

## 다도해 해상 국립공원 상록활엽수의 수분상태와 광합성능

임병선 · 서계홍\* · 이점숙\*\*

목포대학교 생물학과, 대구대학교 생물학과\*, 군산대학교 생물학과\*\*

### Water Status and Photosynthetic Activities of Evergreen Broad-leaved Trees in Dadohae National Marine Park

Ihm, Byung-Sun, Gae-Hong Suh\* and Jeom-Sook Lee\*\*

Department of Biology, Mokpo National University

Department of Biology, Daegu University\*

Department of Biology, Kunsan National University\*\*

#### ABSTRACT

To elucidate ecophysiological factors affecting natural distribution of evergreen broad-leaved trees in Dadohae National Marine Park, water potential, relative water content and photosynthetic activities of 4 species, *Cammellia japonica*, *Machilus thunbergii*, *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii* and *Quercus acuta*, were studied on field and laboratory conditions. For all 4 species, diurnal courses of leaf water potential began to decrease from 07:00 h to its minimum value at 13:00 h for *C. cuspidata* var. *sieboldii* (-14.3bar) and *Q. acuta* (-19.4bar) at 16:00 h for *M. thunbergii* (-17.0bar) and at 19:00 h for *C. japonica* (-14.5bar), and these showed similar trends to relative water content. Photosynthetic activities of 4 species began to increase from 7:00 h and reached maximum values before their minimum values of water potential occurred. Optimum temperature ranges of photosynthetic activities was 18~20°C for *C. japonica* - *M. thunbergii* and 14~16°C for *C. cuspidata* var. *sieboldii* - *Quercus acuta*. *Q. acuta* had the highest light saturation point of 0.4mM/m<sup>2</sup>/s and *C. japonica* the lowest of 0.15mM/m<sup>2</sup>/s. Water potential of 4 species subjected to water stress, began to decrease after 1st day of drought and after 21th day of drought, those of *C. japonica*, *M. thunbergii*, *C. cuspidata* var. *sieboldii* and *Q. acuta* decreased to value of -25.1, -27.2, -38.1 and -37.7bar, respectively, whereas relative water contents of 4 species began to decrease after 7th day of drought and after 21th day, those of *M. thunbergii*, *C. cuspidata* var. *sieboldii* and *Q. acuta* were dropped to about 50% and *C. japonica* 83.5%. Photosynthetic activity of 4 species began to decline in the order of *C. cuspidata* var. *sieboldii*, *Q. acuta*, *C. japonica* and *M. thunbergii* after 10th day of drought.

\* 이 연구는 1988-91년도 한국과학재단 연구비 지원에 의한 결과의 일부임(과제번호 : 88-1043-04)

These results suggest that the segregated distributions of *C. japonica* - *M. thunbergii* on valley positions and *C. cuspidata* var. *sieboldii* - *Q. acuta* on slopes were associated with different responses of water status and photosynthetic activities to their environment.

**Key words** : Evergreen broad-leaved tree, Distribution, Water potential, Photosynthetic activity, Water stress

## 서 론

산림에서 식물의 생장과 분포를 제한하는 환경요인으로 토양과 지형요인이 많이 연구되어 왔으나(Coil 1953, Carmean 1967, Shoulder 1980), 최근에는 경사방향, 경사도, 고도 등의 지형적 특성에 따른 토양의 수분이용도와 수관의 일사량이 식물의 분포에 중요한 것으로 보고되고 있다(Larcher 1980, Meiner *et al.* 1984, Lipmcomb and Nilsen 1990). 그리고 지형적 특성에 따른 토양의 수분상태는 식물의 수분관계에 직접적인 영향을 준다(Mert and Vander 1977, De Jong and Drak 1981, 임과 이 1886, 임 1989).

식물의 수분관계는 주로 삼림, 건조 및 반건조지역에서 수분의 흡수, 이동 및 소실에 의한 식물체의 수분포텐셜을 토양-식물-대기간의 연속체 개념에서 밝혔고(Denmead and Show 1962, Taerum 1973, Black 1984), 식물종간 일중 또는 계절적 수분상태의 변화와 그 차이를 측정하였으며(Russell *et al.* 1982, Davis and Mooney 1985, Svejcar 1986), 수분 스트레스에 대한 식물의 삼투조정, 내건성 및 광합성 반응을 조사하여 왔다(Van Bavel 1967, Cuter and Rains 1977, 이 1980, Ritchie 1981, Davis and Mooney 1985, Richards and Bliss 1986, Svejcar 1986). 또한 식물의 수분 상태는 식물의 광합성, 호흡 및 증산 등의 가스교환에 영향을 미치는데, 특히 수분결핍시 광합성에 미치는 영향에 대하여 세포대사에서부터 생리생태적인 수준에 이르기까지 많은 연구가 진행되었으나(Hsiao 1973, Bradford and Hsiao 1982, Schulze 1986), 이러한 식물의 생리적 반응이 식물의 분포에 미치는 영향에 관한 연구는 미진한 상태다. 우리나라에서는 상록활엽수에 관한 연구가 주로 식물상과 식생구조에 관하여 이루어졌다(주 1957, 정 1964, 이 등 1982, 임과 이 1976, 임 1986, 김과 박 1988, 김 등 1989). 임 등(1992)은 소흑산도를 포함한 5개의 다도해 해상국립공원에서 대표적인 상록활엽수로 동백나무와 후박나무는 계곡 주변에, 구실잣밤나무와 붉가시나무는 경사지 또는 능선에 주로 분포함을 밝힌 바 있다.

본 연구는 다도해 해상국립공원을 중심으로한 대흑산도로 부터 홍도, 금오도, 보길도 및 소흑산도에 이르는 섬에서 주로 분포하는 계곡 주변의 동백나무(*Cammellia japonica*)와 후박나무(*Machilus thunbergii*), 경사지와 능선 부근의 구실잣밤나무(*Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii*)와 붉가시나무(*Quercus acuta*)를 대상으로 식물의 수분상태와 광합성능을 비교하고, 이들 종의 분포와의 관계를 밝히고자 한다.

## 재료 및 조사방법

### 재료식물의 처리

현지에서 크기가 균일한 3년생 동백나무, 후박나무, 구실잣밤나무 및 붉가시나무의 유목을 1990년 4월 중에 자연토와 부엽토를 1:1로 섞은 폼라스틱 화분(60×20×18cm)에 이식한 후, 이들 식물을 12, 1, 2월에는 실험실에서, 그 외 기간에는 야외 자연상태에서 1년동안 재배하면서 가끔 수분스트레스를 받도록 하고, 고사를 방지하기 위하여 최소한의 수분만을 공급하였다. 실험

진 7일 동안에는 이들 재료식물에 매일 충분한 물을 공급한 후, 야외 또는 실험실 조건에서 식물의 수분상태와 광합성능을 측정하였다.

실험실 내에서는 포화광을 유지하면서 5~45℃의 온도 변화에 따라, 또한 최적온도를 유지하면서 0~0.5mM/m<sup>2</sup>/s의 광도 변화에 따라 식물의 광합성능을 각각 측정하였다. 야외에서는 1991년 4월 29일 07:00, 10:00, 13:00, 16:00 그리고 19:00 h에 잎의 수분포텐셜, 상대수분함량 및 순광합성률을 측정하였고, 아울러 00:00부터 24:00h까지 야외의 광도 및 기온의 일변화를 연속 측정하였다. 건조에 대한 재료식물의 반응은 재료식물이 생육하는 화분에 21일 동안 급수를 중단하여 수분스트레스를 가함으로써 조사되었는데, 단수에 의한 수분스트레스가 진행됨에 따라 매일 12:00h에 각 재료식물 잎의 광합성능을, 15:00h에 이들의 수분포텐셜과 상대수분함량을 측정하였다.

### 수분포텐셜과 상대 수분함량

식물의 수분포텐셜은 충분히 개엽된 잎을 채취하여 증류수로 세척하고 티슈로 닦은 후 즉시 sample chamber(Wescor, C-2)에 넣고 2~4시간 동안 25℃에서 수분평형에 이르게 한 후 water potential data system (Wescor, HP-115)으로 측정하였다. 상대수분함량은 대상 잎 조직에서 친공기로 20개 원반을 으려낸 즉시 무게(Wf)를 칭량하고 증류수를 포함한 petri dish에 잎을 띄운 후 25, 0.1mM/m<sup>2</sup>/s의 광선하에서 4~6시간 방치한 후 칭량하고(Wt) 이를 80℃에서 24시간 건조시킨 후 다시 칭량하여(Wd) 다음 식에 의하여 구하였다.

$$RWC(\%) = (Wt - Wf) / (Wt - Wd) \times 100$$

### 광합성 측정

재료식물 잎의 순광합성을 측정하기 위하여 동화상자, 적외선 기체분석기, 공기공급장치, 온도 제어장치, 인공광원 및 수치기록기들로 구성된 광합성 측정 system을 이용하였다. 동화상자는 투명한 acrylamide로 제작되었으며 온도를 조절할 냉각수를 순환시켜 줌으로써 내부의 온도를 필요한 정도로 제어 유지하였다. 동화상자 안의 염온은 내장된 T-type 열전대 온도계로 감시하였으며 전 실험과정에 걸쳐 연속적으로 기록되었다. 실험 중 동화상자에 흘려준 외기의 이산화탄소 농도는 340~370vpm 정도로 유지하였으며 이를 상온에서 필요에 따라 200~300 ml/min의 유속으로 동화상자에 유입시켰다. 실험실에서 광합성 측정시 사용한 광원은 그 파장특성이 태양광에 근사한 metal haloide lamp (태양전자 TY-301)이었으며 광도는 quantum sensor (Delta-T Devices Ltd. QS 8537, England)를 data logger((Delta-T Devices Ltd., England)에 연결하여 판독 및 기록을 하였다. 이 같은 측정장치에 재료식물의 잎을 넣었을 때 생기는 유입공기와 유출공기 중의 이산화탄소 농도의 차이를 적외선 기체 분석기(LCA 2, ADC Co., England)로 감지하고 다음과 같은 식에 따라 순광합성률로 환산하였다.

$$P = (V/60/1000) / 22.4 \times \{273 / (273 + T)\} \times (C_i - C_o) / S$$

$$= 2.0312 \times V \times (C_i - C_o) / (273 + T) / S$$

P : Net photosynthetic rate ( $\mu\text{mol CO}_2 / \text{m}^2 / \text{s}$ )

V : Flow rate of the air into the chamber (ml/min)

T : Temperature of the air into the chamber (°C)

$C_i$ : CO<sub>2</sub> concentration of the air into the chamber (vpm)

$C_o$ : CO<sub>2</sub> concentration of the air out of the chamber (vpm)

$S$ : Leaf area of the sample (cm<sup>2</sup>)

## 결과 및 고찰

### 식물의 수분상태

야외실험 당일 일출시각은 05:30 h이었고, 12:20h에 최고치인 1.898mM/m<sup>2</sup>/s에 도달하였으며 19:20h에 일몰되었다. 기온은 일출직전인 05:40h에 최저치인 2.6℃이었고 16:50h에 최고치인 24.2℃이었으며, 그 후 계속 감소되었다(Fig. 1).

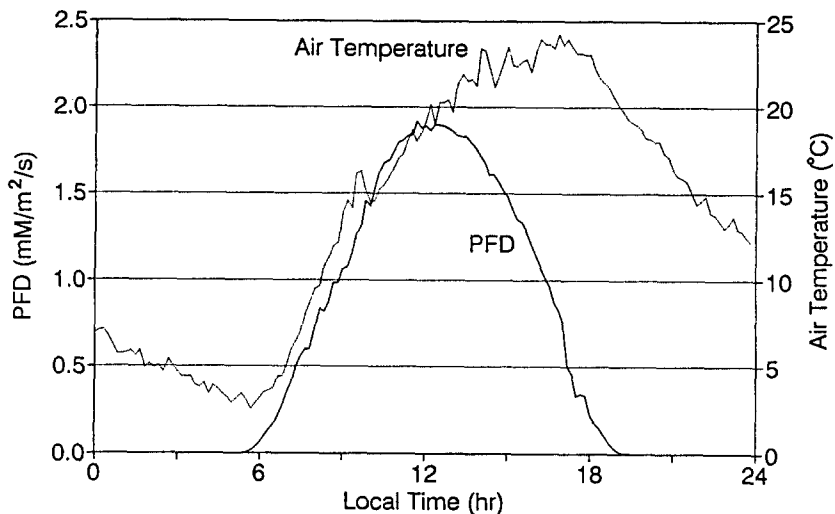
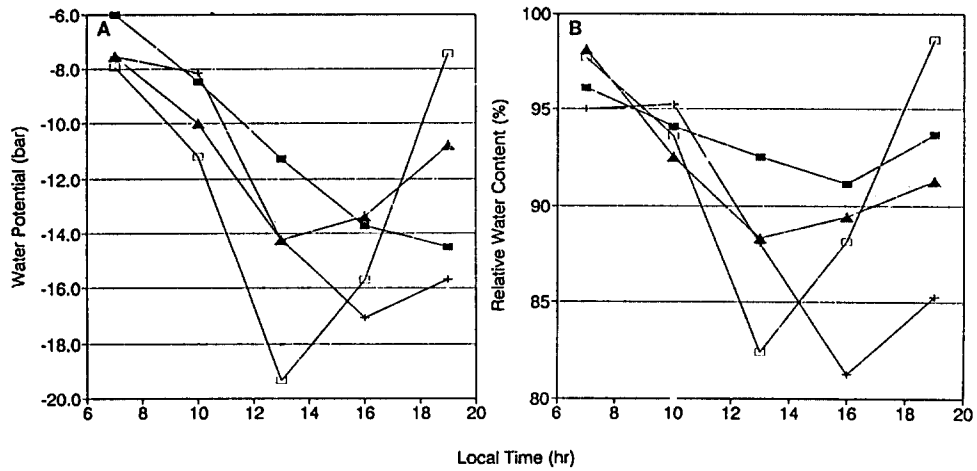


Fig. 1. Diurnal courses of photon flux density (PFD) and air temperature on 29 April, 1991.

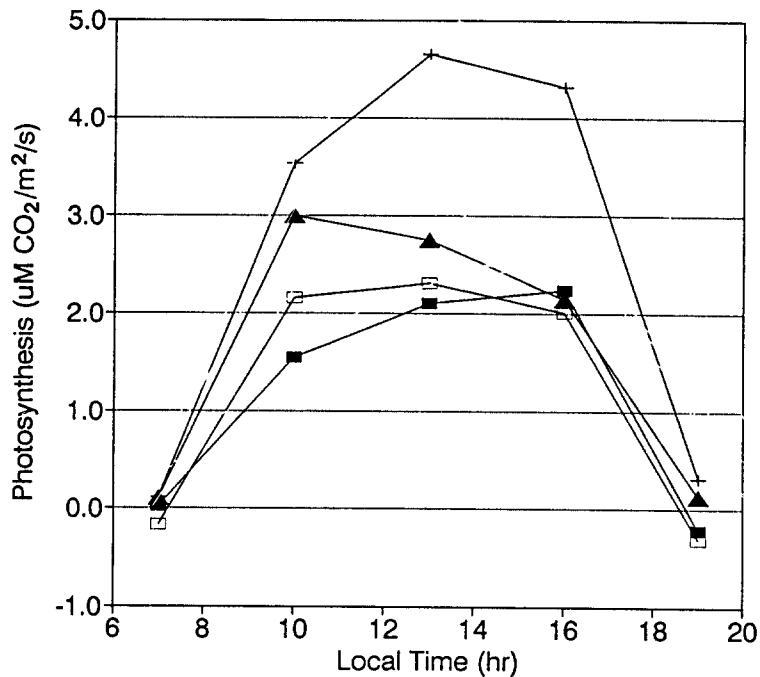
4종 식물잎의 수분포텐셜의 일변화는 일출 후 태양 광도가 증가함에 따라 감소하기 시작하여 구실잣밤나무와 붉가시나무가 13:00h에 각각 -14.3과 -19.4 bar, 후박나무가 16:00h경에 -17.0 bar의 최저값을 나타낸 후 점차 회복하는 경향을 보였으나 동백나무가 19:00h까지 계속 감소하여 -14.5 bar에 이르렀다(Fig. 2a). 식물체의 수분포텐셜의 일변화는 공기 중의 습도와 밀접하여, 여명기에 가장 높고 정오 직후에 가장 낮은 값을 보이는데(Davis and Mooney 1985, Sevjar 1986, Richard and Bliss 1986, 임 1986, 1989), 구실잣밤나무와 붉가시나무는 이와 일치하는 경향성을 보였으나 동백나무와 후박나무는 각각 19:00과 16:00h까지 계속 감소하여 이와 다른 결과를 보였다. 이는 구실잣밤나무와 붉가시나무는 능선 가까이에 위치하여 온도와 습도의 변화 폭이 큰 조건에, 동백나무와 후박나무는 계곡 가까이에 분포하여 이러한 변화의 폭이 적은 조건에 적응한 것으로 생육지 환경의 차이에 기인한 것으로 사료된다. 식물의 수분포텐셜은 식물의 수분스트레스의 정도를 나타내는데(Chaves 1991), 붉가시나무는 수분포텐셜의 일변화 폭이 가장 커, 낮 동안 일시적인 수분스트레스를 받을 것으로 예상된다. 상대수분함량은 4종 모두가 07:00 h에 95.0~98.1%이었고, 그 후 계속 감소하여 붉가시나무와 구실잣밤나무가 13:00h에 각각 82.4와 88.3%, 후박나무가 16:00h에 81.3%로 낮아진 후 회복되어 수분포텐셜

의 일변화와 유사한 경향성을 보였다. 동백나무는 16:00h에도 91.2%로 높게 유지하여 수분보유 능이 가장 높았다.



**Fig. 2.** Diurnal courses of water potential(a) and relative water content(b) in leaves of 4 species on 29 April, 1991.

—■— : *Camellia japonica*, —+— : *Machilus thunbergii*  
 —▲— : *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii*, —□— : *Quercus acuta*



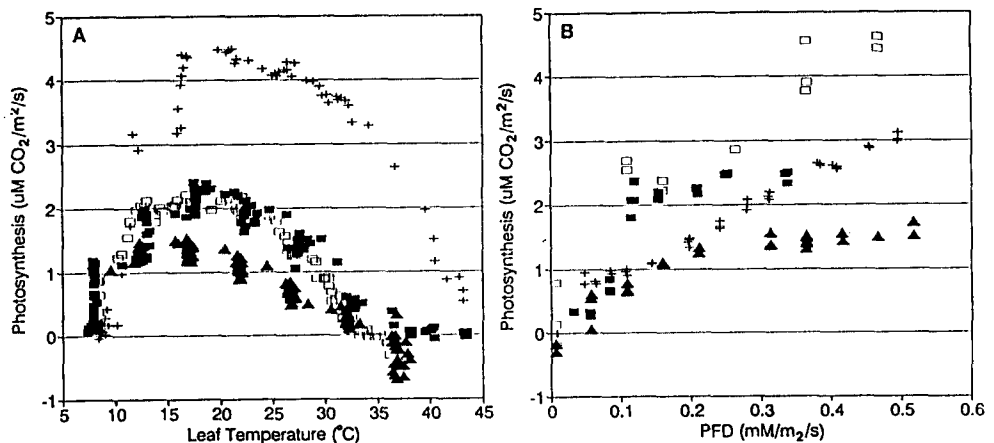
**Fig. 3.** Diurnal courses of net photosynthesis in leaves of 4 species on 29 April, 1991. Legends are the same as Fig. 2.

### 식물의 광합성능

야외에서 광합성의 일변화는 4종이 모두 07:00 h에 순광합성이 증가하기 시작하여, 구실잣밤나무와 붉가시나무가 10:00와 13:00h에 3.0와 2.2  $\mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ , 후박나무와 동백나무가 13:00와 16:00h에 4.8과 2.3  $\mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ 으로, 각각 최대치를 보인 후 19:00 h에 보상점 수준으로 크게 낮아졌다. 4종의 광합성능은 붉가시나무가 13:00에 최대치를 보였으나, 그 밖의 종은 각 종의 수분포텐셜(Fig. 2)이 최저치에 도달하기 전에 최대치를 보여, 낮동안 수분스트레스에 의하여 억제되는 것으로 사료된다. 특히 후박나무의 광합성능은 4종중 가장 높았다. 재료식물들의 광합성능은 papyrus(Jones 1987)의 20  $\mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ 보다는 작은 값이었으나 후박나무는 *Atriplex triangularis*(Bjorkman 1981)와 *Capsicum annum*(Rao and Bhatt 1988)의 약 5  $\mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ 과 유사하였고 나머지 종은 이보다 낮았다. 상록활엽수의 광합성량이 낮은 것은 낙엽 활엽수 비하여 큐티클층이 잘 발달되어 mesophyll cell의 기공저항이 큰 것에 기인된 것으로 생각된다(Lipscomb and Nilsen 1990).

실험실 조건에서 온도에 따른 4종의 광합성능은 후박나무, 동백나무의 최적온도가 18~20°C, 붉가시나무와 구실잣밤나무가 14~16°C이었고 최적온도에서 광합성능은 후박나무가 4.5  $\mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ 로 가장 높고, 구실잣밤나무가 1.5  $\mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ 으로 가장 낮았다. 순 광합성이 가능한 온도 범위는 후박나무와 동백나무가 8~43°C, 구실잣밤나무와 붉가시나무가 8~32°C로 전자가 비교적 높고, 후박나무는 광합성능 뿐만 아니라 그 최적온도범위도 가장 큰 것으로 나타났으며, 구실잣밤나무는 가장 낮았다(Fig. 4a). 광합성의 최적 온도는 극지에서 생육하는 지의류인 *Neurospogon acromelanus*가 7°C이고 (Lanse and Kappen 1972), 상록성 사막 관목인 *Atriplex hymenelyta*가 30°C(Mooney *et al.* 1976)로 식물의 종과 식물이 생육하는 환경 조건에 따라 차이를 보이는데, 본 조사 식물들의 광합성의 최적온도는 계곡쪽에 분포하는 동백나무와 후박나무가 높고, 능선쪽에 분포하는 구실잣밤나무와 붉가시나무가 낮아 이들 식물은 고도에 따른 생육지 온도에 적응한 것으로 사료된다.

광도에 따른 4종 식물의 광합성능은 모두가 포화곡선 형태를 나타냈으며, 광포화점이 붉가시



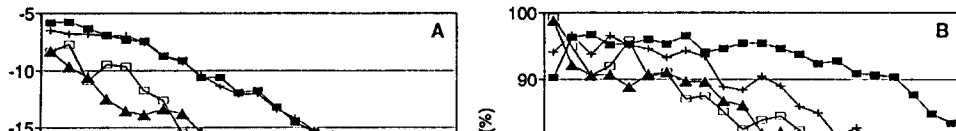
**Fig. 4.** Temperature response curves(a) at light saturation point and light response curves(b) at optimum temperature from 4 species. Legends are the same as Fig. 2.

나무가  $0.40 \text{ mM/m}^2/\text{s}$ 로 가장 큰 값을 보였으며 다음으로 후박나무와 구실잣밤나무가 각각 35와  $0.30 \text{ mM/m}^2/\text{s}$  이었고 동백나무가  $0.15 \text{ mM/m}^2/\text{s}$ 로 가장 낮았다(Fig. 4b). 동백나무와 붉가시나무의 광포화점은 생육지 일사량과 밀접한 관련이 있는 것으로 사료된다. 이와 같은 경우는 Appalchian Mountains에 분포하는 상록과 낙엽관목수가 생육지의 일사량에 적응한 광합성 형태를 나타내 생리적 반응을 달리함으로써 분리되어 분포한 것과 일치하였다(Lipmcomb and Nilsen 1990).

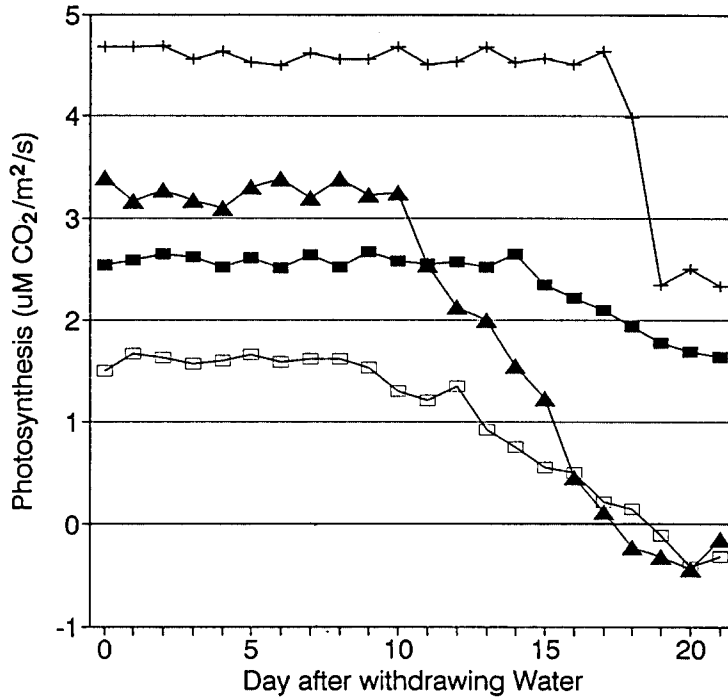
### 수분스트레스에 대한 식물의 반응

단수 전에 잎의 수분포텐셜은 동백나무, 후박나무, 구실잣밤나무 및 붉가시나무가 각각  $-5.8$ ,  $-6.6$ ,  $-8.4$  및  $-8.2 \text{ bar}$ 이었고 잣밤나무와 붉가시나무가 단수 직후부터, 동백나무와 후박나무가 단수 5일 후 부터 감소하기 시작하여, 단수 21일 후에 각각  $-25.1$ ,  $-27.2$ ,  $-38.1$  및  $-37.7 \text{ bar}$ 로 구실잣밤나무와 붉가시나무에서 더욱 크게 감소되었다(Fig. 5a). 수분스트레스에 대한 식물의 삼투적응능은 수분포텐셜의 변화가 빠를수록 높고(Clipson *et al.* 1985) 수분포텐셜을 크게 낮춤으로서, 토양으로부터 수분흡수를 용이하게 한다고(Robert *et al.* 1981) 하였는데, 본 조사의 구실잣밤나무와 붉가시나무가 이와 연관되는 것으로 사료된다. 단수 전에 잎의 상대수분함량은 동백나무, 후박나무, 구실잣밤나무 및 붉가시나무 각각 90.3, 94.1, 98.8 및 99.2%를 유지하다가 수분스트레스가 가해짐에 따라 점차 감소하여 21일이 지나서는 각각 83.5, 54.7, 49.9 및 50.6%로 낮아졌다(Fig. 5b). 후박나무, 구실잣밤나무 및 붉가시나무의 상대수분함량은 약 50% 안팎까지 감소하였으나 동백나무는 완만한 감소 추세와 함께 그 최저값도 83.5%로 다른 종에 비하여 높은 값을 나타내어, 동백나무의 수분보유능이 가장 높았다. 상대수분함량은 수분포텐셜의 감소 경향과는 달리 4 종의 재료식물 모두가 단수후 5일 정도까지는 큰 차이를 보이지 않다가 7일이 경과하면서 감소하기 시작하였다. 이는 상록활엽수가 큐티클층의 발달로 수분 손실을 방지하기 때문으로 생각된다.

잎의 광합성능은 단수 전에 동백나무, 후박나무, 구실잣밤나무 및 붉가시나무 각각 2.6, 4.7, 3.



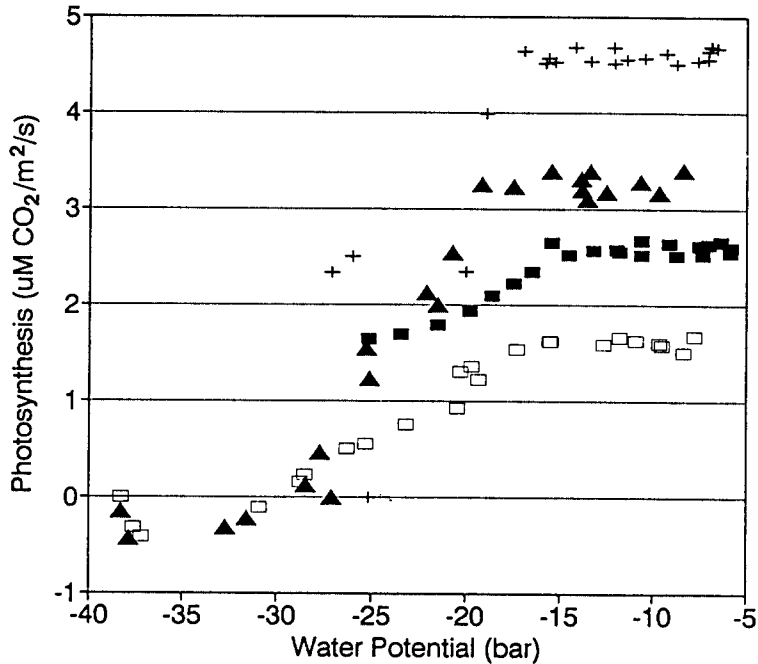
2 및  $1.7 \mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ 의 값을 유지하였고 수분스트레스가 진행 됨에 따라 단수 10일 후에 구실잣밤나무의 잎에서 먼저 광합성능이 저해되기 시작하였으며 다음 날에는 붉가시나무의 잎에서도 감소 추세가 나타난 반면 동백나무의 경우 15일 이후 약간의 감소 추세가 나타났고, 후박나무 잎에서는 18일이 되어서야 광합성능이 급격히 저해되기 시작하였다(Fig. 6). 단수처리후 21일째에 동백나무, 후박나무, 구실잣밤나무 및 붉가시나무의 광합성능은 각각 1.7, 2.3,  $-0.3$  및  $-0.2 \mu\text{M CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ 까지 감소되어 동백나무와 후박나무에 비하여 구실잣밤나무와 붉가시나무가 더욱 낮아, 후자는 수분스트레스에 대하여 낮은 광합성능을 유지한 것으로 보인다.



**Fig. 6.** Time trends of maximum photosynthesis in leaves of 4 species after withdrawing water. Legends are the same as Fig. 2.

수분결핍에 따른 재료식물들의 수분포텐셜과 광합성과의 관계에서 식물의 광합성능은 수분포텐셜이 일정한 값 이하로 떨어지면서 감소하기 시작했다(Fig. 7). 광합성능의 감소가 나타나기 시작하는 동백나무, 후박나무, 구실잣밤나무 및 붉가시나무의 수분포텐셜 값은 각각  $-15$ ,  $-16$ ,  $-19$  및  $-21$  bar로서 동백나무와 후박나무에 비하여, 보다 건조한 지역에 생육하는 구실잣밤나무와 붉가시나무가 더욱 낮아 생육지 환경에 적응한 것으로 사료된다. 수분포텐셜이  $-25$  bar 이하로 감소되면 4종 식물 모두에서 순광합성은 정지되었다. 이와 같은 관계는 *Helianthus annuum*(Boyer 1970), *Beta vulgaris*(Handsen 1971), *Sorgume bicolor*(Jones and Rawson 1979) 및 *Panicum maximum*(Ludlow et al. 1980) 등의 식물에서도 보고된 바와 같이 각 종들의 세포 및 조직의 차이에 기인한 것으로 사료된다. 또한 건조기간이 길어짐에 따라 광합성능이 크게 낮아지는 것은 기공조절능이 저하되고 탈수현상과 다른 환경요인에 의한 스트레스가 배가되기 때문으로 생각된다(Kaiser 1987 a,b).





**Fig. 7.** Relationship between water potential and maximum photosynthesis. Legends are the same as Fig. 2.

## 요 약

다도해 해상국립공원에서 입지조건이 다른 동백나무, 후박나무, 구실잣밤나무 및 붉가시나무의 상록활엽수를 대상으로 수분상태와 광합성능을 야외와 실험실 조건에서 측정하였다. 식물 잎의 수분포텐셜의 일변화는 일출후 감소하기 시작하여 구실잣밤나무와 붉가시나무가 13:00에 각각 최저치인  $-14.3$ 와  $-19.4$  bar, 동백나무와 후박나무가 각각 19:00와 16:00h에 각각  $-14.5$ 과  $-17.0$  bar로 각각 낮아졌으며, 이와 같은 경향은 상대수분함량에서도 유사하였다. 광합성의 일변화는 붉가시나무를 제외한 3종 모두가 07:00부터 증가하기 시작하여 각 종의 수분포텐셜이 최저치에 도달하기 전에 최대를 나타내었고, 이때의 광합성능은 후박나무가 가장 높았다. 광합성의 최적온도 범위는 동백나무와 후박나무가  $18\sim 20^{\circ}\text{C}$ , 구실잣밤나무와 붉가시나무가  $14\sim 16^{\circ}\text{C}$  이었으며, 광포화점은 붉가시나무가  $0.4\text{mM}/\text{m}^2/\text{s}$ 로 가장 높고, 동백나무가  $0.15\text{mM}/\text{m}^2/\text{s}$ 로 가장 낮았다. 수분스트레스에 의한 식물의 수분포텐셜의 변화는 4종이 모두 단수 직후부터 감소하기 시작하여, 단수 21일 후에 동백나무와 후박나무가  $-25.1$ 과  $-27.2$  bar, 구실잣밤나무와 붉가시나무가  $-38.1$ 과  $-37.7$  bar로 각각 감소되었고, 상대수분함량은 4종 모두가 단수 7일 후에 감소하기 시작하여 21일 후에 후박나무, 구실잣밤나무 및 붉가시나무가 약 50%까지 낮아졌으나, 동백나무가 83.5%로 감소 폭이 적었다. 또한 광합성능은 단수 10일 후에 구실잣밤나무가 먼저 저하되기 시작하여 다음으로 붉가시나무, 동백나무, 후박나무 순으로 감소되었다. 이상의 결

과에서 계곡쪽에 분포하는 동백나무와 후박나무, 능선 가까이에 분포하는 구실잣밤나무와 붉가시나무는 각각 생육지 환경에 적응한 수분상태와 광합성능을 나타냈다.

## 인용문헌

- 김철수·박연우. 1988. 소흑산도 식물상과 식생에 관한 식물사회학적 연구. 목포대학 연안생물 연구 5:1-43.
- 김철수·박연우·中越信和. 1989. 보길도 식물상과 식생에 관한 식물사회학적 연구. 목포대학 연안생물연구 6:65-96.
- 이일구·이호준·차영일·김인택. 1982. 수개 도서지방의 상록활엽수의 분포와 그의 보존상태에 관하여. 자연보존연구보고서 4:115-136.
- 이점숙. 1980. 낙죽고사리 지하경의 건조저항에 대한 생태학적 연구. 석사학위논문, 서울대학교. 63 pp.
- 임병선. 1986. 토양환경이 다른 홍도 적송의 특성. 연안생물연구 3:69-77.
- 임병선·이점숙. 1986. 염습지 환경변화에 대한 통통마디와 칠면초의 적응. 환경생물학회지 4:15-25.
- 임병선. 1989. 토양의 수분포텐셜과 식물의 삼투조정능에 의한 해안식물군락의 분포. 박사학위논문, 서울대학교.
- 임병선·박연우·김하송. 1992. 다도해 해상국립공원 상록활엽수림의 군락형성에 미치는 환경요인. 연안환경연구 9:31-42.
- 임양재·이우철. 1976. 주도와 까막섬의 식생. 한국식물학회지. 19:49-61.
- 주상우. 1957. 한국 난대계 상록활엽수의 재검토. 경남고등학교학보. 부산. pp. 1-18.
- 정현배. 1964. 흑산군도의 식물조사보고. 춘천농대 임학회지 1:13-36.
- Bjorkman, O. 1981. Responses to different quantum flux densities. In, Encyclopedia of plant physiology, O. L. Lange, P. S. Nobel, C. B. Osmond and H. Ziegler (eds. ). Springer-Verlag, Berlin. pp.57-107.
- Black, R. A. 1984. Water relations of *Quercus palustris*: field measurements on an experimentally flooded stand. Oecologia 64:14-20.
- Boyer, J. S. 1970. Relationship of water potential to growth of leaves. Plant Physiol. 43:1056-1062.
- Bradford, K. J., and T. C. Hsiao. 1982. Physiological responses to moderate water stress. In, Encyclopedia of plant physiology, O. L. Lange, P. S. Nobel, C. B. Osmond and H. Ziegler(eds). Springer-Verlag, Berlin. pp. 246-324.
- Carmean W. H. 1967. Soil refinements for predicting black oak site quality in Southeastern Ohio. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 31: 805-810.
- Chaves, M. M. 1991. Effects of water deficits on carbon assimilation. Journal of Experimental Botany 42:1-16.
- Clipson, T. A. D., T. J. Flowers and R. G. Wyn Jones. 1985. Salt tolerance in the halophyte *Suaeda maritima* (L) Dum. The maintenance of turgor pressure and water potential gradients in plants growing at different salinities. Planta 65:392-396.

- Coil T. S. 1953. Relation of soil properties to site index of loblolly and shortleaf pines in the Piedmont region of the Carolinas, Georgia and Alabama. *J. For.* 51: 739-744.
- Cutler, J. M. and D. W. Rains. 1977. Effect of irrigation history on response of cotton to subsequent water stress. *Crop Sci.* 17:329-335.
- Davis, S. D. and H. A. Mooney. 1985. Comparative water relations of adjacent California Shrub and grassland communities. *Oecologia* 66:522-529.
- DeJong, T. M. and B. G. Drake. 1981. Seasonal patterns of plant and soil water potential on an irregularly flooded tidal marsh. *Aquatic Bot.* 11: 1-9.
- Denmead, O. T. and R. R. Show. 1962. Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content and meteorological conditions. *Agron. J.* 45: 385-390.
- Handsen, G. K. 1971. Photosynthesis, transpiration and diffusion resistance in relation to water potential in leaves during water stress. *Acta. Agr. Scand.* 21:163-171.
- Hsiao, T. C. 1973. Plant responses to water stress. *Annual Review of Plant Physiology* 24:519-570.
- Jones, M. M. and H. M. Rawson. 1979. Influence of rate of development of leaf water deficit upon photosynthesis, leaf conductance, water use efficiency, and osmotic potential in sorghum. *Physiol. Plant.* 45:103-111.
- Jones, M. B. 1987. The photosynthetic characteristics of papyrus in a tropical swamp. *Oecologia* 71:355-359.
- Kaiser, W. M. 1987a. Effects of water deficit on photosynthetic capacity. *Physiologia Plantarum* 71: 142-149.
- Kaiser, W. M. 1987b. Methods for studying the mechanism of water stress effects on photosynthesis. In, *Plant responses to stress*, J. D. Tenhunen, F. M. Catarino, O. L. Lange and W. C. Oechel(eds. ). Springer-Verlag, Berlin, pp 77-93.
- Lange, O. and L. Kappen. 1972. Photosynthesis of lichens from antarctica. *Antarctic Research Series* 20:83-95.
- Larcher, W. 1980. *Physiological plant ecology*. Springer-Verlag, New York.
- Lipscomb, M. V. and E. T. Nilsen. 1990. Environmental and physiological factors influencing the natural distribution of evergreen and deciduous ericaceous shrubs on northeast and southwest facing slopes of the southern Appalachian mountains. II. water relations. *Amer. J. Bot.* 77:108-115.
- Ludlow, M. M., T. T. Ng and C. W. Ford. 1980. Recovery after water stress of leaf gas exchange in *Panicum maximum* var. *tricolglume*. *Aust. J. Plant Physiol.* 7:299-313.
- Meiner T. M., D. W. Smith, T. L. Sharik and D. E. Beck. 1984. Soil and plant water stress in an Appalachian oak forest in relation to topography and stand age. *Plant and Soil* 80: 171-179.
- Mert, H. H. and Y. Varder. 1977. Salinity, osmotic pressure, and transpiration relationships of *Salicornia herbaceae* in its natural habitats. *Phyton* 18:71-78.
- Mooney, H. A., O. Bjorkman, J. Ehleringer and J. Berry. 1976. Photosynthetic capacity of *in situ* Death Valley plants. *Carnegie Institution Year Book* 75: 410-413.

- Rao, N. K. S. and R. M. Bhatt. 1988. Photosynthesis, transpiration, stomatal deffusive resistance, and relative water content of *Capsicum* (Bell Pepper) grown under water stress. *Photosynthetica* 22:377-382.
- Richards, J. H. and L. C. Bliss. 1986. Winter water relations of a deciduous timberline conifer, *Larix lyallii*. *Parl. Oecologia* 69:16-24.
- Ritchie, J. T. 1981. Model for predicting evaporation from a raw crop with complete cover. *Water Resources Res.* 8: 1204-1213.
- Robert, S. W., B. R. Strain and K. R. Knoerr. 1981. Seasonal variation in leaf tissue elasticity in four forest tree species. *Physiologia Plantarum* 52:425-250.
- Russell, K. Monson and S. D. Smith. 1982. Seasonal water potential components of sonoran desert plants. *Ecology* 63:113-123.
- Schulze, E. D. 1986. Carbon dioxide and water vapour exchange in response to drought in the atmosphere and in the soil. *Annual Review of Plant Physiology* 37:247-274.
- Shoulder E. and A. E. Tiarks. 1980. Predicting height and relative performance of major southern pines from rainfall, slope and available soil moisture. *For. Science* 26:437-447.
- Svejcar, T. 1986. Comparitive water relations of *Carex geyeri* and *Calamagrostis rubescens*. *Bot. Gaz.* 147:71-77.
- Taerum, R. 1973. Occurrence of inverted water potential gradient between soil and bean roots. *Physiologia Plantarum* 28:471-475.

(1993년 7월 23일 접수)