

## 점봉산 참나물 자생지의 환경 및 생육 특성

박윤미 · 김만조\*

국립산림과학원 산림유전자원부 특용자원연구과

## Environmental and Growth Characteristics of *Pimpinella brachycarpa* Habitat in Mt. Jeombong, Korea

Yun Mi Park and Mahn-Jo Kim\*

Division of Special-purpose Trees, Korea Forest Research Institute, Suwon 441-847, Korea

**요 약:** 참나물(*Pimpinella brachycarpa*)은 전국의 숲속 반음지의 습한 환경에서 자라는 다년생 식물이다. 본 연구는 중부지방 강원도의 점봉산에서 이루어졌으며, 참나물 자생지의 환경적인 특징과 미소환경에 따른 생육 특성을 조사하였다. 참나물 개체군은 해발 978~1016 m의 평균 공중 습도가 80%에 달하는 곳에 위치하고 있었으며, 자생지의 토양 특성을 분석한 결과, 토양수분은 평균 26.7%로 상당히 높았으며, 유기물 함량은 11.1~11.7%, 전질소 함량은 0.60%, 유효인산은 19.5~39.0 ppm, 양이온 치환용량은 20.8~21.3 cmolckg<sup>-1</sup>, 평균 산도는 pH 5.1~5.4로 나타났다. 미소환경 별로는 상층부의 개체목 밀도가 낮아 상대적으로 빛이 많이 들어오는 임상에서 자라는 개체들의 줄기의 높이가 수관이 울폐된 곳보다 통계적으로 유의하게 큰 값을 보였다. 이를 통해, 점봉산의 참나물 자생지는 공중습도와 토양 수분이 상당히 높은 곳에 위치하며, 임상내로 들어오는 빛의 양이 증가할수록 생장량이 상대적으로 증가하는 것을 알 수 있었다.

**Abstract:** *Pimpinella brachycarpa*, a summer-green perennial herb, is narrowly distributed in the moist forest floors. We investigated environmental characteristics and growth patterns of *Pimpinella brachycarpa* depending on the microenvironment in Mt. Jeombong located in the central part of Korea. *P. brachycarpa* populations were located at an altitude of 978~1016 m and the average atmospheric humidity hovered at 80 percent. Also, it was found that the soil moisture content was remarkably high, 26.7%, in the populations; organic matter 11.1~11.7%; the nitrate nitrogen 0.60%; available phosphorus 19.5~39.0 ppm; CEC 20.8~21.3 cmolckg<sup>-1</sup>; soil pH 4.7~4.8 respectively. In case of growth pattern, the shoot length of individuals under the improved light condition in the sunny forest was statistically longer than in the dense forest. Therefore, we presumed that high humidity and ample soil moisture are abiotic factors of the growth of *P. brachycarpa* and that the amount of light affects the relative growth rate of individuals.

**Key words :** *Pimpinella brachycarpa*, microenvironment, air humidity, light, growth

### 서 론

산채(山菜)류는 산야에 자생하는 식물 중 식용이 가능한 식물을 뜻하며, 우리나라에는 자생하는 식물 3,200여 종 중에서 약 480여종이 식용이 가능한 것으로 파악되었다(현병근 등, 2010). 그러나 이러한 자원식물은 관광 산업화와 무공해 식품인 산채에 대한 관심이 고조됨에 따라, 일반인에 의한 무분별한 채취와 남획으로 인해 고갈되고 있다(김갑태 등, 1997).

또한 과거에는 영아자, 산마늘, 곰취 등 일부 산채의 자

생지에 대한 연구가 이루어졌지만(강호중, 1994; 서종택 등, 1994; 김갑태 등, 1997), 최근 들어 자생지의 훼손이 심각하여 연구가 거의 이루어지지 않았다. 특히 과거의 연구결과로부터 특정 산채 종의 개체수가 많아 자생지로 발견되었더라도, 현재는 심하게 훼손되어 자생지로서의 가치가 없어진 곳이 많은 실정이다.

김갑태 등(1997)에 의하면, 침엽수 조림지에서는 주요 산채의 분포가 제한적이며, 곰취와 참나물의 경우, 더덕이나 서덜취 등에 비해 토양수분 조건이 좋은 곳에서 주로 분포한다고 하였다. 또한 서종택 등(1994)에 의하면, 강원도 평창군에 위치하고 있는 동대산, 호령봉 등지의 평균 상대 습도가 70%를 넘는 곳에 산마늘이 분포한다고 하였

\*Corresponding author  
E-mail: otttr@forest.go.kr

다. 강호중(1994)에 의하면 영아자의 경우, 해발 250~1000 m지역의 산지에서 자생하며, 해발고가 높아질수록 엽장이 길어지는 경향을 보인다고 하였다. 이와 같은 연구결과를 통해 각 산채별 자생지의 환경적 특성이 다양하며, 선호하는 대기 및 토양 환경이 있는 것으로 판단된다.

식물 군집 내에서 광 조건, 토양 pH, 수분함량, 유기물 함량, 영양염류 함량 등과 같은 환경 요인들은 공간적인 규모에서 매우 복잡하게 분포하고, 그러한 공간적 이질성은 식물군집 구성의 주요한 성분이다(Koch and Matzner, 1993; Robertson *et al.*, 1988). 이러한 공간적 이질성으로 인한 입지환경 및 미소환경에 따른 초본식물의 생육특성에 관한 연구가 지금까지 많이 이루어졌다(Kephart and Paladino, 1997; Munzbergova, 2005; Vellend, 2005). 특히 임상내의 광조건의 변화는 식물에게 강한 선택적 압력을 주어, 잎의 형태나 바이오매스 분배에 영향을 줄 수 있다는 연구가 많은 논문에서 보고되었다(Monson *et al.*, 1992; Casper *et al.*, 2001; Yu and Dong, 2003; Curt *et al.*, 2005). 이와 같은 연구 결과를 통해, 산채류 또한 미소환경 별 다른 광조건과 토양환경으로 인해 독특한 생육 특성을 보일 것으로 예상되며, 자생지 연구를 통해 최적의 생육 환경 조건을 규명할 필요가 있을 것으로 사료된다.

참나물(*Pimpinella brachycarpa*)은 산형과에 속하는 다년생 식물로서, 전국 숲속 반음지에서 자란다. 예로부터 어린 순을 채취하여 잎줄기를 생으로 먹거나 무침, 김치 등 다양한 형태로 식용하여 왔는데, 최근 건강식품으로서 각광 받으면서 재배화가 많이 이루어지고 있다(김경희 등 1990). 참나물 자생지에 관한 연구는 1990년에 김경희에 의해 유일하게 이루어졌는데, 고산지의 토양이 습윤하고, 지온과 기온이 낮은 북향에 주로 자생하며, 5~8월 중에 많이 자란다고 하였다(김경희 등, 1990). 그 후에 참나물 자생지와 관련한 논문은 없었으며, 1990년대 후반에 참나물 재배기술과 관련하여 종자 발아 및 수량에 미치는 공중 습도 및 차광효과에 관한 연구가 일부 이루어졌다(서종택 등, 1997; 최성진 등, 2001). 특히 오늘날 참나물은 고급산채로서 각광받고 있으나, 자연산에 비해 품질이 많이 떨어지며 다수확 재배기술 개발이 부족한 문제가 있다(최성진 등, 2001).

본 연구는 과거 참나물 자생지 연구에서 부족했던 기상 및 토양특성과 미소환경 별 최적의 생육환경을 규명하였으며, 특히 고품질 다수확 재배 기술을 개발하는데 본 연구 결과가 이용될 것으로 기대한다.

## 재료 및 방법

### 1. 자생지 환경 측정

본 연구의 조사지는 강원도 인제군 기린면 진동리 점봉

산에 위치한다. 참나물의 생육이 끝나는 8월 중순에, 한 사면 내 참나물의 생육상태가 다른 4개의 방형구(크기: 20 m × 5 m)를 설치하였다. 또한 각 방형구별 해발고도, 방위, 경사를 각각 측정한 후, 방형구내 위치한 2.5 cm 이상의 교목의 흉고직경을 모두 측정하였다.

토양 및 기상환경을 측정하기 위해, 대기 온 · 수분 장치(S-THB-M002)와 토양 온 · 습도 측정 장치(S-TMB-M002, S-SMA-M005)를 2010년 8월 19일부터 2011년 5월 25일까지 자생지내 개체수가 가장 많은 방형구에 설치하고 자료를 수집하였다. 또한 참나물의 생장에 미치는 광조건을 알아보기 위해, 조도계(Illumination meter IM-2D)를 이용하여 맑은 날 오후 2시에서 3시 사이에, 각 방형구별 참나물 개체 높이에서 임의적으로 10회 측정 한 뒤 평균값을 얻었다. 또한 참나물의 뿌리가 위치한 지점에서 Moisture probe meter(MPM 160)를 이용하여 방형구별 토양 수분을 임의적으로 10회 측정하였다.

### 2. 생장 조사

방형구 별 생육 특성을 규명하기 위해, 방형구내 위치한 모든 참나물 개체의 줄기의 길이 및 수, 잎의 엽병 길이, 소엽 면적, 화경 수를 각각 측정하였다. 각 방형구별 조사된 형태적 특징들은 SPSS통계패키지(SPSS Institute v15.0)를 이용하여 ANOVA분석(Turkey's test)을 실시하였다.

### 3. 토양 분석

참나물 자생지의 토양 특성을 분석하기 위해 각 조사지점 별 3반복으로 A0층을 걷어내고 표층으로부터 10 cm 내외의 깊이에서 토양을 채취하여 분석에 이용하였다. 토성은 비중계법, 토양 pH는 토양시료와 증류수를 1:5의 비율로 섞어 pH meter를 이용하여 측정하였으며, 토양 내 유기물 함량은 건조 직후의 토양의 유기물을 600°C에서 6시간 동안 태운 후, 감소한 무게 차이로 측정하였다. 전질소는 Micro Kjeldahl법(Konen *et al.*, 2002), 유효인산은 Lancaster법(Kuo, 1996), 양이온치환용량은 ammonium acetate법, 칼륨, 나트륨, 칼슘, 마그네슘의 양은 원자흡광광도법을 이용하여 측정하였다(Sumner and Miller, 1996). 각 방형구별 조사된 토양자료는 SPSS통계패키지(SPSS Institute v15.0)를 이용하여 ANOVA분석(Turkey's test)을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 자생지 환경특성

점봉산 참나물 자생지는 해발 978~1016 m의 경사 19~20°의 북동사면에 위치하였으며(Table 1), 잦은 운무 현

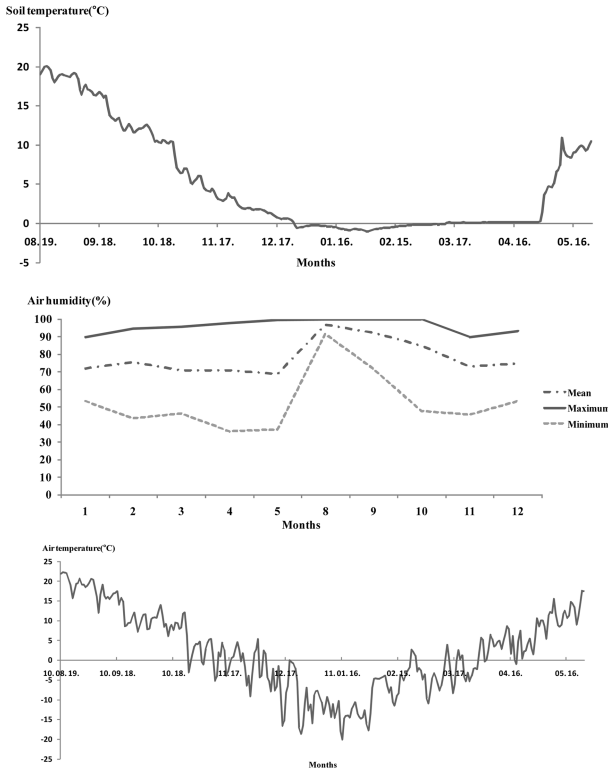


Figure 1. Seasonal changes of climate conditions at the study sites (2010. 8~2011. 5).

상으로 인해 연중 공중습도가 평균 80%에 달할 정도로 매우 높았다. 참나물의 생육기간인 5월~8월의 평균 대기온도는 7.9~22.3°C이며, 평균 토양 온도는 7.9~19.1°C 였다 (Figure 1). 김경희 등(1990)의 연구결과에서는 연간 공중 습도와 기온 및 지온에 관한 자료는 없었으나, 기온 및 지온의 일변화가 평지에 비해 거의 없는 곳에 참나물 자생지가 위치한다고 하였다. 따라서 본 자생지의 대기 및 토양 환경 조건을 통해 참나물은 연간 공중습도가 높게 유지되며, 기온 및 지온의 변화가 크지 않은 음지에 자생하는 것으로 판단된다.

주변식생으로 교목층은 황벽나무(*Phellodendron amurense*), 신갈나무(*Quercus mongolica*)가 우점하는 가운데 귀룽나무(*Prunus padus*), 층층나무(*Cornus controversa*)가 자생하고 있었으며, 관목층은 당단풍(*Acer pseudosieboldianum*),

고로쇠나무(*Acer okamotoanum*), 초본류는 노루오줌(*Astilbe rubra*), 곰취(*Ligularia fischeri*), 박새(*Veratrum oxysepalum*), 관중(*Dryopteris crassirhizoma*), 등글레(*Polygonatum koreanum*) 등이 공존하고 있었다. 또한 민박취나물(*Parasenecio hastata*), 병풍쌈(*Parasenecio firmus*) 등 희귀 산채가 함께 자생함으로써, 향후 산채 자생지 연구의 좋은 조사지가 될 것으로 기대하고 있다.

## 2. 자생지 토양특성

참나물 자생지의 네 개의 방형구의 토양을 분석한 결과, 방형구 간에 토양 pH, 유기물 함량, 전 질소, 유효인, 양이온 치환용량(CEC: cation exchange capacity), 치환성 양이온 함량( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) 등에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다( $P \leq 0.01$ ). pH는 평균  $5.2(\pm 0.14)$ 의 약산성을 보였으며, 유기물 함량은 평균  $11.4(\pm 0.64)\%$ 로 우리나라 강원도 산림토양의 A층의 평균 유기물 함량인 4.9%보다 2배 이상 높은 값을 보였다. 또한 전 질소는 평균  $0.6(\pm 0.03)\%$ , CEC는  $20.9(\pm 0.50) \text{ cmolckg}^{-1}$  값으로, 강원도내 분포하는 토양의 평균값(전질소: 0.21%, CEC:  $13.4 \text{ cmolkg}^{-1}$ )보다 높은 값을 나타내어 비교적 양분이 풍부한 환경에서 참나물이 자생하고 있는 것으로 판단된다. 치환성 양이온 함량에서  $K^+$ 은 강원도 평균값보다 높은 값을  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ 은 낮은 값을 보였다( $K^+$ :0.26,  $Ca^{2+}$ :3.88,  $Na^+$ :0.29,  $Mg^{2+}$ :1.16)(정진현 등, 2002). 정진현 등(2002)은 1984년부터 1990년까지 전국의 915개 산림토양에 대하여 이화학성 분석을 실시하였는데, 치환성 양이온의 경우 A층을 기준으로 할 때 일반적으로 산림토양에서  $Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+ > Na^+$ 순으로 감소한다고 하였으며, 본 연구결과도 이와 비슷한 결과를 보여주고 있으며, 특히  $K^+$ 이 높은 값을 나타내었다(Table 2).

## 2. 미소환경 별 생장특성

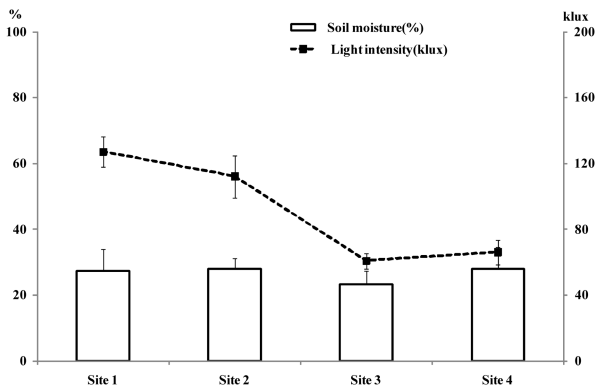
네 개의 방형구는 같은 사면에 위치하여, 고도와 사면 방향과 경사가 모두 비슷하였지만 임목 밀도와 흉고단면적에서 차이를 보였다. Site 1과 Site 2의 경우 개체목 밀도가 ha당 200~300 본으로 낮아서 흉고 단면적 값이

Table 1. Topographic and stand structural descriptions of study sites of *Pimpinella brachycarpa* populations.

	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4
Altitude (m)	1000	978	1016	1009
Aspect (°)	65	38	50	30
Slope (%)	40	45	42	42
Density (DBH > 2.5 cm)/ha	300	200	400	1000
Stand DBH (mean S.E.) (cm)	25.3±8.96	33.0±8.49	14.8±7.61	34.5±9.68
Basal area (m <sup>2</sup> /ha)	16.4	17.7	21.3	39.6
Tree Species	<i>Phellodendron amurense</i> , <i>Quercus mongolica</i>	<i>Phellodendron amurense</i> , <i>Juglans mandshurica</i>	<i>Phellodendron amurense</i> , <i>Cornus controversa</i> , <i>Betula davurica</i>	<i>Phellodendron amurense</i> , <i>Cornus controversa</i> , <i>Prunus padus</i>

**Table 2. Soil Characteristics of study sites of *Pimpinella brachycarpa* populations.**

Site	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Average
pH (1:5, H <sub>2</sub> O)	4.8±0.14	4.8±0.07	4.7±0.20	4.8±0.09	4.8±0.14
Organic matter (%)	11.5±0.89	11.4±0.18	11.7±0.64	11.1±0.44	11.4±0.64
Total N (%)	0.6±0.04	0.6±0.02	0.6±0.03	0.6±0.03	0.6±0.03
Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	19.5±7.00	30.0±18.05	39.0±11.89	22.5±10.49	27.7±14.6
CEC (cmolckg <sup>-1</sup> )	20.9±0.62	20.8±0.37	21.3±0.36	20.6±0.21	20.9±0.50
K <sup>+</sup>	0.6±0.07	0.6±0.07	0.6±0.09	0.6±0.05	0.6±0.08
Na <sup>+</sup>	0.1±0.02	0.2±0.08	0.1±0.02	0.1±0.01	0.1±0.05
Ca <sup>2+</sup>	3.0±0.36	3.2±1.09	3.3±0.81	3.4±0.78	3.2±0.82
Mg <sup>2+</sup>	1.0±0.13	1.0±0.22	1.1±0.25	1.1±0.24	1.1±0.22

**Figure 2. Light intensity and soil moisture content in study sites of *Pimpinella brachycarpa* populations.**

16.4~17.7 m<sup>2</sup>로 다른 두 개의 방형구보다 낮았으며, Site 3과 Site 4의 경우는 개체목 밀도가 400~1000본으로 비교적 높아, 흉고 단면적 값이 ha당 21.3~39.6 m<sup>2</sup>으로 큰 값을 보였다(Table 1). 임상내에 형성되는 광조건의 변화는 계절에 따라 차이가 날 뿐만 아니라, 상층목의 배열에 따른 숲틈의 분포에 따라 공간적으로 다른 광 환경을 만들게 된다(Takashi *et al.*, 2009). 본 연구에서도 마찬가지로 상층목의 밀도와 공간 분포에 따라 방형구 별 임상내로 들어오는 빛의 양이 Figure 2와 같은 차이를 보였는데, Site 1과 Site 2의 경우 광조건이 평균 112.2~127.1 klux로 높은 값을 보였고, Site 3과 Site 4의 경우는 평균 61.0~66.0 klux의 낮은 값을 보였다. 반면 토양수분의 경우 네 개의 방형구 모두 평균 26.7%로 우리나라 평균값인

24.0%보다 상대적으로 높은 값을 보였으며, 방형구 간에는 큰 차이를 보이지 않았다(정진현 등, 2002). 토양 내 수분함량은 측정 시기의 기상요인, 토양 모재, 유기물 함량 같은 토양 특성과 광 조건에 따라 차이를 보일 수 있으나, 본 연구에서는 큰 차이를 보이지 않은 것으로 보아, 광조건의 변화가 토양 수분함량의 차이를 만들지 않은 것으로 판단된다(정진현 등, 2002; Tomimatsu *et al.*, 2009).

네 개의 방형구 별 성장특성을 조사한 결과, Site 1과 Site 2는 나머지 두 방형구에 비해 줄기의 길이가 통계적으로 유의하게 큰 값을 보였으며, 엽병 길이 및 소엽 면적은 Site 1과 Site 2가 큰 값을 보였으나, 통계적으로 유의하지는 않았다. 네 방형구 모두 평균 줄기의 수는 3.9개이며, 평균 화경의 수는 1.5개였으며, 방형구 간에는 큰 차이를 보이지 않았다(Table 3).

숲틈(canopy gap)의 분포와 생성에 의해, 임상내의 광조건이 변화하면 잎의 수가 증가하거나(Skilman *et al.*, 1996; Kikuzawa, 2003), 이미 형성된 잎의 엽면적이 커지는 등(Turnbull *et al.*, 1993; Yamashita *et al.*, 2000; Oguchi *et al.*, 2006), 광합성양이 최대화되도록 변화하는 초분류에 관한 논문이 많이 보고되었다. 또한 국내에서도 김길남 등(2010)의 연구에 의하면, 산마늘의 경우 상대 투광율이 35~42%인 곳에서 엽면적 및 물질생산량이 가장 높고, 곰취 및 곤달비의 경우는 상대 투광율이 64~73%인 곳에서 가장 높다고 하였다. 또한 이정호 등(2004)에 의하면 산채류인 멸가치의 경우 광량과 습도의 미세한 변화가 생육에 가장 큰 변화를 초래한다고 하였다.

**Table 3. Morphological characteristics of *Pimpinella brachycarpa* populations (mean±SE).**

	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4
Shoot length (cm)	12.19±4.69a	12.18±3.27a	8.80±3.12b	9.13±3.78b
Petiole length (cm)	5.51±2.55	5.97±2.20	4.27±1.50	4.94±2.74
Area of leaflet (cm <sup>2</sup> )	19.96±17.01a	15.61±10.39ab	10.14±11.33b	11.19±8.22ab
No. of shoots	3.95±0.66	3.84±0.37	3.73±0.45	3.90±0.30
No. of flower stalk	1.17±1.24	1.84±1.59	1.64±1.14	1.42±0.85

Values followed by different letters within a line indicate significant differences (P=0.01) between substrates for that parameter using ANOVA analysis.

본 연구에서도, Site 1과 Site 2의 경우 나머지 두 방형구와 비교해 볼 때, 상층목의 분포로 인해 증가한 빛의 양으로 인해 참나물의 줄기 생장이 72%이상 증가하였다. 이를 통해, 참나물의 경우, 광량이 증가함에 따라 줄기의 길이 및 엽면적을 증가시켜 광합성을 최대화시키는 방향으로 적응한 것으로 판단된다.

결론적으로 참나물은 공중습도와 토양수분이 높은 환경을 선호하며, 광량이 증가함에 따라 성장량을 증가시켜 물질생산량을 최대화하는 것을 알 수 있었다. 또한 본 연구결과를 향후 참나물 임간재배 등 고품질 다수확 재배기술을 개발하는데 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

### 인용문헌

- 강호중. 1994. 산채식물인 영아자(민다래끼)의 생리생태에 관한 연구. 한국원예학회지 12(2): 2.
- 김갑태, 엄태원. 1997. 가리왕산의 산채 분포에 관한 연구. 한국임학회지 86(4): 422-429.
- 김경희, 유근창. 1990. 한국산 참나물의 생태적 특성에 관한 연구; I. 자생지 환경특성에 관하여. 한국원예학회지 8(1): 74-75.
- 김길남, 조민석, 권기원. 2010. 광도 변화에 따른 산마늘, 곰취, 곰달비의 생장 및 Ascorbic acid 함량분석. 한국임학회지 99(1): 68-74.
- 서종택, 김원배, 김병현, 김정간, 이우철, 유기억. 1994. 산마늘의 자생지 환경 및 생태적 특성에 관한 연구. 한국원예학회지 12(2): 60-61.
- 서종택, 류승열, 김원배, 최관순, 김이훈. 1997. 차광정도가 참나물의 종자수량에 미치는 영향. 한국원예학회지 15(2): 206-207.
- 이정호, 김규식, 배은익, 조동광. 2004. 미세환경에 따른 주요 산채류인 멸가치의 생육에 관한 연구. 한국임학회지 1: 64-66.
- 정진현, 구교상, 이충화, 김춘식. 2002. 우리나라 산림 토양의 지역별 이화학적 특성. 한국임학회지 91(6): 694-700.
- 최성진, 김종환, 안명훈, 심미영, 최병곤, 모영문. 2001. 공중습도 조절이 참나물의 품질 및 수량에 미치는 영향. 원예과학기술지 19(1): 62.
- 현병근, 정석재, 손연규, 박찬원, 장용선, 송관철, 김이현, 최은영, 홍석영, 권순익, 장병춘. 2010. 산채류 재배 적지 기준설정 방법 간의 비교 분석. 한국토양비료학회지 43(5): 574-582.
- Casper, B.B., Forseth, I.N., Kempenich, H., Seltzer, S. and Xavier, K. 2001. Drought prolongs leaf life span in the herbaceous desert perennial *Cryptantha flava*. Functional Ecology 15: 740-747.
- Curt, T., Coll, L., Prevosto, B., Balandier, P. and Kunstler, G. 2005. Plasticity in growth, biomass allocation and root morphology in beech seedlings as induced by irradiance and herbaceous competition. Annals of Forest Science 62: 51-60.
- Kephart, S.R. and Paladino, C. 1997. Demographic change and microhabitat variability in a grassland endemic, *Silene douglasii* var. *oraria* (Caryophyllaceae). American Journal of Botany 84: 179-189.
- Kikuzawa, K. 2003. Phenological and morphological adaptations to the light environment in two woody and two herbaceous plant species. Functional Ecology 17: 29-38.
- Koch, A.S. and Matzner, E. 1993. Heterogeneity of soil and soil solution chemistry under Norway spruce(*Picea abies* Karst.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) as influenced by distance from the stem basis. Plant and Soil 151: 227-237.
- Konen, M.E., Jacobs, P.M., Burras, C.L., Talaga, B.J. and Mason, J.A. 2002. Equations for predicting soil organic carbon using loss-on-ignition for north central U.S. soils. Soil Science Society of America Journal 66: 1878-1881.
- Kuo, S. 1996. Phosphorus. In: Sparks, D.L. (ed) Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods. Soil Science Society of America Book Series Number 5. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 1390.
- Monson, R., Smith, K., Gering, S.D., Bowman, J.L., W.D. and Szarek, S.R. 1992. Physiological differentiation within an *Encelia farinosa* population along a short topographic gradient in the Sonoran Desert. Functional Ecology 6: 751-759.
- Munzbergova, Z. 2005. Determinants of species rarity: population growth rates of species sharing the same habitat. American Journal of Botany 92: 1987-1994.
- Oguchi, R., Hikosaka, K., Hiura, T. and Hirose, T. 2006. Leaf anatomy and light acclimation in woody seedlings after gap formation in a cool temperate deciduous forest. Oecologia 149: 571-582.
- Robertson, G.P., Huston, M.A., Evans, F.C. and Tiedje, J.M. 1988. Spatial variability in a successional plant community: Patterns of nitrogen availability. Ecology 69: 1517-1524.
- Skillman, JB, Strain, B.R. and Osmond, C.B. 1996. Contrasting patterns of photosynthetic acclimation and photo-inhibition in two evergreen herbs from a winter deciduous forest. Oecologia 107: 446-455.
- Sumner, M.E. and Miller, W.P. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients, pp. 1201-1229. In: D.L. Sparks (ed). Methods of soil analysis. Part 3: chemical methods. Soil Science Society of America book series No. 5, 3rd edn., Soil Science Society of America, Madison, WI.
- Takashi, Y.I. and Gaku, K. 2009. Comparison of light harvesting and resource allocation strategies between two rhizomatous herbaceous species inhabiting deciduous forests. Journal of Plant Research 122: 171-181.
- Tomimatsu, H., Hosoda, J.I. and Hori, Y. 2009. Differences in the structure, growth and survival of *Parasene-*

- cio yatabei* ramets with contrasting water relations on the slope of stream bank. *Plant Species Biology* 24: 83-91.
26. Turnbull M.H., Doley, D. and Yates, D.J. 1993. The dynamics of photosynthetic acclimation to changes in light quantity and quality in 3 Australian rain forest tree species. *Oecologia* 94: 218-228.
27. Vellend, M. 2005. Land-use history and plant performance in populations of *Trillium grandiflorum*. *Biological Conservation* 124: 217-224.
28. Yamashita, N., Ishida, A., Kushima, H. and Tanaka, N. 2000. Acclimation to sudden increase in light favoring an invasive over native trees in subtropical islands, Japan. *Oecologia* 125: 412-419.
29. Yu, F.H. and Dong, M. 2003. Effects of light intensity and nutrient availability on clonal growth and clonal morphology of the stoloniferous herb *Halerpestes ruthenica*. *J. Integr. Acta Botanica Sinica* 45: 408-416.
- 
- (2011년 8월 2일 접수; 2011년 8월 11일 채택)