Journal of Bio-Environment Control, 19(2):97-108, (2010)

시비처리에 따른 산마늘, 곰취, 곤달비의 생리적 반응

조민석[1] · 김길남[2]* · 박관수[2] · 이수원[1]
[1]국립산림과학원 산림생산기술연구소, [2]충남대학교 산림환경자원학과

Physiological Responses of *Allium victorialis* var. *platyphyllum*, *Ligularia fischeri* and *Ligularia stenocephala* Growing at Different Fertilizing Schemes

Min Seok Cho[1], Gil Nam Kim[2]*, Gwan Soo Park[2], and Soo Won Lee[1]
[1]*Forest Practice Research Center, Korea Forest Research Institute, Pocheon 487-821, Korea*
[2]*Department of Environment and Forest Resources, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea*

Abstract. The present study was conducted to investigate photosynthetic responses (Pn), chlorophyll fluorescence (Pe), chlorophyll contents of *Allium victorialis* var. *platyphyllum*, *Ligularia fischeri*, and *Ligularia stenocephala* growing at four different fertilizing schemes (non-fertilizing and 2.5 g · ℓ^{-1}, 5 g · ℓ^{-1}, 10 g · ℓ^{-1} fertilizing). Three wild vegetables showed outstanding Pn and Pe at 5 g · ℓ^{-1} fertilizing treatment. 10 g · ℓ^{-1} of fertilizer, however, proved to be too much eventually leading to declined growth. *A. victorialis* var. *platyphyllum* showed good Pn and Pe under shade treatment whereas Pn and Pe of *L. fischeri*, and *L. stenocephala* showed the opposite tendency. The chlorophyll contents of the three wild vegetables showed the highest measurement ranging between 11.70~24.36 mg · g^{-1} when treated with 5 g · ℓ^{-1} of fertilizer. Also it was showed that there were more chlorophyll contents under shade treatment as opposed to full sun. These results showed that 5 g · ℓ^{-1} fertilizing treatment is optimal fertilizing of three wild vegetables and fertilizing and light intensity controlling is very important for productivity of vegetables.

Key words : chlorophyll contents, chlorophyll fluorescence, fertilizing, light intensity, photosynthetic responses

서 론

산림에서 목재수확 뿐만 아니라 산림 부산물 수확을 함께 고려한 산림의 효율적 관리에 대한 전략계획이 수립되어야 한다. 지역에 따라서는 산림 부산물 생산이 목재생산보다 수익성이 높아 산촌 주민들의 소득에 기여하는 바도 매우 높다. 최근 국민들의 생활수준 향상과 건강에 대한 지대한 관심으로 건강식품에 대한 수요가 증가하고 있는데, 산림부산물 중에 하나인 식용식물은 독특한 맛과 향을 즐기는 건강 기호식품으로 각광받고 있는 추세이다. 식용식물들은 대부분 오랜 옛날부터 국민들에게 부식이나 구황작물로서 긴요하게 이용되어 왔으며 특유의 맛과 향, 약효, 식생활 습관, 계절감 등 다양한 이유로 지금까지도 꾸준히 이용되고 있다(Cho, 2000).

임분 하층의 생산성은 산림 내 광, 수분, 온도 등의 무기 환경과 이곳에 분포하는 식생의 상호작용 뿐 만 아니라 시비처리, 수확방법 등의 재배기술에 따라 많은 변화를 가져온다. 이 때문에 산림 내 생산 가능한 식용식물들의 번식, 재배 등의 생산기술 개발이 요구되며, 이를 위한 임분의 입지조건과 식물의 증식 및 재배에 관련되는 생리·생태학적 연구가 지속적으로 필요하다.

산채는 환경적응력이 비교적 낮아 식물별 적정 생육환경 조건이 아니면 생육이 불량하거나 전혀 되지 않는 특성을 갖고 있어 광, 온도, 수분 등의 무기 환경과 함께 토양특성, 시비처리 등에 따라 생육이 달라진다(Hong 등, 1997).

*Corresponding author: tintin2580@hanmail.net
Received May 17, 2010; Revised June 10, 2010; Accepted June 21, 2010

산채류 자생지의 환경과 생태적 특성(Lee 등, 1993; Oh 등, 1994; Lim, 1993; Lim과 Sang, 1990; Cho, 1984; Kim과 Um, 1997) 및 산채의 성분분석(Kim과 Yang, 1986; Jeong 등, 2005; Ham 등, 1997; Choi와 Cho, 1994; Lim 등, 1996; Choi 등, 1993; Jeong 등, 1998)에 관한 연구는 현재까지 국내에서 활발하게 진행되었으며, 많은 연구결과가 발표되었다. 그러나 임분의 입지조건과 재배환경에 관련되는 생리·생태학적 연구는 입지별 광합성율, 엽록소 함량 및 생장특성(Kim, 2003)과 차광처리에 의한 광합성 및 물질 생산(Won과 Lee, 2002) 등을 보고하는 수준에 머물러 있다.

현재 우리나라에서는 식용식물의 임간재배 시 적절한 시비량을 구명한 연구는 많이 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 최근 그 수요가 증가하고 있는 산마늘, 곰취, 곤달비를 대상으로 전광 및 피음 조건에서 시비처리에 따른 광합성 특성, 엽록소 형광반응, 엽록소 함량변화 등을 조사·분석하여 광도 조건에 따른 공시식물의 적정 시비 기술을 구명하고자 연구를 실시하였으며, 본 연구 결과는 고품질의 산채류를 지속적으로 생산할 수 있는 임간 재배기술 개발에 필요한 정보를 제공해 줄 것으로 기대된다.

재료 및 방법

1. 공시식물

본 연구를 실시하기 위해 사용된 식물은 충남 금산군에서 재배중인 울릉도산 산마늘(*Allium victorialis* var. *platyphyllum*)과 강원도산 곰취(*Ligularia fischeri*), 곤달비(*Ligularia stenocephala*) 식물을 분양받아 이용하였다.

2. 시험구 설치 및 시비처리 방법

시험지는 대전광역시 유성구 궁동에 위치한 충남대학교 농업생명과학대학 묘포장으로 2008년 4월에 마사토와 펄라이트(1 : 1)를 고르게 섞이도록 조제한 토양을 이용하여 2 ℓ의 포트 중심에 1개체씩 이식하여 식물별, 처리별 12개체씩 3반복으로 총 36개체씩 식재하였다. 시험구는 전광 처리구(full sun)와 검정색 차광망을 이용한 피음 처리구(35~42% of full sun)로 하는 두 개의 시험구로 나누어 설치하였다. 각 시험구별로 지효성 비료인 Osmocote(N : P : K = 14 : 14 : 14, USA, Scotts)를 이용하여 시비량을 무시비, 2.5g · ℓ^{-1}, 5g · ℓ^{-1}, 10g · ℓ^{-1}으로 달리하여 시비하였다.

3. 광합성 특성

시비처리에 따른 광합성 차이를 조사하기 위하여 식물별처리별 생장속도가 비슷하고, 평균적인 생육상태를 유지하고 있는 개체의 건전엽을 대상으로 2008년 5~8월까지 월별로 휴대용 광합성 측정장치(Portable photosynthesis system, Li-6400, LI-COR Inc., USA)를 이용하여 측정하였다. 광도를 임의로 조절할 수 있는 LED light source(LI-6400-02, LI-COR Inc., USA)를 이용하여 PPFD(Photosynthetic Photon Flux Density)를 0, 25, 50, 100, 200, 500, 800, 1000, 1500, 2000μmol · m^{-2} · s^{-1}의 10수준으로 차이를 두어 오전 10시부터 오후 2시까지 광합성 반응을 측정하였다. 광합성 측정기의 leaf chamber에 유입되는 공기의 유량은 400μmol · s^{-1}, 온도는 25°C로 설정하여 외기의 환경변화로 인한 영향이 없도록 하였다. 또한 광합성측정기에 CO_2 injector system(LI-6400-01, LI-COR Inc., USA)을 부착하여 CO_2 농도를 400 ± 2μmol · mol^{-1} 범위 내에서 안정된 상태를 유지하도록 하였다(Kim 등, 2001; Lim 등, 2006; Choi, 2001). 광도별 광합성 속도를 측정하여 광-광합성곡선을 작성(Sigmaplot, 2000)하고, 이 곡선에서 순양자수율(apparent quantum yield), 광보상점, 광포화점 및 이때의 광합성 능력(photosynthetic capacity) 등을 산출하였다(Kim과 Lee, 2001; Barker 등, 1997).

4. 엽록소 형광반응 특성

식물별 시비변화에 따른 엽록소 형광반응을 조사하기 위하여 5~8월까지 월별로 엽록소 형광반응 측정기(Continuous source chlorophyll fluorometer, OSI 30P, ADC, UK)를 이용하여 측정하였다. 형광반응 측정은 광합성 측정과 동일한 잎을 대상으로 sample clip으로 광을 차단하여 측정 전 약 20분간 측정 대상 잎을 암 조건에 적응시킨 후 측정하였다. 측정할 때는 2000μmol · $m^{-2}s^{-1}$ 의 광선을 조사하였다(Choi와 Kim, 1995; Demmig와 Björkman, 1987). 초기 형광반응(F_o), 최대 형광반응(F_m), 형광반응 최대 변화치 ($F_v = F_m-F_o$) 및 광화학반응 효율(F_v/F_m)의 변수를 측정하여

비교・분석하였다.

5. 엽록소 함량 분석

시비처리에 따른 엽록소 함량의 변화를 조사하기 위하여 월별에 따른 엽록소 함량을 분석하였다. 엽록소의 추출은 Hiscox와 Israelstam(1978)의 방법에 따라 DMSO(dimethylsulfoxide)를 추출 용매로 이용하여 엽록소를 추출하였다. 추출액을 UV-Visible spectrophotometer(Nicolet Evolution 100, Thermo Electron Co., USA)를 이용하여 663nm(A_{663})와 645nm(A_{645})의 파장에서 흡광도를 측정하여 아래와 같은 식으로 엽록소 a와 b의 함량을 구하였다(Arnon, 1949; Mackinney, 1941).

Chlorophyll a(mg・g^{-1}・fresh wt.)
$= (12.7 \times A_{663} - 2.69 \times A_{645})$

Chlorophyll b(mg・g^{-1}・fresh wt.)
$= (22.9 \times A_{645} - 4.68 \times A_{663})$

Total Chlorophyll(mg・g^{-1}・fresh wt.)
$= (8.02 \times A_{663} + 20.20 \times A_{645})$

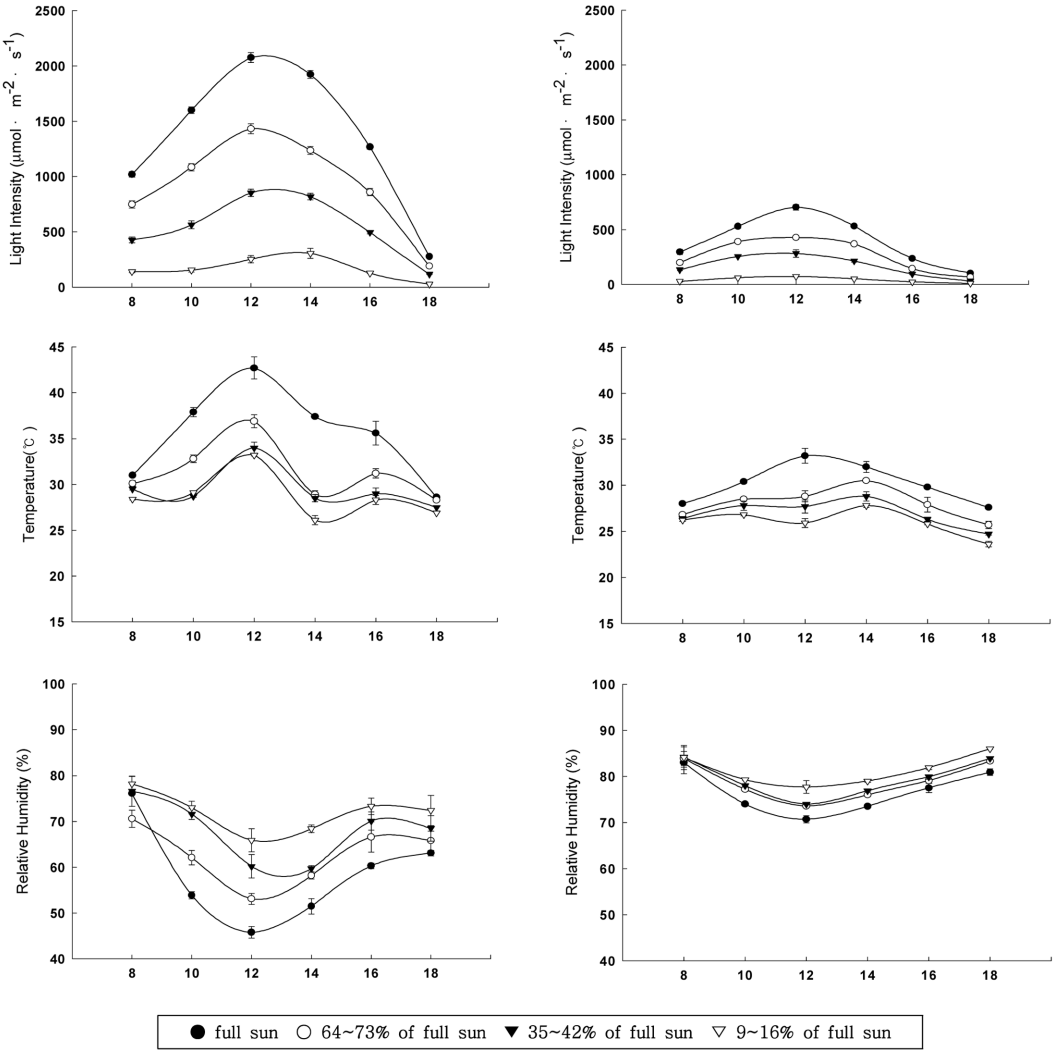

Fig. 1. Diurnal changes of light intensity, air temperature, relative humidity following shading treatments in July (left; sunny days. right; cloudy days).

결과 및 고찰

1. 시험지 생육환경 특성

시험지의 주요 환경인자를 알아보기 위하여 휴대용 광량측정기(Li-250, LI-COR Inc., USA)와 온습도계(HM34C, Vaisala, Finland)를 이용하여 7월의 맑은 날과 흐린 날에 차광망 하부에서 2시간 간격으로 매회 20번 이상 반복 측정하였다. 차광망 하부의 광량은 지면과 수평으로 측정하였다(Fig. 1).

맑은 날 피음 처리별 광량을 살펴보면 12시 기준으로 전광 처리구는 2,100μmol · m^{-2} · s^{-1}, 피음 처리구는 850μmol · m^{-2} · s^{-1}을 보였으며, 일중 시간대별 변화는 12시까지 광량이 증가하다가 점차 감소하는 경향을 나타냈다. 피음 수준에 따른 광 환경 변화는 전광 처리구를 상대 투광율 100%로 보았을 때, 피음 처리구는 상대 투광율 35~42%를 보였다.

온도변화도 광량과 같은 경향으로 12시까지 증가하다가 점차 감소하였으며, 상대습도는 12시까지 광량이 증가함에 따라 낮아지다 다시 증가하는 상반되는 결과를 보였다. 흐린 날 역시 맑은 날과 같이 광량, 온도, 습도의 일 변화 및 피음 처리에 따른 변화는 같았지만 그 값은 낮았으며, 습도는 맑은 날에 비해 흐린 날이 약 15~25% 더 높았다.

2. 광합성 특성

1) 시기별 식물별 광합성 특성

시비처리에 따른 세 식물의 시기별 광보상점, 광포화점, 광합성 능력 및 순양자수율은 Table 1, 2, 3과 같다.

세 식물의 광합성 능력은 대부분 모든 처리구에서 산마늘은 6월, 곰취와 곤달비는 7월에 가장 우수하였으며, 산마늘은 6월, 곰취와 곤달비는 7월까지 꾸준히 증가하다가 다시 감소하는 경향을 보였다.

전광 조건에서 생육한 실험대상 식물들 간의 광합성 능력 비교에서는 곰취, 곤달비, 산마늘 순으로 곰취가 가장 우수한 능력을 보였다. 특히 곰취는 산마늘에 비해 약 3배 이상의 차이를 보이며 높은 광합성 능력을 나타냈다. 식물별 순양자수율은 산마늘이 가장 낮은 값

Table 1. Estimated values of photosynthetic parameters in the *Allium victorialis* var. *platyphyllum*t under different fertilizing treatment.

Relative light intensity (%)	Month	Fertilizing treatment[1]	Light compensation point (μmol · m^{-2} · s^{-1})	Light saturation point (μmol · m^{-2} · s^{-1})	Photosynthetic capacity (μmol CO_2 · m^{-2} · s^{-1})	Apparent quantum yield (mmol CO_2 · mol^{-1})
Full sun	May	A	34.1	352	2.5	24.2
	June	A	75.1	391	1.6	21.2
		B	47.8	523	3.7	32.4
		C	53.3	1,039	6.6	33.3
		D	53.4	344	2.4	28.9
	July	A	17.1	227	2.3	22.6
		B	42.7	445	4.1	38.3
		C	37.1	523	5.4	40.4
		D	30.5	398	2.8	24.0
35~42% of full sun	May	A	34.1	352	2.5	24.2
	June	A	43.3	422	4.6	36.0
		B	44.7	797	7.9	45.0
		C	40.1	953	10.9	54.8
		D	45.7	742	6.0	40.1
	July	A	29.0	305	3.9	28.8
		B	42.1	492	4.6	38.0
		C	43.2	1,188	6.1	41.7
		D	30.5	422	4.0	35.4

[1]Osmocote Fertilizing treatment; A: non-fertilizing treatment, B: 2.5 g · ℓ^{-1} treatment, C: 5 g · ℓ^{-1} treatment, D: 10 g · ℓ^{-1} treatment.

Table 2. Estimated values of photosynthetic parameters in the *Ligularia fischeri* under different fertilizing treatment.

Relative light intensity (%)	Month	Fertilizing treatment[1]	Light compensation point ($\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$)	Light saturation point ($\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$)	Photosynthetic capacity ($\mu mol\ CO_2 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$)	Apparent quantum yield ($mmol\ CO_2 \cdot mol^{-1}$)
Full sun	May	A	37.3	1,383	13.0	47.0
	June	A	25.6	563	7.2	36.6
		B	25.8	1,461	11.1	47.4
		C	29.8	1,719	14.3	48.8
		D	13.3	688	8.8	42.6
	July	A	16.5	602	9.1	43.7
		B	46.8	1,484	12.4	50.2
		C	38.1	1,594	16.1	51.8
		D	12.6	617	9.6	51.3
	August	A	28.9	945	7.0	31.1
		B	50.7	1,805	12.0	33.5
		C	23.4	1,594	12.7	44.4
		D	19.0	1,492	8.9	32.6
35~42% of full sun	May	A	37.3	1,383	13.0	47.0
	June	A	27.9	695	6.6	38.8
		B	38.8	1,195	10.1	39.0
		C	44.4	1,086	12.6	62.6
		D	31.4	492	7.7	59.8
	July	A	21.6	422	6.8	42.1
		B	31.7	1,259	10.9	48.3
		C	29.2	1,711	13.4	58.7
		D	32.5	586	8.0	42.5
	August	A	25.6	609	5.6	32.0
		B	40.4	750	8.4	46.9
		C	36.0	1,250	11.8	49.8
		D	42.7	1,195	7.9	34.7

[1]Osmocote Fertilizing treatment; A: non-fertilizing treatment, B: 2.5 g · ℓ$^{-1}$ treatment, C: 5 g · ℓ$^{-1}$ treatment, D: 10 g · ℓ$^{-1}$ treatment.

을 보였는데 이는 식물별 광합성 능력의 결과와 같은 경향으로 광화학계 활성에 의해서 광합성 능력이 달라지는 것을 알 수 있다. 또한 피음 조건에서도 광합성 능력 및 순양자수율이 대부분 전광 처리구와 같은 경향이 나타났다.

2) 시비처리에 따른 수종별 광합성 특성

산마늘의 광합성 능력은 5g · ℓ$^{-1}$ 시비에서 전광, 피음 처리구 각각 6.6, 10.9$\mu molCO_2 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$로 가장 높았으며, 광보상점은 시비처리에 대한 일정한 경향이 없었다. 또한 전광 처리구보다 피음 처리구에서 더 높은 광합성 능력을 보였는데 산마늘은 음지성 식물로써 적정 차광조건에서 시비에 대한 영향을 더 많이 받는 것으로 판단된다. 순양자수율도 전광, 피음 처리구 각각 33.3, 54.8$mmolCO_2 \cdot mol^{-1}$로 5g · ℓ$^{-1}$ 시비에서 가장 높았다(Fig. 2). 전광, 피음 처리구 모두 시비량이 증가할수록 광합성 능력이 증가하다가 10g · ℓ$^{-1}$ 시비에서 감소하였는데 이는 산마늘의 적정 양분요구량을 넘는 과량시비로 인한 스트레스로 광합성 능력이 떨어지는 것으로 판단된다.

곰취는 전광, 피음 처리구 각각 16.1, 13.4$\mu molCO_2 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$로 모두 5g · ℓ$^{-1}$ 시비에서 가장 우수한 광합성 능력을 보였으며, 산마늘과 같이 10g · ℓ$^{-1}$ 시비에서는 오히려 감소하였다. 순양자수율도 광합성 능력과 같은 경향을 나타냈지만, 산마늘과 달리 전광 처리구가 피음 처리구보다 우수한 광합성 능력을 보였다(Fig. 3).

곤달비도 5g · ℓ$^{-1}$ 시비에서 전광, 피음 처리구 각각 12.7, 13.1$\mu molCO_2 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$로 위의 두 식물과 같이

Table 3. Estimated values of photosynthetic parameters in the *Ligularia stenocephala* under different fertilizing treatment.

Relative light intensity (%)	Month	Fertilizing treatment[1]	Light compensation point ($\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$)	Light saturation point ($\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$)	Photosynthetic capacity ($\mu mol\ CO_2 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$)	Apparent quantum yield ($mmol\ CO_2 \cdot mol^{-1}$)
Full sun	May	A	31.0	680	6.0	37.1
	June	A	39.6	523	5.2	40.5
		B	46.0	906	7.5	39.4
		C	30.6	563	7.4	56.8
		D	18.4	641	6.5	36.7
	July	A	42.9	1,523	8.9	32.1
		B	12.5	992	11.1	50.3
		C	22.9	1,344	12.7	43.1
		D	35.1	984	11.1	59.2
	August	A	33.2	695	6.7	45.8
		B	38.4	828	8.6	50.2
		C	37.1	1,047	10.4	52.8
		D	22.3	859	7.2	38.0
35~42% of full sun	May	A	31.0	680	6.0	37.1
	June	A	96.8	689	3.2	26.7
		B	47.9	1,094	7.0	30.5
		C	48.9	1,188	8.0	35.0
		D	34.9	969	5.5	26.6
	July	A	33.2	1,086	7.5	32.5
		B	31.3	1,094	10.4	50.0
		C	25.1	1,625	13.1	39.8
		D	47.7	1,195	9.6	42.1
	August	A	72.1	1,617	6.6	23.6
		B	58.1	1,289	7.7	33.4
		C	43.9	1,305	10.9	49.2
		D	33.0	742	6.8	40.1

[1]Osmocote Fertilizing treatment; A: non-fertilizing treatment, B: 2.5 g · ℓ$^{-1}$ treatment, C: 5 g · ℓ$^{-1}$ treatment, D: 10 g · ℓ$^{-1}$ treatment.

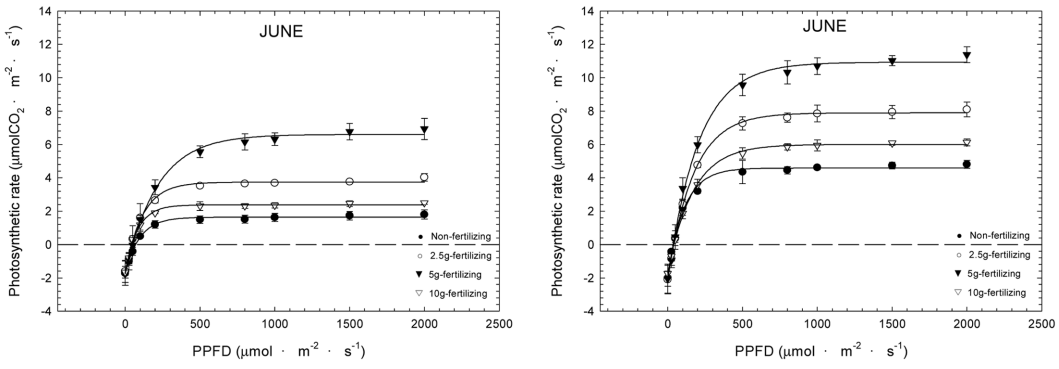

Fig. 2. Effect of fertilizing treatment on the photosynthetic rate of *Allium victorialis* var. *platyphyllum* (left; full sun, right; 35~42 of full sun).

전광, 피음 처리구 모두 가장 우수한 광합성 능력을 보였으며, 순양자수율도 같은 경향을 나타냈다. 또한 곤달비 역시 10g · ℓ$^{-1}$ 시비에서는 감소하였다(Fig. 4). 세 식물 모두 시비수준이 증가할수록 광합성률이 증

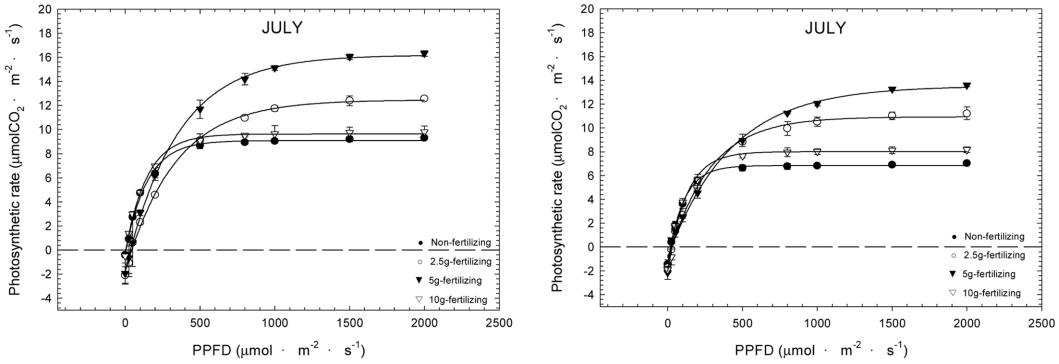

Fig. 3. Effect of fertilizing treatment on the photosynthetic rate of *Ligularia fischeri* (left; full sun, right; 35~42 of full sun).

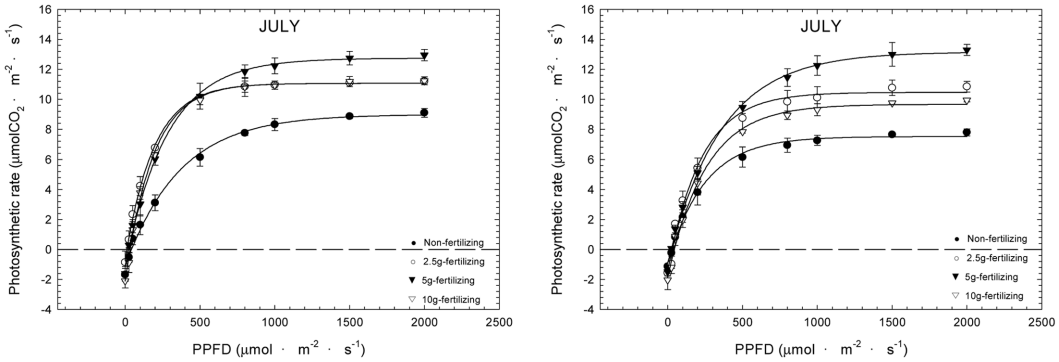

Fig. 4. Effect of fertilizing treatment on the photosynthetic rate of *Ligularia stenocephala* (left; full sun, right; 35~42 of full sun).

가하다가 10g · ℓ$^{-1}$에서 감소하는 과량시비 피해가 일어났는데, 이는 배추의 엽면 시비량이 증가함에 따라 광합성률이 높아지다가, 엽면 시비량이 지나치게 많으면 오히려 광합성률이 감소한다는 연구(Jeong 등, 2006)와 유사한 경향을 보인 것이다. 또한 곰취와 곤달비는 산마늘과 달리 같은 시비 처리구내에서 대부분 전광 처리구가 피음 처리구보다 더 높은 광합성률을 보였다. 이는, 곰취와 곤달비는 산마늘보다 양지성 식물에 가깝기 때문에 차광 조건보다 전광 조건에서 시비에 대한 영향을 더 많이 받는 것으로, 식물별 적정 광도 조건에서 최대의 시비 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

3. 엽록소 형광반응 특성

시비처리에 따른 시기별 세 식물의 광화학 반응에 대한 순양자수율의 최대치(F_V/F_M)인 광화학 효율은 Fig. 5와 같다.

세 식물의 월별 광화학 효율에서 산마늘은 5월 < 7월 < 6월 순으로 높았으며, 곰취와 곤달비는 5월 < 6월 < 7월 < 8월 순으로 높았지만, 월별에 따른 큰 차이는 없었다. 이는 세 식물이 적정 광 환경이 아닌 조건에서도 시비처리에 의해 어느 정도 생육 활동을 유지시키는 결과라 생각된다.

산마늘의 광화학 효율은 5g · ℓ$^{-1}$ 시비에서 전광, 피음 처리구 각각 0.81, 0.85로 가장 높았으며 전광 처리구보다 피음 처리구에서 더 높은 광화학 효율을 보였다. 시비수준이 증가할수록 광화학 효율은 높은 값을 나타냈지만, 10g · ℓ$^{-1}$ 시비에서는 광화학 효율이 오히려 감소하였다. 이는 광합성 특성 결과에서 나타났듯이 과량 시비에 의해 식물의 스트레스 지수가 높아진 것이라 판단된다. 즉, 광화학 효율은 광 스트레스에 대한 중요한 지표로서, 광합성 능력과 밀접한 관계가 있으며,

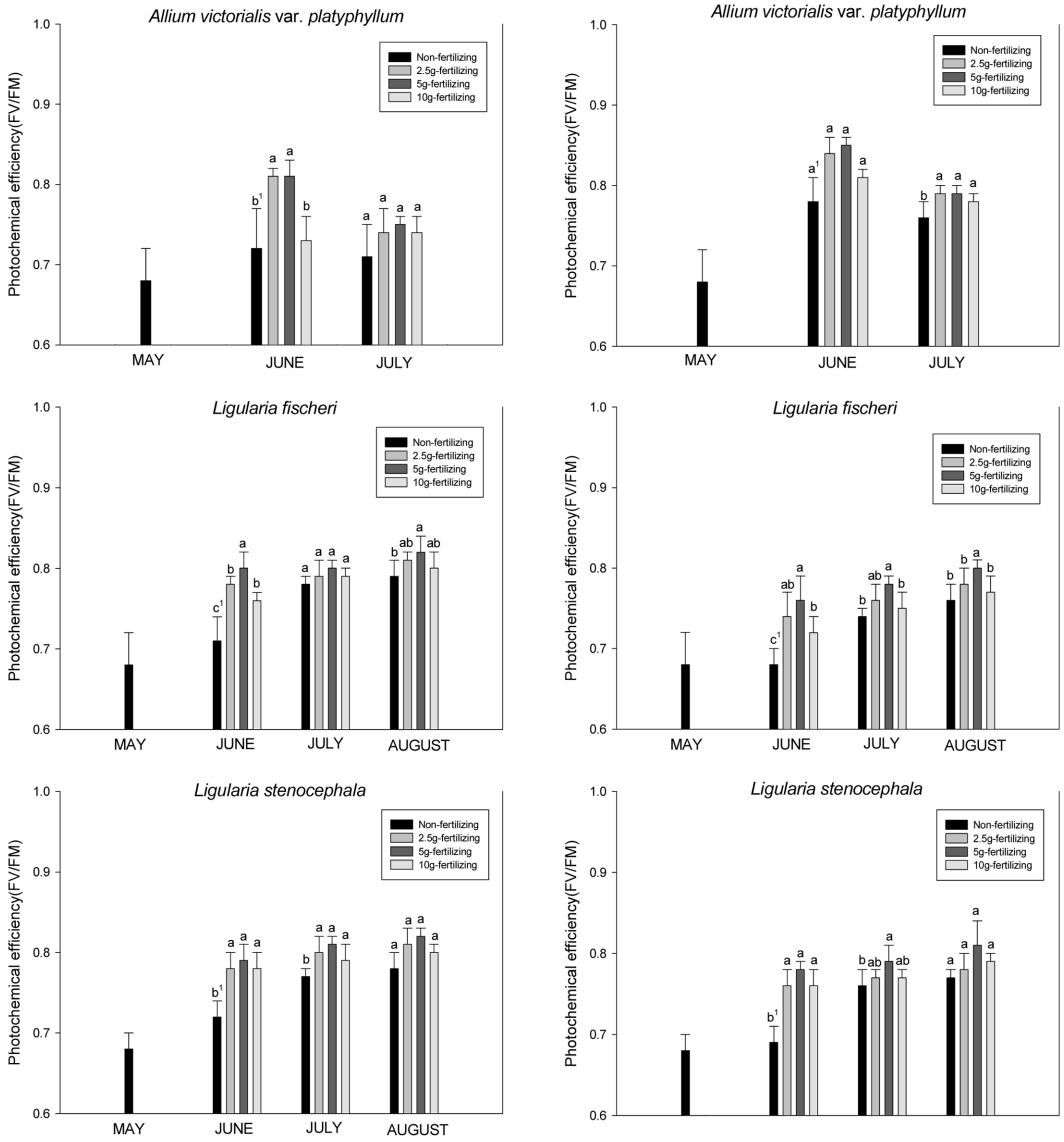

Fig. 5. Changes of Chlorophyll fluorescence in the three wild vegetables under different fertilizing treatment (left; full sun, right; 35~42% of full sun). [1]Different letters within the columns indicate statistical differences at the 5% levels by Duncan's multiple range test.

서로 비례 관계 경향을 나타낸다(Cho, 2008).

5g · ℓ^{-1} 시비에서 곰취는 전광, 피음 처리구에서 각각 0.80, 0.78 곤달비는 각각 0.81, 0.79로 두 식물 모두 가장 우수한 광화학 효율을 보였다. 특히 곤달비는 전광 처리구에서 유의적인 차이를 보이며 무시비가 가장 낮은 광화학 효율을 보였다. 그러나 산마늘과는 다르게 곰취와 곤달비는 전광 처리구에서 피음 처리구보다 높은 광화학 효율을 보였다. 이는 산마늘은 전광 대비 35~42% 조건에서, 곰취와 곤달비는 전광 조건에서 우수한 광합성 및 엽록소 형광반응 특성을 보인 결과(Kwon 등, 2009)와 유사한 경향을 보인 것이다. 세 수종 모두 내음성 수준에 따라 적정 광도 조건에서 우수한 광화학 효율을 나타내는 것으로 판단된다.

Table 4. Monthly changes of chlorophyll contents in the *Allium victorialis* var. *platyphyllum*t under different fertilizing treatment.

Relative light intensity (%)	Month	Fertilizing treatment	Chlorophyll content (mg · g^{-1} f. w.)			Chlorophyll a/b
			Chl. a	Chl. b	Total Chl.	
Full sun	May	non-fertilizing	12.25 ± 0.47	3.14 ± 0.18	15.38 ± 0.63	3.90 ± 0.12
	June	non-fertilizing	4.80 ± 1.50^{b1}	1.97 ± 0.52^{b}	6.77 ± 2.02^{b}	2.41 ± 0.15^{b}
		2.5 g · ℓ$^{-1}$	9.88 ± 0.64^{a}	2.95 ± 0.18^{a}	12.82 ± 0.82^{a}	3.35 ± 0.04^{a}
		5 g · ℓ$^{-1}$	9.93 ± 0.62^{a}	2.94 ± 0.05^{a}	12.87 ± 0.66^{a}	3.37 ± 0.17^{a}
		10 g · ℓ$^{-1}$	6.07 ± 0.19^{b}	2.28 ± 0.08^{b}	8.34 ± 0.17^{b}	2.67 ± 0.15^{b}
	July	non-fertilizing	6.25 ± 2.20^{a}	2.15 ± 0.47^{a}	8.40 ± 2.62^{a}	2.86 ± 0.52^{a}
		2.5 g · ℓ$^{-1}$	7.14 ± 2.13^{a}	2.27 ± 0.54^{a}	9.41 ± 2.67^{a}	3.12 ± 0.18^{a}
		5 g · ℓ$^{-1}$	8.91 ± 1.36^{a}	2.80 ± 0.17^{a}	11.70 ± 1.52^{a}	3.17 ± 0.30^{a}
		10 g · ℓ$^{-1}$	6.54 ± 1.99^{a}	2.22 ± 0.67^{a}	8.76 ± 2.66^{a}	2.94 ± 0.08^{a}
35~42% of full sun	May	non-fertilizing	14.07 ± 2.36	3.65 ± 0.20	17.71 ± 2.55	3.84 ± 0.46
	June	non-fertilizing	9.47 ± 1.30^{b}	3.00 ± 0.32^{b}	12.47 ± 1.62^{b}	3.15 ± 0.11^{a}
		2.5 g · ℓ$^{-1}$	10.11 ± 1.21^{b}	2.97 ± 0.16^{b}	13.08 ± 1.35^{b}	3.40 ± 0.27^{a}
		5 g · ℓ$^{-1}$	14.35 ± 1.77^{a}	4.25 ± 0.47^{a}	18.59 ± 2.23^{a}	3.37 ± 0.10^{a}
		10 g · ℓ$^{-1}$	11.62 ± 1.33^{b}	3.53 ± 0.33^{b}	15.15 ± 1.65^{b}	3.29 ± 0.14^{a}
	July	non-fertilizing	8.62 ± 1.00^{b}	2.81 ± 0.28^{a}	11.43 ± 1.21^{b}	3.07 ± 0.25^{b}
		2.5 g · ℓ$^{-1}$	11.05 ± 0.92^{ab}	3.22 ± 0.09^{a}	14.27 ± 1.00^{ab}	3.43 ± 0.20^{a}
		5 g · ℓ$^{-1}$	12.87 ± 2.82^{a}	3.57 ± 0.80^{a}	16.44 ± 3.62^{a}	3.61 ± 0.06^{a}
		10 g · ℓ$^{-1}$	11.10 ± 0.61^{ab}	3.10 ± 0.16^{a}	14.19 ± 0.77^{ab}	3.58 ± 0.03^{a}

[1]Different letters within the columns indicate statistical differences at the 5% levels by Duncan's multiple range test.

4. 엽록소 함량 분석

세 식물의 총 엽록소 함량은 모든 시비 처리구에서 산마늘은 6월, 곰취와 곤달비는 7월에 가장 많았다. 이는 세 식물의 생육최성기에는 광합성뿐만 아니라 엽록소 함량도 우수하다는 것을 알 수 있는 결과이다.

산마늘의 총 엽록소 함량은 전광 처리구에서 6.77~12.87, 피음 처리구에서 11.43~16.44mg · g^{-1} 범위 내에서 피음 처리구가 전광 처리구보다 더 많은 값을 보였다. 또한 전광, 피음 처리구 모두 5g · ℓ$^{-1}$ 시비에서 유의적인 차이를 보이며 가장 많은 함량을 보였다 (Table 4).

이러한 결과는 배추의 엽면시비 시 무시비보다 엽록소 함량이 많았다(Jeong 등, 2006)는 결과와 유사하였으며, 시비처리에 의해 산마늘의 생리적인 활성도가 왕성해지는 것을 보여주는 것이다. 그러나 10g · ℓ$^{-1}$ 시비에서 다시 엽록소 함량이 감소하는 경향을 나타냈는데 이는 광합성 능력과 같은 경향으로 5g · ℓ$^{-1}$ 시비 이상에서는 오히려 산마늘의 생리적인 활성이 저하되는 현상을 가져오는 것으로 생각된다. 엽록소 a, b 각각의 함량과 엽록소 a/b율도 총 엽록소 함량과 같은 경향을 보였다.

시비처리에 따른 곰취와 곤달비의 총 엽록소 함량분석에서 곰취는 전광 처리구에서 15.63~17.83mg · g^{-1}, 피음 처리구에서 12.84~23.48mg · g^{-1}, 곤달비는 전광 처리구에서 14.08~18.81mg · g^{-1}, 피음 처리구에서 10.34~24.36mg · g^{-1}의 범위 내에서 산마늘과 같이 5g · ℓ$^{-1}$ 시비구에서 유의적인 차이를 보이며 가장 많은 함량을 나타냈으며, 시비량이 증가할수록 엽록소 함량이 증가하다가 10g · ℓ$^{-1}$ 시비에서 다시 감소하였다 (Table 5, 6).

곰취와 곤달비의 엽록소 함량은 전광 처리구보다 피음 처리구에서 무시비와 시비처리간의 차이가 크게 나타났으며, 10g · ℓ$^{-1}$ 시비에서 다시 감소하는 폭이 작음을 알 수 있다. 이는 양수성인 두 수종 모두 광도조건이 불량한 피음 처리구에서 시비에 대한 효과가 더 크게 나타나는 것으로, 시비처리에 의해 불량한 생육환경에 대한 보상 효과가 있음을 판단할 수 있다. 즉, 수종별 적정 생육환경이 아닌 지역에서 재배 시 적정 생육환경을 크게 벗어나지 않는다면 시비처리에 의해 불량한 생육환경 조건을 만회할 수 있을 것이며,

Table 5. Monthly changes of chlorophyll contents in the *Ligularia fischeri* under different fertilizing treatment.

Relative light intensity (%)	Month	Fertilizing treatment[1]	Chlorophyll content (mg · g^{-1} f. w.)			Chlorophyll a/b
			Chl. a	Chl. b	Total Chl.	
Full sun	May	non-fertilizing	8.21 ± 2.46	2.77 ± 0.66	10.98 ± 3.12	2.93 ± 0.23
	June	non-fertilizing	6.62 ± 1.89^{c}	3.41 ± 0.64^{c}	10.03 ± 2.23^{c}	1.95 ± 0.53^{a}
		2.5 g · ℓ$^{-1}$	8.92 ± 0.83^{b}	6.66 ± 0.68^{b}	15.57 ± 1.23^{b}	1.35 ± 0.15^{a}
		5 g · ℓ$^{-1}$	12.25 ± 0.35^{a}	10.19 ± 0.80^{a}	22.44 ± 1.15^{a}	1.20 ± 0.06^{a}
		10 g · ℓ$^{-1}$	7.47 ± 0.87^{bc}	4.74 ± 1.76^{bc}	12.20 ± 1.64^{c}	1.76 ± 0.74^{a}
	July	non-fertilizing	11.58 ± 1.21^{a}	6.15 ± 0.48^{a}	17.72 ± 1.68^{a}	1.88 ± 0.06^{a}
		2.5 g · ℓ$^{-1}$	11.17 ± 0.93^{a}	6.60 ± 2.42^{a}	17.76 ± 2.59^{a}	1.88 ± 0.82^{a}
		5 g · ℓ$^{-1}$	12.58 ± 1.84^{a}	5.25 ± 0.74^{a}	17.83 ± 2.48^{a}	2.40 ± 0.20^{a}
		10 g · ℓ$^{-1}$	11.14 ± 0.15^{a}	4.50 ± 0.11^{a}	15.63 ± 0.24^{a}	2.48 ± 0.05^{a}
	Aug.	non-fertilizing	8.36 ± 0.18^{c}	3.11 ± 0.08^{b}	11.47 ± 0.18^{b}	2.69 ± 0.09^{b}
		2.5 g · ℓ$^{-1}$	11.33 ± 0.96^{a}	4.80 ± 0.65^{a}	16.12 ± 1.48^{a}	2.38 ± 0.26^{b}
		5 g · ℓ$^{-1}$	12.32 ± 0.91^{a}	4.81 ± 0.38^{a}	17.13 ± 1.29^{a}	2.56 ± 0.03^{b}
		10 g · ℓ$^{-1}$	9.93 ± 0.17^{b}	3.03 ± 0.26^{b}	12.96 ± 0.19^{b}	3.30 ± 0.31^{a}
35~42% of full sun	May	non-fertilizing	10.75 ± 0.94	3.53 ± 0.47	14.28 ± 1.38	3.06 ± 0.21
	June	non-fertilizing	6.53 ± 0.81^{c}	5.33 ± 1.43^{a}	11.85 ± 1.80^{b}	1.29 ± 0.40^{b}
		2.5 g · ℓ$^{-1}$	12.44 ± 3.23^{ab}	6.14 ± 3.04^{a}	18.58 ± 1.36^{a}	2.27 ± 0.80^{ab}
		5 g · ℓ$^{-1}$	14.59 ± 1.85^{a}	6.05 ± 1.91^{a}	20.64 ± 1.94^{a}	2.58 ± 0.84^{a}
		10 g · ℓ$^{-1}$	10.40 ± 0.78^{b}	6.43 ± 1.38^{a}	16.82 ± 2.00^{ab}	1.65 ± 0.28^{ab}
	July	non-fertilizing	9.18 ± 1.75^{c}	3.66 ± 0.24^{c}	12.84 ± 1.73^{c}	2.52 ± 0.55^{a}
		2.5 g · ℓ$^{-1}$	13.14 ± 0.93^{b}	8.46 ± 0.69^{a}	21.60 ± 0.25^{a}	1.57 ± 0.25^{b}
		5 g · ℓ$^{-1}$	15.78 ± 1.74^{a}	7.71 ± 0.72^{a}	23.48 ± 2.46^{a}	2.04 ± 0.04^{ab}
		10 g · ℓ$^{-1}$	12.77 ± 0.76^{b}	5.29 ± 0.88^{b}	18.05 ± 0.77^{b}	2.47 ± 0.46^{a}
	Aug.	non-fertilizing	7.11 ± 1.73^{c}	2.82 ± 0.35^{ab}	9.93 ± 2.07^{c}	2.50 ± 0.35^{a}
		2.5 g · ℓ$^{-1}$	11.22 ± 0.52^{b}	4.19 ± 0.81^{a}	15.41 ± 0.48^{b}	2.76 ± 0.60^{a}
		5 g · ℓ$^{-1}$	16.74 ± 2.11^{a}	2.83 ± 0.97^{ab}	19.57 ± 1.38^{a}	6.55 ± 2.86^{a}
		10 g · ℓ$^{-1}$	13.00 ± 0.76^{b}	2.24 ± 1.35^{b}	15.24 ± 0.71^{b}	7.44 ± 2.26^{a}

[1]Different letters within the columns indicate statistical differences at the 5% levels by Duncan's multiple range test.

특히 광도, 수분, 양분 등이 알맞지 않는 지역에서는 시비처리가 반드시 필요할 것으로 판단된다.

적 요

본 연구에서는 산마늘(*Allium victorialis* var. *platyphyllum*)과 곰취(*Ligularia fischeri*), 곤달비(*Ligularia stenocephala*)를 대상으로 시비처리에 따른 광합성 특성, 엽록소 형광반응, 엽록소 함량변화 등을 조사 · 분석하여 시비처리에 따른 공시식물의 영향을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

시비처리에 따른 광합성 능력 및 광화학 효율은 공시식물 모두 5g · ℓ$^{-1}$ 시비에서 가장 우수하였으며, 10g · ℓ$^{-1}$ 시비에서는 과량 시비로 인한 생육저하 현상으로 오히려 감소하는 경향을 나타냈다. 또한 산마늘은 피음 처리구에서, 곰취와 곤달비는 무 처리구에서 더 우수한 광합성 특성 및 광화학 효율을 보였는데 이는 각 식물이 적정 광 환경에서 시비에 대한 영향을 더 많이 받는 것으로, 식물별 적정 광도 조건에서 최대의 시비 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

공시식물의 총 엽록소 함량은 5g · ℓ$^{-1}$ 시비에서 11.70~24.36mg · g^{-1}의 범위 내로 가장 많았으며, 무처리구보다 피음 처리구에서 더 많은 함량을 보였다. 이와 같은 현상이 일어나는 이유는 광이 부족한 환경에 적응하면서 정상적인 광합성을 지속하기 위해 광에너지를 가능한 한 많이 확보하는 방법으로 엽록소 함량을 높게 유지할 필요가 있기 때문이다.

이상의 결과를 종합해 보면 공시식물 모두 지효성

Table 6. Monthly changes of chlorophyll contents in the *Ligularia stenocephala* under different fertilizing treatment.

Relative light intensity (%)	Month	Fertilizing treatment[1]	Chlorophyll content (mg · g^{-1} f. w.)			Chlorophyll a/b
			Chl. a	Chl. b	Total Chl.	
Full sun	May	non-fertilizing	11.18 ± 1.42	3.34 ± 0.25	14.52 ± 1.67	3.34 ± 0.19
	June	non-fertilizing	6.43 ± 1.43^{c}[1]	2.74 ± 0.13^{b}	9.16 ± 1.55^{c}	2.34 ± 0.42^{a}
		2.5 g · ℓ$^{-1}$	11.01 ± 2.10^{b}	4.30 ± 0.82^{a}	15.31 ± 2.18^{ab}	2.63 ± 0.66^{a}
		5 g · ℓ$^{-1}$	14.44 ± 2.05^{a}	4.54 ± 0.53^{a}	18.97 ± 2.57^{a}	3.17 ± 0.13^{a}
		10 g · ℓ$^{-1}$	10.36 ± 1.40^{b}	3.59 ± 0.07^{ab}	13.95 ± 1.46^{b}	2.88 ± 0.33^{a}
	July	non-fertilizing	10.57 ± 1.85^{b}	3.52 ± 0.42^{b}	14.08 ± 2.23^{b}	3.00 ± 0.27^{a}
		2.5 g · ℓ$^{-1}$	12.90 ± 1.35^{ab}	4.00 ± 0.12^{ab}	16.89 ± 1.47^{ab}	3.22 ± 0.24^{a}
		5 g · ℓ$^{-1}$	14.07 ± 1.90^{a}	4.74 ± 0.59^{a}	18.81 ± 2.37^{a}	2.98 ± 0.28^{a}
		10 g · ℓ$^{-1}$	11.01 ± 0.69^{b}	3.56 ± 0.49^{b}	14.57 ± 1.18^{b}	3.11 ± 0.22^{a}
	August	non-fertilizing	8.29 ± 0.74^{b}	3.36 ± 0.24^{a}	11.65 ± 0.95^{b}	2.47 ± 0.12^{ab}
		2.5 g · ℓ$^{-1}$	8.32 ± 0.99^{b}	3.86 ± 0.32^{a}	12.18 ± 1.30^{b}	2.15 ± 0.08^{b}
		5 g · ℓ$^{-1}$	11.46 ± 0.65^{a}	4.15 ± 0.17^{a}	15.60 ± 0.60^{a}	2.77 ± 0.22^{a}
		10 g · ℓ$^{-1}$	8.01 ± 1.09^{b}	4.14 ± 0.69^{a}	12.14 ± 1.25^{b}	1.97 ± 0.45^{b}
35~42% of full sun	May	non-fertilizing	12.15 ± 1.31	3.62 ± 0.40	15.77 ± 1.70	3.35 ± 0.07
	June	non-fertilizing	7.02 ± 1.63^{b}	3.26 ± 0.15^{c}	10.28 ± 1.74^{b}	2.14 ± 0.44^{b}
		2.5 g · ℓ$^{-1}$	15.24 ± 1.01^{a}	4.63 ± 0.27^{ab}	19.86 ± 1.27^{a}	3.29 ± 0.07^{a}
		5 g · ℓ$^{-1}$	16.10 ± 1.66^{a}	5.09 ± 0.64^{a}	21.18 ± 2.24^{a}	3.17 ± 0.19^{a}
		10 g · ℓ$^{-1}$	14.27 ± 0.36^{a}	4.19 ± 0.16^{b}	18.45 ± 0.24^{a}	3.41 ± 0.21^{a}
	July	non-fertilizing	7.54 ± 0.87^{c}	2.80 ± 0.26^{b}	10.34 ± 1.13^{c}	2.69 ± 0.06^{b}
		2.5 g · ℓ$^{-1}$	14.77 ± 0.79^{ab}	4.73 ± 0.24^{a}	19.49 ± 1.03^{ab}	3.12 ± 0.05^{a}
		5 g · ℓ$^{-1}$	18.14 ± 2.91^{a}	6.23 ± 1.07^{a}	24.36 ± 2.97^{a}	2.92 ± 0.03^{a}
		10 g · ℓ$^{-1}$	13.48 ± 2.37^{b}	4.67 ± 1.18^{a}	18.14 ± 3.45^{b}	2.92 ± 0.20^{a}
	August	non-fertilizing	10.10 ± 0.61^{a}	3.19 ± 0.18^{c}	13.28 ± 0.79^{b}	3.17 ± 0.07^{a}
		2.5 g · ℓ$^{-1}$	10.93 ± 0.06^{a}	4.20 ± 0.50^{b}	15.13 ± 0.47^{ab}	2.62 ± 0.30^{ab}
		5 g · ℓ$^{-1}$	11.91 ± 2.43^{a}	5.50 ± 0.25^{a}	17.41 ± 2.64^{a}	2.16 ± 0.35^{b}
		10 g · ℓ$^{-1}$	10.24 ± 2.67^{a}	4.68 ± 0.72^{ab}	14.91 ± 2.98^{ab}	2.21 ± 0.53^{b}

[1]Different letters within the columns indicate statistical differences at the 5% levels by Duncan's multiple range test.

비료인 Osmocote 이용 시 5g · ℓ$^{-1}$ 시비가 본 시험지와 같은 환경조건에서 가장 유용한 시비처리로 생각된다. 그러나 시비뿐만 아니라 각 산채류의 적정 광도 조건에 의해 생육이 달라지는 결과를 보였는데, 이는 산채류 재배 시 시비처리, 수확방법 등의 재배기술과 함께 각 식물별 적정 생육환경을 구명하는 연구가 보다 많이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

주제어 : 광도변화, 광합성 특성, 광화학 효율, 시비 처리, 엽록소 함량

인 용 문 헌

1. Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenol-oxidase in *Beat vulgaris*. Plant Physiol. 24(1):1-15.
2. Barker, M.G., M.C. Press, and N.D. Brown. 1997. Photosynthetic characteristics of dipterocarp seedlings in three tropical rain forest light environments: a basis for niche partitioning. Oecologia 112:453-463.
3. Cho, E.J. 2000. A Survey on the Usage of Wild Grasses. Korean J. Dietary Culture 15(1):59-68.
4. Cho, J.T. 1984. Physiological and ecological studies on the chinese bellflower, *Platycodon grandiflorum* DC. I. Studies on seed germination, growth and flowering of chinese bellflower. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 25(3):187-193.
5. Cho, M.S. 2008. Effects of light intensity on physiological characteristics and growth performances of deciduous hardwood species distributed in the central temperate zone of korean forest. Chungnam national university Master's dissertation p. 81.

6. Choi, J.H. 2001. Effects of artificial shade treatment on the growth performances, water relations, and photosynthesis of several tree species. Chungnam national university Doctor's dissertation p. 152.
7. Choi, S.T., J.T. Lee, and W.C. Park. 1993. Growth environment and nutritional evaluation of native *Allium victorialis* var. *platyphyllum* in Ulrung island. J. Korean Agric. Chem. Soc. 36(6):502-509.
8. Choi, Y.B. and J.H. Kim. 1995. Change in needle chlorophyll fluorescence of *Pinus densiflora* and *Pinus thunbergii* treated with artificial acid rain. Jour. Korean For. Soc. 84(1):97-102.
9. Choi, Y.H. and C.H. Cho. 1994. Compositions of fatty acids, inorganic components and volatile organic acids in Korean valerian roots. Korean J. Medicinal Crop Sci. 2(2):162-167.
10. Demmig, B. and O. Björkman. 1987. Comparison of the effect of excessive light on chlorophyll fluorescence (77 K) and photon yield of O_2 evolution in leaves of higher plants. Planta 171:171-184.
11. Ham, S.S., S.Y. Lee, D.H. Oh, S.H. Kim, and J.K. Hong. 1997. Development of beverages drinks using mountain edible herbs. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 26(1):92-97.
12. Hixcox, J.D. and G.F. Israelstam. 1978. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. Can. J. of Bot. 57(12):1332-1334.
13. Hong, C.K., S.B. Bang, S.B. Kwon, S.C. Kim, and Y.M. Mo. 1997. Studies on the nutri-culture of major wild vegetable *Ligularia fischeri* Turcz. I. Growth and yield of *Ligularia fischeri* Turcz. by media, amount of media and planting density in nutri-culture. Korean J. Plant. Res. 10(4):401-410.
14. Jeong, C.S., J.N. Park, J.H. Kyoung, J.P. Kang, and K.W. Kwak. 2006. Effects of foliar application of liquid hydration calcium in chinese cabbage during cultivated. Inst. Agr. Sci., Kangwon Nat'l Univ. 17:175-182.
15. Jeong, J.C., H.C. Ok, O.S. Hur, C.G. Kim, S.Y. Kim, and W.B. Kim. 2005. Food value and postharvest physiological characteristics of wild garlic (*Allium victorialis* var. *platyphyllum*) in Korea. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 23(2):164- 169.
16. Jeong, S.W., E.J. Kim, H.J. Hwang Bo, and S.S. Ham. 1998. Effects of *Ligularia fischeri* on oxidation of low density lipoprotein. Korean J. Food Sci. Technol. 30(5):1214-1221.
17. Kim, G.T. 2003. A study on the growth, photosynthetic rate and chlorophyll contents of *Ligularia fischeri* by the growing site. Jour. Korean For. Soc. 92(4):374-379.
18. Kim, G.T. and T.W. Um. 1997. Astudy on the distribution of wild edible herb species in mt. kariwang. Jour. Korean For. Soc. 86(4):422-429.
19. Kim, P.G. and E.J. Lee. 2001. Ecophysiology of photosynthesis 1: Effect of light intensity and intercellular CO_2 pressure on photosynthesis. Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology 3(2):126-133.
20. Kim, P.G., Y.S. Yi, D.J. Chung, S.Y. Woo, J.H. Sung, and E.J. Lee. 2001. Effect of light intensity on photosynthetic activity of shade tolerant and intolerant tree species. Jour. Korean For. Soc. 90(4):476-487.
21. Kim, Y.D. and W.M. Yang. 1986. Studies on the components of wild vegetables in Korea. J. Korean Soc. Food Nutr. 15(4):10-16.
22. Kwon, KW., G.N. Kim, and M.S. Cho. 2009. Physiological responses of the three wild vegetables under different shading treatment. Jour. Korean For. Soc. 98(1):106-114.
23. Lee, D.G., G.T. Kim, and T.W. Um. 1993. The production of edible wild herbaceous plants growing at natural forests. Korea Forest Service p. 759.
24. Lim, J.H. and K.C. Sang. 1990. Growth conditions *Hepatica asiatica* Nakai in the habitats for the cultivation as a floricultural crop. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 31(1):81-89.
25. Lim, J.H., S.Y. Woo, M.J. Kwon, J.H. Chun, and J.H. Shin. 2006. Photosynthetic capacity and water use efficiency under different temperature regimes on healty and declining korean Fir in Mt. Halla Jour. Korean For. Soc. 95(6):705-710.
26. Lim, S.C. 1993. The study of propagating method on *Erythronium Japonicum* decaisne. Korean J. Intl. Agri. 5(2):175-178.
27. Lim, S.C., H.J. Park, S.Y. Yun, M.S. Lee, and W.T. Kim. 1996. Structures of flavonoids and furostanol glycosides isolated from the bulbs of *Allium victorialis* L. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 37(5):675-679.
28. Mackinney, G. 1941. Absorption of light by chlorophyll solution. J. Biol. Chem. 140:315-322.
29. Oh, I.S., S.O. Yoo, and J.H. Bae. 1994. Morphological characteristics of *Chrysanthemum zawadskii* Herb. native to Korea. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 35(1):78-87.
30. SAS Institute Inc., 2000: SAS/STAT TM Guide for Personal Computer. Version 8 Edition. SAS Institute Inc., N. C. p. 1026.
31. Sigmaplot. 2000. philscience p. 136.
32. Won, J.Y. and C.Y. Lee. 2002. Characteristics of photosynthesis and dry matter production of *Liriope platyphylla* W_{ANG} et T_{ANG}. Korean J. Medicinal Crop Sci. 10(2):82-87.