

한국산 긴잎돌김 (*Porphyra pseudolinearis* Ueda)의 엽상체와 배양 사상체의 광합성 비교

김형근 · 주수동* · 전방옥 **

강릉대학교 수산자원개발학과

*교육부 자원과학 편수관실

**강릉대학교 생물학과

Comparative Photosynthetic Physiology of Fronds and Cultivated Filaments of *Porphyra pseudolinearis* Ueda

Hyung-Geun KIM, Su-Dong CHU, Bang-Ook JUN

Department of Fisheries Resources Development, Kangnung National University, Kangnung 210-702, Korea

*Natural Science office, Ministry of Education, Seoul 110-760, Korea

**Department of Biology, Kangnung National University, Kangnung 210-702, Korea

ABSTRACT

The effects of temperature and light intensity on the photosynthesis were investigated in fronds and cultivated filaments of *Porphyra pseudolinearis* Ueda. The optimum temperatures for total photosynthesis of fronds and filaments were 25~30°C and 20°C, respectively. The photosynthetic rates of fronds and filaments based on light intensity were shown in a typical light saturation curve where the rates were constant over the light intensity of approximately 10,000 lux. The compensation points were 2,100 lux in fronds and 900 lux in filaments. The photosynthetic rate of filaments was 5 to 10 times greater than that of fronds. This would be very advantageous for filaments to conduct photosynthesis in the condition of dim light.

서 론

자연 상태에서 김 속(*Porphyra* spp.)은 수온이 비교적 낮은 가을에서 이듬해 봄까지 엽상체로서 생활하다가 수온이 상승하는 초여름부터는 사상체로 지내게 된다는 사실이 밝혀진 (Drew 1949) 이래로 세대별 생육 조건에 대한 연구가 이루어져 왔다. 특히 근래에 사상체 배양을 통한 인공 채묘 방법이 도입되면서부터 생활사의 단계별 환경 적응성에 대한 연구가 활발해지고 있다.

黒木과 秋山(1966) 및 Lee(1979)는 긴잎돌김(*P. pseudolinearis*) 사상체의 생육에 미치는 광도의

영향을 보고하였으며 Shinmura and Tanaka (1968)는 모무늬김 (*P. seriata*) 엽상체의 생육에 미치는 온도의 영향을 조사하였다. Koh et al. (1981)은 긴잎돌김의 엽상체 생육에 미치는 온도와 빛의 영향을 보고한 바 있다.

한편, Teramoto and Kinoshita (1961)는 참김 (*P. tenera*) 엽상체에서, Kinoshita and Teramoto (1958)는 참김 사상체에서 광합성에 미치는 광도와 온도와의 관계를 조사하였다. 또한 Sheath et al. (1977)는 *P. leucostica*의 엽상체에서, Herbert and Waaland (1988)는 *P. perforata*와 *P. nereocystis* 엽상체에서 광도와 광합성과의 관계를 조사하였다. Chang et al. (1983)은 방사무늬김 (*P. yezoensis*)의 엽상체에서 온도와 광합성과의 관계를 조사하였으며, Hannach and Waaland (1989)는 *P. abbottae*의 생장에 미치는 온도와 빛의 영향을 조사한 바 있다.

최근 우리 나라에서 양식 대상종으로 주목 받고 있는 긴잎돌김에 대한 연구에서는 (Koh et al. 1981; Lee et al. 1987) 각 단계별 생육 조건의 비교 연구와 광합성 등 생리적인 분야의 연구는 미흡한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 긴잎돌김의 엽상체와 사상체의 광합성에 미치는 온도와 빛의 영향을 구명하고 이를 추후 양식을 위한 생육 조건의 기초적 자료로써 활용하고자 한다.

재료 및 방법

광합성 측정에 사용된 재료는 1994년 2월 3일 강원도 주문진 연안에서 채집한 긴잎돌김의 엽상체와 이 엽상체에서 과포자를 받아 배양한 사상체를 사용하였다.

엽상체는 구조의 착생이 없는 깨끗한 것을 사용하여 성숙된 낭과반을 확인한 후 멸균된 해수 안에서 붓으로 깨끗이 세척한 후 성숙한 낭과반 부분을 절편을 만들어 이용하였다. 샤레에 여과 멸균 해수를 넣고 바닥에 슬라이드 글라스를 넣은 후 엽체 절편을 수 개 띄워 실온에서 과포자를 방출시켰다. 15일 후 육안적 반점이 형성된 부분을 멸균된 침으로 긁어서 800ml 플라스크에 옮겨 배양하였다. 해수는 3 μ m filter로 여과 후 70 $^{\circ}$ C로 30분 가열, 멸균하여 사용했고 배양 용기는 100 $^{\circ}$ C에서 1시간 건열 멸균하였다. 배양액은 Provasoli's Enriched Seawater (Provasoli 1968)를 사용하였고, 사상체의 군체가 생장함에 따라 일주일 간격으로 교환하였다. 사상체는 온도가 15 $^{\circ}$ C, 조도가 3,000lux의 조건에서 배양하였으며 과포자가 발아한지 45일 이내의 사상체 중에서 직경 2mm 이상 되는 것을 광합성 측정을 위한 시료로 선택하였다.

광합성 및 호흡의 측정을 위하여는 Biological oxygen Monitor (Yellow Spring Instrument, Ohio)를 사용하였다. 5분간 특정 온도에서 교반하여 산소를 포화시킨 해수 용액에 시료를 넣고 변화하는 산소량을 clark type 전극으로 측정하였다. 이때 광원으로는 500W 할로겐 램프 (Model BP500Q, Regent Lighting Corporation, North Carolina)를 사용하였다. 각 온도에서 포화 산소 농도를 기준으로 하여 이를 계산하여 순 광합성량 및 호흡량을 산출하였으며 총 광합성량은 순 광합성량+호흡량으로 계산하였다.

결과 및 고찰

김 엽상체의 온도별 순 광합성량을 조사한 결과 적정 온도대가 존재함이 밝혀졌다 (Fig. 1). 순 광합성량은 5 $^{\circ}$ C에서 15 $^{\circ}$ C까지는 급격하게 증가하다가 15 $^{\circ}$ C에서 30 $^{\circ}$ C까지는 그 증가세가 둔화되고 30 $^{\circ}$ C 이후에서는 급격히 감소하였다. 총 광합성량의 경우도 이와 비슷한 경향을 나타내었다. 다만 순

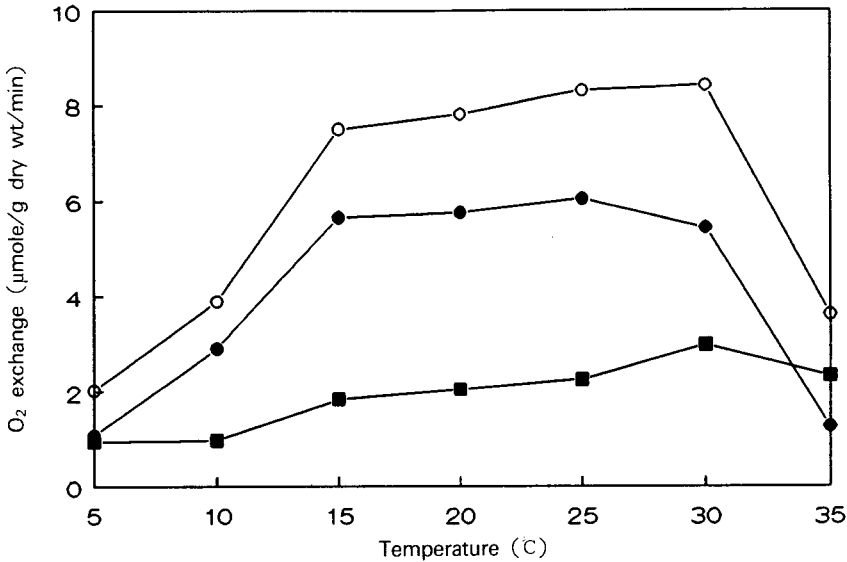


Fig. 1. Effect of temperature on the photosynthesis and respiration of fronds of *Porphyra pseudolinearis* Ueda. Symbols are given as followings : total photosynthesis (○), net photosynthesis (●), and respiration (■).

광합성의 경우 최고 온도가 25°C로 나타났는데 비해 총 광합성의 경우 최고 온도는 30°C로 나타났다. 반면에 호흡은 온도에 따라서 비교적 큰 차를 나타내어 30°C에서 가장 호흡이 활발한 것으로 나타났는데 결과적으로 30°C에서의 총 광합성량이 최대가 되는데 기여한 것으로 보인다.

이는 Kinoshita and Teramoto (1958)가 보고한 참김의 최적 온도대 10~15°C 및 Chang *et al.* (1983)이 보고한 방사무늬김의 최적 온도 16°C와는 상당한 차이를 나타낸다. 이 차이는 본 실험에서는 비교적 짧은 기간인 5분 이내의 산소 변화를 측정하는데 비하여 이들은 비교적 장시간인 2~6시간에 걸친 산소 변화를 측정함으로써 고온에서 스트레스를 받은 엽체에서 광합성 효율이 감소한 때문일 수도 있다. 특히 Kinoshita and Teramoto (1958)에 의하면 20°C에서는 15°C에 비하여 광합성율이 급격하게 떨어져 약 30% 정도의 광합성 효율 밖에 갖지 못한다는 점을 보아서도 이를 추정할 수 있다.

긴잎돌김의 conchocelis 단계에서는 순 광합성과 총 광합성의 최적 온도는 공히 20°C로 나타났으며 적정 온도대의 폭이 좁으며 온도에 따라서 큰 차이를 나타내고 있다 (Fig. 2).

광합성에 의한 참김 사상체의 순 광합성량은 20°C에서 최고치를 나타내며 25°C 이상에서는 급격히 저하된다는 Teramoto and Kinoshita (1961)의 보고와 사상체의 광합성은 27°C 이상에서는 급격히 저하한다는 佐野 (1960)의 보고와 대략적으로 일치한다. 이로 미루어보아 사상체는 고온 스트레스에 대한 적응력이 엽상체에 비해 현저히 떨어지는 것을 알 수 있다. 호흡도 20°C에서 최고를 나타내었다.

긴잎돌김의 엽상체에서 광도에 따른 광합성 효율 곡선은 전형적인 광 포화 곡선을 나타내었다 (Fig. 3). 김 엽상체는 2,100 lux에서 광 보상점을 나타내었으며, 10,000 lux 이상에 이르르면 최대 광합성율을 나타내는 것으로 보인다. 이는 참김에서 2,000 lux에서 광 보상점을 가지며 20,000 lux 이상에서 최대 광합성율을 나타낸다는 보고 (Kinoshita and Teramoto 1958)와 거의 일치한다.

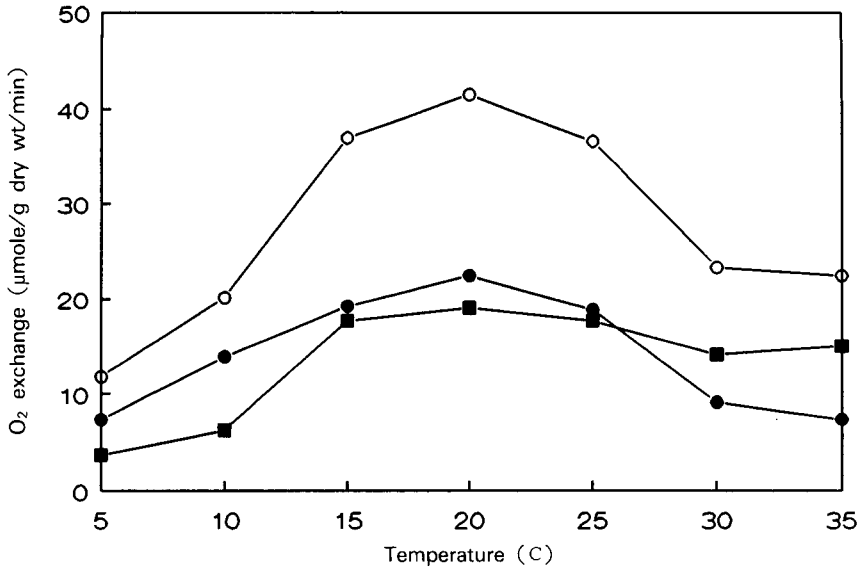


Fig. 2. Effect of temperature on the photosynthesis and respiration of filaments of *Porphyr pseudolinearis* Ueda. Symbols are given as in Fig. 1.

긴잎돌김의 사상체는 10,000 lux 이상에서는 광합성율의 증가가 둔화되기 시작하여 20,000 lux에서 36.47 moles O₂g⁻¹ dry wt min⁻¹의 값을 얻었는데 (Fig. 4), 이는 *P. leucostica*의 사상체에서 얻은 값의 약 70배에 해당하는 광합성능이었다. Teramoto and Kinoshita (1961)이 보고한 바에 의하면 참김의 사상체의 광합성은 4,000~8,000 lux에서 최대에 도달한다고 하는데 본 실험에서는 이보다 높은 광도에서 포화가 된다. 이는 본 실험에 사용된 사상체는 Teramoto and Kinoshita(1961)가 사용한 참김의 사상체와는 달리 구형으로 뭉쳐있기 때문에 안쪽에 도달하는 빛은 바깥쪽의 사상체 때문에 약화되어 상대적으로 강한 빛을 필요로 하는 것으로 해석될 수 있으나, 한편으로는 참김과 긴잎돌김에서의 광합성의 생리적 차이일 수도 있기 때문에 더 이상의 비교 생리학적 연구가 필요하다고 사료된다. 사상체의 광 보상점은 900 lux로서 엽상체의 보상점인 2,100 lux보다 상당히 낮게 나타났는데, 극히 늦어진다는 黒木, 秋山 (1966)의 보고와 일치한다. 단위가 달라 직접적인 비교는 할 수 없지만 *P. leucostica*의 conchocelis 사상체도 15 μW cm⁻²라는 매우 낮은 광 보상점을 갖는데 (Sheath *et al.* 1977), 이처럼 보상점이 낮다는 사실은 사상체가 빛이 약한 깊은 물속에 사는데 있어서 커다란 잇점으로 작용할 수 있다 (Drew 1954).

사상체의 총 광합성, 순 광합성 및 호흡량은 엽상체에 비하여 5 내지 10 배 높게 나타났다. 이는 동일한 중량의 사상체가 엽상체보다 표면적이 넓은 까닭으로 활발한 가스 교환이 일어나기 때문으로 사료된다. 또한 1,000 lux의 빛을 받는 사상체는 20,000 lux의 빛을 받는 엽상체와 비슷한 광합성율을 나타내어 광도가 낮은 조건에서도 사상체는 포화광을 받는 엽상체와 동일한 양의 광합성을 수행할 수 있음을 알 수 있다. 이런 사실로 미루어보아 패각 내에 잠입하여 생장하는 사상체는 높은 광도를 직접적으로 받기가 어렵기 때문에, 약한 산란광에 대해서도 높은 광합성율을 나타낼 수 있도록 적응한 것으로 사료된다. 또한 광도가 낮을 *P. leucostica*의 사상체에서 호흡률이 낮아지는 현상이 보고되었는데 (Sheath *et al.* 1977), 이는 본 실험에서도 일부 확인되고 있다 (Fig. 3, Fig. 4).

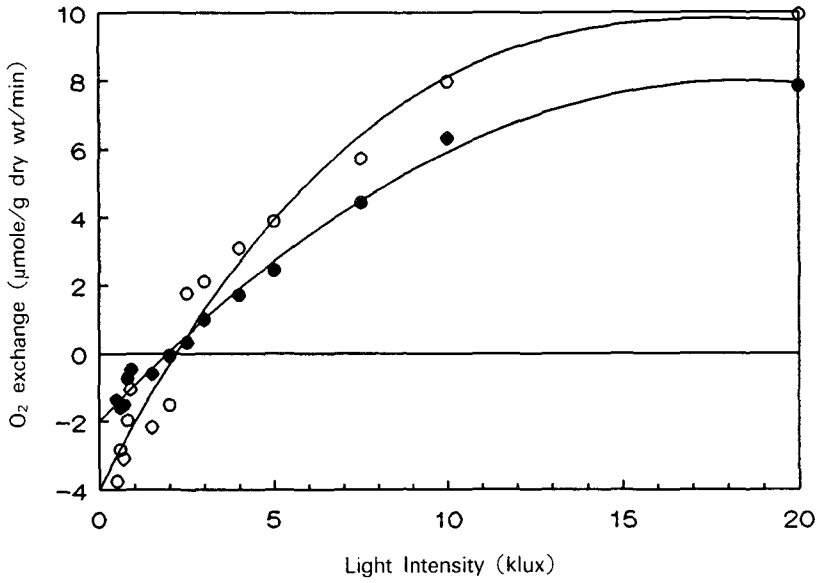


Fig. 3. Effect of light intensity of the photosynthesis of fronds of *Porphyra pseudolinearis* Ueda. Symbols are given as in Fig. 1.

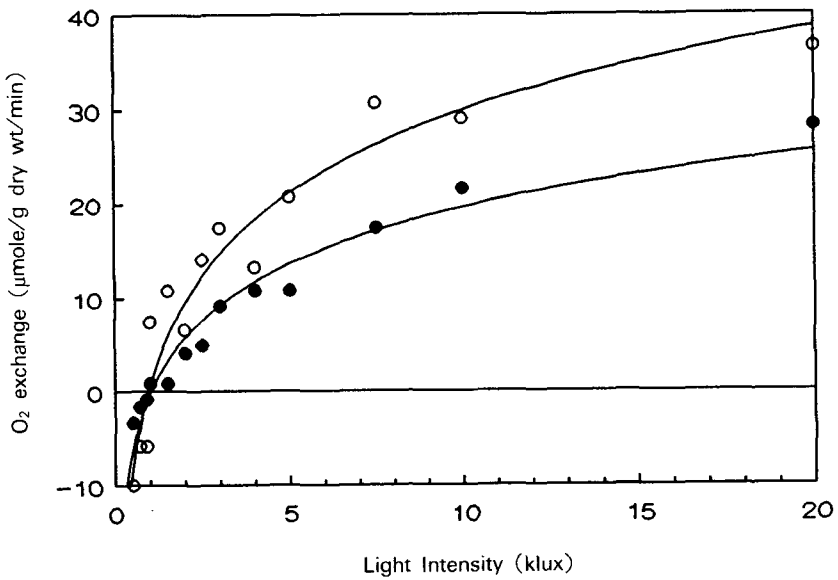


Fig. 4. Effect of light intensity on the photosynthesis of filaments of *Porphyra pseudolinearis* Ueda. Symbols are given as in Fig. 1.

보상점 이하의 암조건 하에서 사상체는 성장하기 어렵기 때문에 단순히 자신을 유지하고 있는 것으로 판단된다.

요 약

긴잎돌김 (*Porphyra pseudolineris* Ueda)의 엽상체와 배양 사상체에 미치는 온도와 광도의 영향을 구명하였다. 엽상체와 사상체의 총 광합성의 적정 온도는 각각 25~30°C, 20°C로 나타났다. 엽상체와 사상체에서 광도에 따른 광합성율은 공히 10,000 lux 이상에서 광합성율이 일정한 값에 도달하는 광포화 곡선을 나타내었다. 엽상체의 광 보상점은 2,100 lux, 사상체의 광 보상점은 900 lux였으며, 사상체의 광합성능은 엽상체의 5~10배에 해당하였다. 이로써 사상체는 낮은 광도하에서도 광합성을 수행할 수 있음을 알 수 있다.

참 고 문 헌

- Chang, S. D., P. Chin and K. Y. Park. 1983. Effects of temperature, salinity, and silt and clay on the rate of photosynthesis of laver, *Porphyra yezoensis*. Bull. Korean Fish. Soc. 16 : 335~340.
- Drew, K. M. 1949. Conchocelis-phase in the life-history of *Porphyra umbilicalis* (L.) Kutz. Nature 164 : 748~749.
- Drew, K. M. 1954. Studies in Bangiadeae 3. The life-history of *Porphyra umbilicalis* (L.) Kutz. var. *laciniata* (Lightf.) J. Ag. A. The conchocelis-phase in culture. Ann. Bot. 18 : 183~211.
- Hannach, G. and J. R. Waaland. 1989. Growth and morphology of young gametophytes of *Porphyra abbottae* (Rhodophyta) : Effects of environmental factors in culture. J. Phycol. 25 : 247~254.
- Herbert, S. K. and J. R. Walland. 1988. Photoinhibition of photosynthesis in a sun and a shade species of the red algal genus *Porphyra*. Mar. Biol. 97 : 1~7.
- Kinoshita, S. and K. Teramoto. 1958. Some observations on the photosynthesis of *Porphyra*-frond. Jpn. J. Phycol. 6 : 11~16.
- Koh, N. P., C. H. Sohn, J. W. Kang and Y. K. Cheong 1981. Study on the cultivation of *Porphyra pseudolineris* Ueda. Fish. Res. Dev. Agency. 26 : 51~61.
- Lee, J. H. 1979. On the growth and maturation of conchocelis-phase of *Porphyra pseudolineris* Ueda. Bull. Gunsan Fish. J. Coll. 13 : 25~32.
- Lee, S. D., Y. J. Park and S. K. Chung. 1987. Studies on culture of *Porphyra* growing on rocks along the Kangwon-do coast II. Artificial seeding of *Porphyra* and floating system cultivation. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency 40 : 43~50.
- Provasoli, L. 1968. Media and prospects for the cultivation of marine algae. pp. 63~65. In Watanabe, A. and A. Hatori (eds). Culture and Collection of Algae. Proc. U.S.-Japan Conf. Hakone, September 1966. Jap. Soc. Plant Physiol.

- Sheath, R. G., J. A. Hellebust and T. Sawa. 1977. Changes in plastid structure, pigmentation and photosynthesis of the conchocelis stage of *Porphyra leucostica* (Rhodophyta, Bangiophyceae) in response to low light and darkness. *Phycologia* 16 : 265~276.
- Shinoura, I. and T. Tanaka. 1968. The influence of water temperature on the growth of buds of *Porphyra seriata* KJELLM in the artificial culture. *Bull. Jpn. Soc. Phycol.* 16 : 4~6.
- Teramoto, K. and S. Kinoshita. 1961. Some observations on the photosynthesis of the conchocelis phase of *Porphyra*. *Jpn. J. Phycol.* 9 : 77~82.
- 佐野孝. 1960. 노리絲狀體의色素竝に酸素放出について. 1960年代 日本水産學會年會講演
- 黒木宋尙, 秋山和夫. 1966. 數種アマノリの絲狀體の成長, 成熟と水溫. 東北水研究報 25 : 77~89.