

養殖김의 光合成에 미치는 水溫, 鹽分 및 浮泥의 影響

張 善 德·陳 平·朴 起 永
釜山水產大學 海洋工學科 釜山水產大學 資源生物學科

Effects of Temperature, Salinity, and Silt and Clay on the Rate of Photosynthesis of laver, *Porphyra yezoensis*

Sun-duck CHANG

Department of Oceanengineering, National Fisheries University of Pusan
Namgu, Pusan, 608 Korea

Pyung CHIN, and Kie-Young PARK

Department of Marine Biology, National Fisheries University of Pusan
Namgu, Pusan, 608 Korea

The effects of water temperature, salinity, and silt and clay on the photosynthetic activity of *Porphyra yezoensis* were measured.

The rate of photosynthesis of *P. yezoensis* increases as the water temperature rises in the range of 8~16°C and begin to decrease at 18°C.

In the salinity range of 21.5~33.5‰, the rate of photosynthesis of *P. yezoensis* was increased in the sea water of 29.5‰ salinity and decreased in 21.5‰ salinity.

The rates of photosynthesis of *P. yezoensis* were significantly decreased with increase of the concentration of silt and clay and the time of exposure to suspended silt and clay.

Of the combined effects of salinity, and silt and clay on the photosynthetic activity of *P. yezoensis*, the effects of silt and clay were higher in the low salinity of 21.5‰ and 33.5‰.

The wet weight of *P. yezoensis* showed a remarkable loss with increase of the concentration of silt and clay and the time of exposure to silt and clay.

緒 言

김 養殖은 沿岸環境의 季節的 變動속에서 生活史의 週期的 循環過程을 통해서 수행되고 있으므로, 養殖 김은 비교적 環境變化를 많이 겪고 있다. 특히 河口沿岸에 위치하는 김 養殖의 경우 環境變化에 쉽게 露出된다.

最近 우리 나라의 淺海域은 工業園地 造成에 많이 이용되고 있고, 海洋土木工事로 인해서 水系環境의 변화와 多量의 懸濁浮泥가 발생하여 淺海養殖 生物에 대한 被害가 우려되고 있다.

海水에 懸濁된 浮游性物質은 水中 光線量을 減少

시키거나 海藻의 光合成을 주로 沮害함으로써 被害를 일으킨다(尾形, 1967).

本 研究에서는 海水의 懸濁浮泥가 養殖 김에 미치는 生理的 影響과 아울러 水溫과 鹽分의 影響을 조사하여 養殖김에 대한 被害의 生理를 究明하고자 하였다.

材料 및 方法

材料는 1983年 3月부터 4月 사이에 경남 하동군 廣양단 일대에서 養殖김의 一種인 방사무늬김(*Porphyra yezoensis* Ueda)을 採取하여 노출상태로 부산의 실험실에 運반하였다. 材料는 대형 콘크리트

水槽에 수용하고 常溫下에서 流水상태로 두고 健全한 莖葉體를 선별하였으며 채취후 3日內에 실험에 사용하였다.

浮泥標品은 광양만 莖葉體場에서 底質을 채취하여 체로 粒徑 62 μm 이하의 浮泥(silt and clay)를 선별하여 마련하였다. 浮泥의 일부는 電氣爐에서 900°C로 1시간 強熱處理한 후 강열처리를 하지 않은 부니와 1:1로 혼합하여 有機汚濁度를 낮추어 실험에 사용하였다.

實驗方法은 폭 3~4 cm, 길이 7~9 cm의 莖葉體 120個를 6個區로 나누어 1개구 2葉體를 500 ml 용량의 流水式 비이커 10개에 각각 2葉씩을 넣고, 對照區에는 正常海水를 5개의 實驗區에는 각각 10, 30, 50, 100 및 150 ppm 濃度の 浮泥懸濁海水를 流水시켰다. 한편 各區의 유수해수의 염분을 조정하여 대조구를 포함한 5개 부니 실험구의 鹽分을 33.5, 29.5, 25.5 및 21.5 ‰로 下向시킨 組合으로 실험하였다.

一定時期에 각 실험구의 材料를 취하여 對照區 및 각 浮泥濃度와 鹽分別 組合으로 海水를 채운 300 ml 용량의 산소병에 넣고 明暗法으로 2時間 光合成을 측정하였다. 실험에 사용한 재료는 다시 流水비이커에 되돌려 놓았으며 이들 試料는 生重減量 실험에 포함시켜서, 각 실험구에서 25日間 懸濁浮泥에 노출되고 있는 試料에서 一定期間別로 濕重을 측정하였다. 流水 實驗水溫은 13.9±0.6°C 범위였고 恒광동으로 약 4,000 lux의 光을 照射하였으며 莖의 光合成測定水溫은 13.0±0.5°C였고 光度는 6,000 lux였다.

光合成量은 Warburg의 呼吸計를 써서 酸素發生量을 檢壓法으로 측정하거나 YSI 53型 酸素檢量計를 써서 실험전후의 溶存酸素量의 增減差異를 電極法으로 측정하였다.

結果 및 考察

1. 水溫의 영향

養殖場 水溫이 대체로 12.5~14.0°C였던 3월중순부터 4월중순에 이르기까지 養殖莖의 成葉을 標本採取하여 실험수온 8~18°C범위에서 光合成活力의 變化를 조사하였다(Table 1). 養殖莖의 生育末期인 이시기에 葉體의 光合成率은 수온 16.0°C에 이르기까지 增加하였으나 18.0°C에 이르르면 減少하였다. 이 결과는 양식장수온이 낮은 1월에 채취한 同種의 標品으로 실험한 從來의 실험결과(著者, 未發表)와

서로 符合되는 傾向을 보이고 있다(Fig. 1).

Table 1. Effects of temperature on the rates of photosynthesis of laver, *P. yezoensis*

Temp. (°C)	Rate of photosynthesis (O ₂ ml/g wet wt./day)
8	17.94 ± 3.56
10	25.47 ± 3.18
12	32.47 ± 5.44
14	37.89 ± 4.46
16	43.05 ± 5.81
18	38.92 ± 5.07

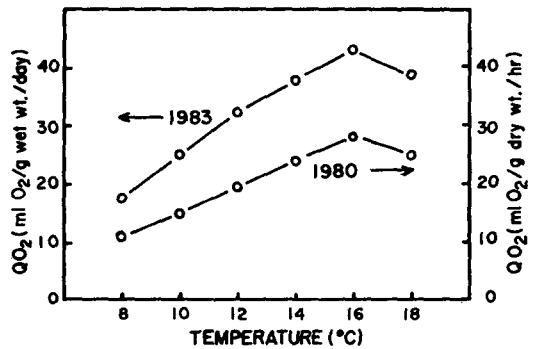


Fig. 1. Effects of temperature on the rates of photosynthesis of laver, *P. yezoensis* cultured in 1983 and 1980.

養殖場에서 莖의 生育狀態로 판단한 莖의 生長適溫은 일반적으로 漁期初 수온이 15°C 이하가 되면 生長기에 들어가는데 冬季 8~5°C가 生長適溫이며 春季 13°C 程度가 되면 生育이 그치게 된다(姜·高, 1977). 莖의 光合成活力과 水溫과의 關係를 실험한 岩崎(1965)에 따르면 莖의 生長적온은 14~16°C로 추정된다. 또 방사무늬김의 光合成活力은 適應水溫幅에 따라 變動을 보여 15~18°C까지는 增加하였으나 16~19°C에서 減少되었다(Satomi, 1968). 莖의 高溫에 대한 低抗性은 대체로 幼葉이 강하여 18~20°C에서도 잘 生育하나 成葉은 13~15°C에서도 最弱해 진다고 한다(姜·高, 1977).

溫度的 作用은 光度, 日照時間, 營養鹽 및 二酸化炭素 등의 環境要因과 相關되고 있지만 대체로 水溫 16°C 이상 상승하게 되면 양식김의 光合成能은, 주위 環境요인이 적정할 때라도, 떨어 진다고 볼 수 있겠다. 그리고 양식장에서 16°C 전후의 수온은 病

原菌의 번식에 좋은 溫度이므로 김의 活力이 低下되는데 더하여 疾病 發生의 原因이 될 수 있다는 점도 부수적 被害의 하나라고 하겠다.

2. 鹽分의 영향

養殖 김의 成葉을 實驗鹽分 21.5~33.5‰ 범위의 각 實驗海水에 넣고 光合成活力의 變化를 조사하였다(Table 2).

海水의 鹽分이 正常海水에 비해 약간 낮은 29.5‰에서는 光合成率은 다소 上昇하였고, 10‰ 이상 낮

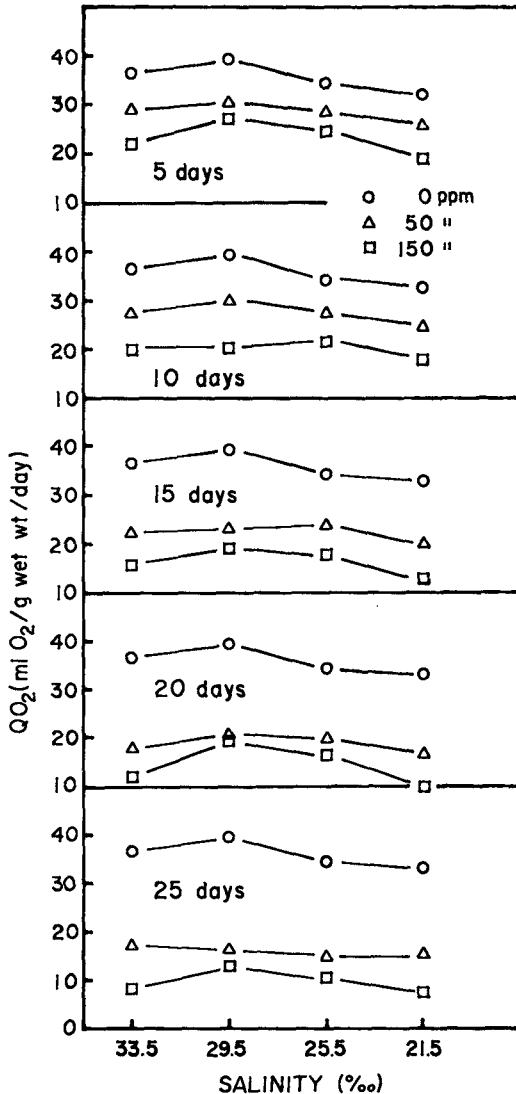


Fig. 2. Effects of salinity on the rates of photosynthesis of *P. yezoensis* with increase of the exposure time and the concentration of silt and clay.

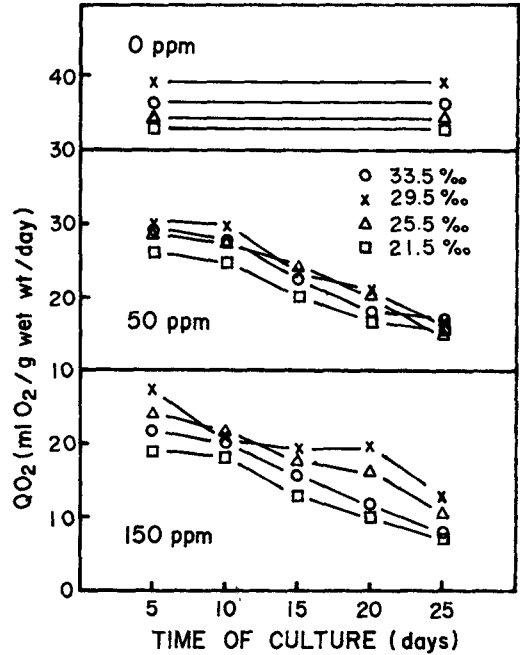


Fig. 3. Effects of exposure time on the rates of photosynthesis of *P. yezoensis* with increase of the concentration of silt and clay, and the change of salinity.

Table 2. Effects of salinity on the rates of photosynthesis of laver, *P. yezoensis*

Salinity (‰)	Rate of photosynthesis (ml O ₂ /g wet wt./day)
33.5	36.43 ± 10.43
29.5	39.36 ± 8.49
25.5	34.34 ± 7.32
21.5	32.90 ± 5.11

은 21.5‰에서는 약 10% 정도로 光合成率이 低下되었다.

한편, 鹽分 21.5, 25.5, 29.5 및 33.5‰의 각 實驗海水에서 浮泥濃度 0 ppm의 대조군과 50 및 150 ppm의 실험구별 양식김의 光合成活力을 5, 10, 15, 20 및 25日間의 처리경과일수별로 조사한 결과는 Fig. 2 및 3에 表示하였다. 鹽分 25.5‰에서 21.5‰의 低鹽分에 이르르면 김의 光合成率은 현저히 減少하였으며, 浮泥의 농도가 높고 浮泥曝露日數가 경과할수록 光合成率은 低減되었다.

一般的으로, 養殖 김의 生態로 보아 광범위한 염분에 적응하고 있지만, 염분 32.5‰ 전후가 김의 生育에 최적으로 알려져 있다(姜·高, 1977). 室內培養의 경우, 염분 21.7~32.5‰ 범위가 적합하다고

Table 3. The rates of photosynthetic activity of laver, *P. yezoensis* for 25 days of experimental cultures in the different concentration of silt and clay

QO_2 : ml O_2 /g wet wt./day

Sal. (%)	Conc. (ppm)	5 days	10 days	15 days	20 days	25 days
33.5	0	36.43±10.43	36.43±10.43	36.43±10.43	36.43±10.43	36.43±10.43
	10	35.88±10.39	31.55± 6.6	28.56± 9.14	27.02± 7.34	25.61± 6.19
	30	31.59± 4.29	28.57± 4.25	26.45± 5.78	23.96± 5.14	21.58± 5.56
	50	28.87± 6.57	27.54± 5.21	22.53± 6.14	17.98± 3.39	17.06± 4.36
	100	24.88± 5.57	24.20± 4.96	18.83± 5.14	15.97± 4.17	9.61± 3.49
	150	21.80± 3.6	20.27± 3.95	15.76± 4.03	11.88± 3.34	8.26± 3.11
29.5	0	39.36± 8.49	39.36± 8.49	39.36± 8.49	39.36± 8.49	39.36± 8.49
	10	40.39± 5.95	37.15± 7.76	38.26± 6.34	33.11± 9.02	30.39± 5.60
	30	37.43± 2.99	34.44± 3.18	32.73± 6.61	30.72± 4.49	25.62± 7.13
	50	30.27± 6.27	29.93± 5.45	23.18± 5.75	20.74± 6.72	16.37± 4.06
	100	28.99± 4.33	28.92± 3.68	20.49± 4.34	20.11± 3.16	14.17± 3.85
	150	27.20± 4.37	20.58± 7.33	19.32± 5.66	19.50± 4.08	12.94± 3.55
25.5	0	34.34± 7.32	34.34± 7.32	34.34± 7.32	34.34± 7.32	34.34± 7.32
	10	33.92± 6.16	33.45± 8.03	32.52± 6.69	28.73± 7.13	27.34± 8.65
	30	33.25± 4.87	31.65± 7.25	30.62± 7.03	27.28± 6.44	24.38± 7.78
	50	28.59± 7.63	27.44± 4.67	23.83± 4.76	20.03± 5.56	14.99± 4.43
	100	26.04± 5.79	25.72± 6.25	18.49± 5.35	17.72± 4.79	12.79± 3.19
	150	24.15± 4.15	21.71± 5.46	17.75± 3.69	16.38± 5.61	10.74± 3.55
21.5	0	32.90± 5.11	32.90± 5.11	32.90± 5.11	32.90± 5.11	32.90± 5.11
	10	31.69± 6.27	31.82± 8.76	29.80± 7.71	24.42± 7.48	23.93± 6.33
	30	26.17± 5.43	27.32± 8.10	25.91± 9.27	20.01± 8.06	18.09± 7.67
	50	25.88± 3.68	24.76± 5.63	20.11± 6.16	16.82± 5.36	15.30± 5.60
	100	21.64± 5.78	19.18± 4.45	17.35± 5.38	14.03± 6.66	8.75± 4.89
	150	18.93± 4.30	18.10± 3.76	13.16± 4.02	10.16± 3.98	7.37± 3.01

하나, 김 養殖場에서는 鹽分 24.6% 이하는 김 生育에 不適하다고도 한다.

특히, 다른 制限要因이 없으면 김은 相當한 低鹽分에도 耐性을 갖는다고 알려져 있지만, 鹽分の 低下가 營養鹽의 缺乏과 수반되면 김의 生育에 더 有害하다고 하는데, 本實驗의 경우 低鹽分の 영향은 또한 汚濁浮泥에 의해서 加重되어 養殖 김의 光合成率은 현저히 減少되었다.

3. 懸濁浮泥의 영향

養殖 김의 成葉을 부니농도 0~150 ppm 범위의 各實驗海水에서 25日間 처리하면서 各浮泥濃度別 및 處理經過日數別 光合成率의 變化를 조사하고 아울러 鹽分變化의 복합적 影響을 실험한 結果를 Table 3에 나타내었다.

김의 光合成率에 미치는 浮泥濃度の 影響은 실험 부니농도 10 ppm 에서 150 ppm 에 이르기까지 농도가 증가함에 따라 현저히 減少하였으며, 또 浮泥處理日

數의 影響을 보면 經過日數가 증가함에 따라 光合成率은 역시 현저히 減少하였다(Fig. 4).

한편, 실험염분 33.5%에서 21.5%에 이르는 범위에서 浮泥濃度別, 經過日數別, 複合影響은 대체로 低鹽分 影響이 큰 21.5%區에서 減少影響이 컸으며 33.5% 正常海水區에서도 비슷한 影響을 보였다. 各 실험구별 減少現象은 一貫性을 보여, 어느 실험염분 구에서나 부니농도가 증가함에 따라, 어느 부니농도 구에서나 처리일수가 경과함에 따라, 또 浮泥 및 處理日數에 불구하고 鹽分差에 따라, 김의 光合成率은 점차로 低下되었다.

各實驗區에서 김의 光合成活力の 減少程度를 50% 沮害率 基準로 살펴 보면 어느 실험구에서나 부니농도 30 ppm 에 이르기까지는 曝露期間 25日 동안에 김의 光合成率은 50% 이하의 減少를 보였다. 그러나 부니농도 50 ppm 이상 100 ppm 과 150 ppm 에서는 처리기간이 경과함에 따라 50% 이상의 光合成率의 減少를 보이기 시작하였다.

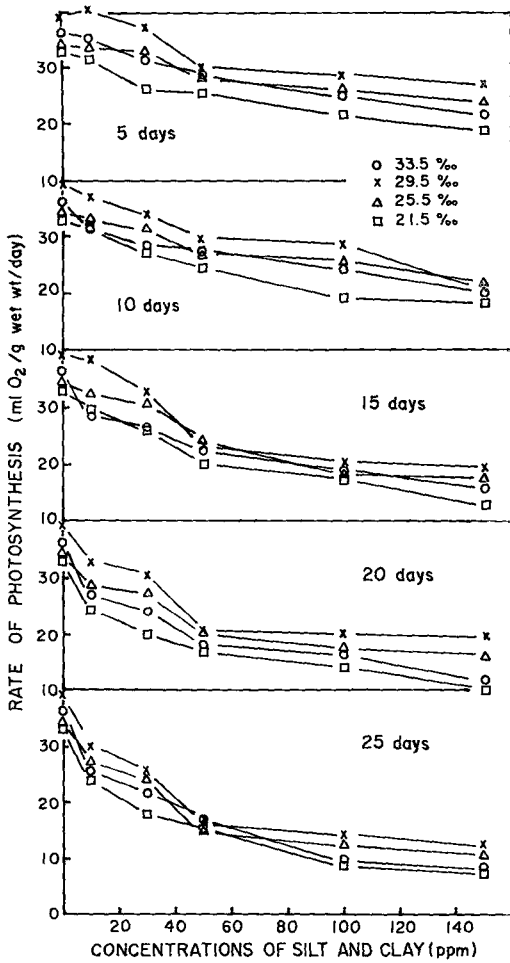


Fig. 4. Effects of silt and clay on the rates of photosynthesis of *P. yezoensis*.

海水鹽分 33.5‰의 경우, 부니농도 50 ppm 과 100 ppm에서 曝露 20日경과시에 光合成率은 50% 이상 감소하기 시작하였고 150 ppm에서는 15日 경과시부터 50% 이상 감소하기 시작하였다. 鹽分 29.5‰의 경우, 부니농도 50 ppm 과 100 ppm에서 曝露 25日 경과시에 光合成率은 50% 이상 감소하기 시작하였고 150 ppm에서는 15日 경과시 부터 50% 이상 감소하기 시작하였다. 다음 鹽分 25.5‰의 경우, 부니농도 50 ppm 과 100 ppm에서 曝露 25日 경과시에 光合成率은 50% 이상 감소하였고 150 ppm에서는 20日 경과시부터 50% 이상 감소하기 시작하였다. 鹽分 21.5‰의 경우, 부니농도 50 ppm에서는 曝露 25日 경과시에 100 ppm에서는 20日 경과시부터 光合成率

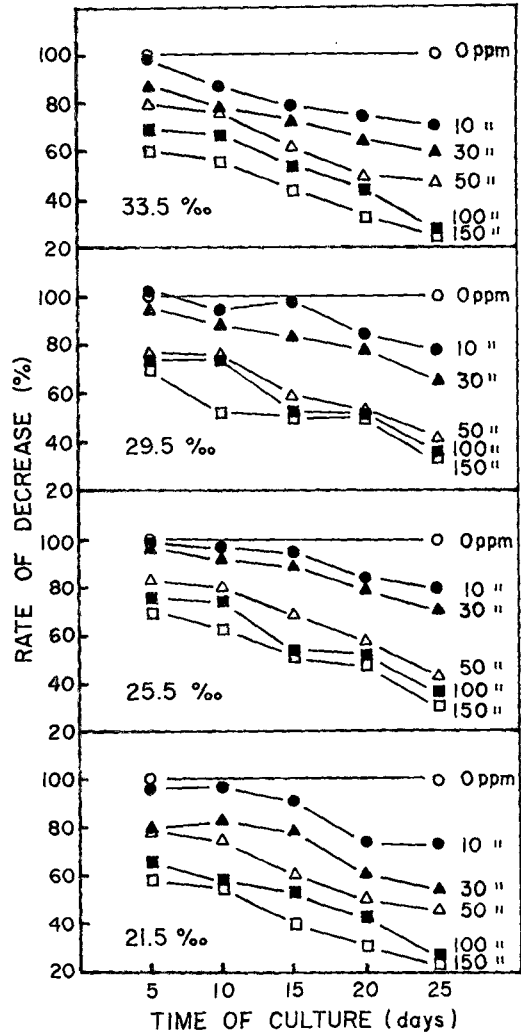


Fig. 5. Rates of decrease in the photosynthetic activity of *P. yezoensis* with increase of the exposure time and the concentration of silt and clay.

은 50% 이상 감소하기 시작하였고 150 ppm에서는 15日 경과시부터 50% 이상 감소하기 시작하였다.

海水에 懸濁된 浮游性物質은 海水를 混濁시켜 水中光線量을 감소시키거나 또는 海藻의 葉面上에 침착하여 해조류의 光合成을 주로 阻害함으로써, 이러한 상태가 장기간 계속되면 해조의 生長이 鈍化되거나 또는 腐敗 내지 枯死를 초래하게 된다. 그리고 生理的 被害의 程度는 阻害物質의 濃도, 曝露期間

Table 4. Loss of the wet weight of laver, *P. yezoensis* exposed to the different concentration of silt and clay during 25 days

Exposure time (days)	Concentration of silt and clay (ppm)					
	0	10	30	50	100	150
5	0—1.0	0—1.0	0—2.0	0—5.0	2.0—7.0	5.0—10.0
10	1.0—2.0	1.0—2.0	3.0—5.0	7.0—10.0	13.0—20.0	21.0—24.0
15	3.0—5.0	4.0—8.0	10.0—13.0	15.0—18.0	27.0—34.0	37.0—39.0
20	5.0—7.0	13.0—15.0	21.0—25.0	28.0—34.0	49.0—53.0	53.0—60.0
25	8.0—10.0	16.0—19.0	25.0—30.0	47.0—52.0	58.0—66.0	70.0—76.0

등의 相互영향을 받게 된다.

生態的으로 複合的인 환경 영향아래에 있는 養殖 김에 대한 懸濁浮泥의 영향 농도를, 50% 光合成 阻害濃度로서 汚染영향을 평가한 尾形(1967)의 方法으로 살펴 보았으나 餘他的 化學的 汚染被害와는 달리 懸濁浮泥의 物理的 障害는 慢性的이어서 實施 또는 適用濃도를 算出하는 데는 많은 考察이 必要할 것으로 생각된다.

한편, 鹽分 33.5%에서 부니농도를 10~150 ppm으로 달리한 실험구에서 25일간 양식김을 流水狀態로 沈積시켜 두었을 때(水溫 13.9±0.6°C, 照度 4,000 lux) 김 生體量의 變化를 조사하였다(Table 4).

對照區인 부니가 함유되지 않은 正常海水에서도 침적일수가 경과함에 따라, 김의 生重은 점차 減少하기 시작하여 25일 뒤에는 약 10% 정도가 消失되었다. 浮泥농도 30 ppm까지는 25일 경과시에 약 25~30% 정도가 消失되었으나 50 ppm에서는 47~57%가 消失되었다. 부니농도 100 ppm과 150 ppm에서는 20일 경과시에 각각 49~53%, 53~60% 정도가 消失되었고, 25일 체에는 거의 58~66% 및 70~76%가 消失되어 100 ppm에서는 實驗初 葉體量의 34~42%, 150 ppm에서는 24~30% 가량만이 殘存하였다.

懸濁浮泥處理 실험기간에 이와 같은 김 葉體의 生重의 감소현상은 葉體의 늙음에 따른 消失에 주로 起因하였다. 이와 같은 늙음 現象은 浮泥濃도가 증가할수록 또 처리일수가 경과할수록 점차 심해지는 것으로 보아, 結局 김의 光合成阻害에 따른 生合成低下에 起因한 生長 또는 葉體保全의 障害가 原因이 된 것으로 생각된다.

要 約

養殖 김에 미치는 水溫, 鹽分 및 海水中的 懸濁浮泥의 영향을 조사하였다.

1. 김의 光合成率은 실험수온 8~16°C까지는 水溫이 높아짐에 따라 增加하였으나 18°C에서는 減少되었다.

2. 實驗鹽分 21.5~33.5% 범위에서, 김의 光合成率은 29.5%에서 다소 增加하였고 21.5%에서는 減少하였다.

3. 김의 光合成率은 浮泥의 농도가 증가함에 따라 또 處理日數가 경과함에 따라 현저히 減少하였다.

4. 김의 光合成率에 미치는 鹽分과 浮泥의 複合影響을 보면, 低鹽分影響이 큰 21.5%에서 부니의 영향이 컸고, 33.5%에서도 비슷한 傾向을 보였다.

5. 김의 生體量은 부니의 농도가 증가함에 따라 또 처리일수가 경과함에 따라 현저히 減少하였다.

文 獻

- 岩崎英雄, 1965. アサカサノリの生理・生態に關する 研究. 廣島大水畜産學部紀要, 6(1): 133-211.
- 姜悌源·高楠表, 1977. 海藻養殖, 太和出版社. pp. 294.
- M. Satomi, Y. Aruga and K. Iwamoto, 1968. Effect of aging on the seasonal change in photosynthetic activity of *Porphyra yezoensis* grown in the culture ground. Bull. Jap. Soc. of Sci. Fish., 34(1): 17-22.
- 尾形英一, 1967. 汚水によるノリ被害の生理學. 水處理技術, 8(1): 29-42.