과 배양에서 다 같이 자웅동주인 잇바디돌김의 출현에 대하여 보고하였다. 이로 미루어 이 2종은 천연에서나 실내 배양에서도 자웅동주체 발아가 드물게 나타나는 특성을 가짐을 알 수 있다. 따라서 이러한 유전적 형질특성이 교잡종에서도 그대로 재현될 수 있었던 것으로 생각되었다.

또한 잇바디돌김에서 볼 수 있는 거치(鋸齒)가 교잡종에서도 그대로 나타났으며, 김 (1998)은 잇바디돌김의 경우 장일하의 10℃에서 엽장×엽폭이 130×20 μm인 엽체에서 가장 먼저 거치가 형성됨을 보고하였고 단일하의 15℃에서는 장일에서 보다 큰 엽장×엽폭이 1.2×0.2 mm인 엽체에서 형성됨을 보고하였다. 본 연구에서의 교잡종도 장일하의 10℃에서 가장 먼저 거치(鋸齒)를 형성하였으며 이때의 엽장×엽폭은 0.51×0.94 mm로 나타나, 김(1998)의 보고와 거의 일치하는 경향을 보여 교잡종이 암배우체인 잇바디돌김의 유전형질을 그대로 발현하는 것을 확인할 수 있었으나, 이 연구에서는 거치와 거치 사이의 간격이 김 (1998)이 보고한 잇바디돌김에 비하여 넓은 것이 특이하였다.

그러나 Hwang (1994)은 긴잎돌김의 가장자리에 파상

무늬는 있으나 거치는 없고, 반면 잇바디돌김의 가장자리에는 거치는 있으나 파상무늬는 거의 없다고 하였는데, 이 연구에서 얻어진 교잡종의 가장자리에는 파상무늬가 있으면서 거치는 매우 드물게 존재하는 엽체, 파상무늬는 없지만 거치가 다수 존재하고 가장자리가 말리는 특징을 가진 엽체 및 파상무늬와 함께 육안적인 거치를 가지는 엽체 등 두 종의 형질 특성을 공유하는 엽체가 혼재하였다. 또한 Hwang (1994)은 두 종의 형태는 선형, 피침형이며 기부는 심장형으로 색택은 적갈색을 나타낸다고 하였는데, 이 연구의 교잡종에서도 Hwang (1994)의 보고와 유사한 형태를 나타내었으나 색택에서 적자색, 암갈색의 엽체가 다수 출현하여 Hwang (1994)의 기재와는 다소 차이를 나타내었다. 이는 교잡당시 사용한 포항산 긴잎돌김의 색택이 암갈색을 강하게 띠었고, 완도산 잇바디돌김은 적자색을 강하게 띤 조체였던 것에서 유래하는 것으로 생각된다.

이러한 결과는 자웅이주 김의 중간 교잡을 통해 얻어진 교잡종은 두 종의 중간 형질을 공유하는 엽체가 많고 특히 모조인 암배우체의 형질을 띠는다고 하는 Suto (1963)의 보고와도 잘 일치한다. 또한 Suto (1963)는 자웅이주 엽체간의 교배(*P. angusta*×*P. umbilicalis*)를 통해 얻어진 엽체는 정상적으로 자라 성숙하여 다음세대로 되는 사상체로 발육한다고 하였는데, 이 연구 결과도 Suto (1963)의 보고와 잘 일치하였다. 그러나 그가 자웅이주체와 동주체간의 교배(*P. pseudolinearis*×*P. tenera*)를 통해 얻어진 엽체는 비정상적으로 자랄 뿐만 아니라 유엽기에 대량으로 고사한다고 하였는데, 긴잎돌김과 잇바디돌김의 교잡종에서는 그러한 현상을 관찰할 수 없었다.

金과 能登谷(1997)은 긴잎돌김의 생활사에 관한 보고에서 사상체의 생장은 장일과 단일하의 15℃와 20℃에서 빠르고, 장일조건하의 20℃에서 최대 생장이 나타났다고 하였다. 잇바디돌김(김, 1998)의 경우, 사상체의 생장은 긴잎돌김 보다 높은 20℃와 25℃에서 빠르게 성장하며, 장일하의 25℃에서 최대 성장한다고 하였다.

긴잎돌김의 경우 Kurogi and Akiyama (1966)는 사상체의 생장·성숙과 수온에 관한 연구 결과와 金과 能登谷 (1997)의 결과가 거의 일치하는 것으로 나타났다. 이 연구에서 교잡종의 사상체는 15~25℃에서 생장이 좋고, 각 온도간의 생장 차이는 별로 크게 나타나지 않았다. 그러므로, 이 교잡종은 두 종의 중간 형질을 잘 나타내는 종으로 판단되었다. 그러나 각포자낭은 양광주기 모두 25℃에

서만 형성된 점, 형성시기가 늦은 점 및 형성율이 낮은 점으로 미루어 볼 때 이 두 종의 모조와는 다른 형질로서 교잡종 고유의 특성인 것으로 생각되었다.

## 참 고 문 헌

- Fukuhara, E., 1968. Studies on the taxonomy and ecology of *Porphyra* Hokkaido and its adjacent waters. Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab., 34 : 40-99.
- Gall, E. A., Y. M. Chiang and B. Kloareg, 1993. Isolation and regeneration of protoplasts from *Porphyra dentata* and *Porphyra crispata*. Eur. J. Phycol., 28 : 277-283.
- Hori, T., 1993. An illustrated atlas of the life history of algae. Vol. 2. Brown and red algae. Uchida Rokakuho Publ. Co. Ltd. Tokyo, p. 345.
- Hwang, M. S., 1994. Taxonomic studies of genus *Porphyra* of Korea. Ph. D. thesis, Seoul, Natl. Univ., 277 pp.
- Kim N. G., 1999. Culture studies of *Porphyra dentata* and *P. pseudolinearis* (Bangiales, Rhodophyta), two dioecious species from Korea. Hydrobiologia, 398/399 : 127-135.
- Kurogi, M., 1953. Study of the life-history of *Porphyra* I. The germination and development of carospores, Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 2 : 92-101.
- Kurogi, M., 1959. Influences of light on the growth and maturation of *Conchocelis*-thallus of *Porphyra*, I. Effect of photoperiod on the formation of monospore-angia and liberation of monospores (1), Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 15 : 33-42.
- Kurogi, M. and K. Akiyama, 1965. Influences of light on the growth and maturation of *Conchocelis*-thallus of *Porphyra*. IV. Effect of light intensity on the monospore liberation, Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 25 : 171-177.
- Kurogi, M. and K. Akiyama, 1966. Effects of water temperature on the growth and maturation of *Conchocelis*-thallus in several species of *Porphyra*. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 26 : 77-89.
- Kurogi, M. and S. Sato, 1962. Influences of light on the growth and maturation of *Conchocelis*-thallus of *Porphyra*. III. Effect of photoperiod in the different species, Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 20 : 138-156.
- Lindstrom, S. C. and K. M. Cole, 1992a. A revision of the species of *Porphyra* (Rhodophyta: Bangiales) occurring in british columbia and adjacent waters. Can. J. Bot., 70 : 2066-2075.
- Lindstrom, S. C. and K. M. Cole, 1992b. Relationships between some north atlantic and north pacific species of *Porphyra* (Bangiales, Rhodophyta): evidence from isozymes, and chromosomes. Can. J. Bot., 70 : 1335-1363.
- Lindstrom, S. C. and K. M. Cole, 1993. The systematics of *Porphyra*: character evolution in closely related species. Hydrobiologia, 260/261 : 151-157.
- McLachlan, J., 1973. Growth media - marine. pp. 25-51. (in) Handbook of Phycological Methods, (ed.) Stein J. R. Cambridge University Press, New York.
- Shin, J. A., 1999. Crossing between *Porphyra yezoensis* and *P. tenera*. Algae, 14 : 73-77.
- Shin, J. A., H. Nishimoto and A. Miura, 1996. Contents of photosynthetic pigments in a new cultivar bred by interspecific crossing between *Porphyra yezoensis* and *P. tenera* (Bangiales, Rhodophyta) : Preliminary report. Algae, 11 : 389-390.
- Suto, S., 1963. Intergeneric and interspecific crossings of the lavers (*Porphyra*). Bull. Jap. Soc. Sic. Fish., 29 : 739-748.
- 姜錦源·高楠表, 1977. 海藻養殖. 太和出版社. 294 pp.
- 菊地則雄, 1992. 原始紅藻亞綱植物の生活史と系統に関する研究. 東京水産大學 修士學位論文. 105 pp.
- 金南吉·能登谷正浩, 1997. 韓國浦項産 *Porphyra pseudolinearis* Uedaの生活史におよぼす温度と光周期の影響. 平成9年度日本水産學會春季大會. 講演要地集, 100 pp.
- 김남길, 1998. 잇바디돌김(*Porphyra dentata* Kjellman)의 생활사. 1998년 제12회 한국조류학회 발표논문 요지록, 24 pp.
- 문찬일·김길주·이생동·정영균, 1995. 한국산 돌김류의 형질 특성에 관한 연구(I). 수진연보. 49 : 128-139.
- 船野隆, 1961. 雌雄同体のウップルイノリについて. 北水試月報, 18 : 23-27.