

P-V 곡선을 통한 누룩치, 고려엉겅퀴, 병풍쌈의 내건성 평가

이경철 · 한상섭[†]

강원대학교 산림환경과학대학 산림자원학전공

Evaluation of Drought Tolerance of *Pleurospermum camtschaticum*, *Cirsium setidens* and *Parasenecio firmus* Obtained from Pressure-Volume Curves

Kyeong Cheol Lee and Sang Sup Han[†]

Department of Forest Resources, College of Forest and Environmental Sciences,
Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea.

ABSTRACT : This study was carried out to establish a proper cultivation site and diagnose the drought tolerance of *Pleurospermum camtschaticum*, *Cirsium setidens* and *Parasenecio firmus* leaves by using pressure-volume curves. The result of Ψ_o^{sat} and Ψ_o^{tp} were lower in *Pleurospermum camtschaticum* leaves. On the other hand, it appeared that E_{max} of *Pleurospermum camtschaticum* was approximately six times higher than that of *Parasenecio firmus*. The values of RWC^{tp} is all above 88% showing that the function of osmoregulation is somewhat better, and Vo/DW , Vt/DW , Ns/DW of *Pleurospermum camtschaticum* leaves were approximately 2~4 times Lower than other ones. Thus, responses to water relations of *Pleurospermum camtschaticum*, *Cirsium setidens* and *Parasenecio firmus* such as Ψ_o^{sat} , Ψ_o^{tp} , E_{max} , $\Psi_{P,max}$, RWC^{tp} were shown that the *Pleurospermum camtschaticum* leave was higher drought tolerance than *Cirsium setidens* and *Parasenecio firmus* leaves.

Key Words : Water Relations Parameters, Drought Tolerance, Maximum Turgor, *Pleurospermum camtschaticum*, *Cirsium setidens*, *Parasenecio firmus*

서 언

다양한 산림부산물 중에서 산채는 특유의 맛과 향, 약효, 식생활 습관, 계절감 등 다양한 이유로 옛부터 기능성 식품으로 꾸준히 이용되어 왔다. 최근에는 경제 발전과 산업화에 의한 환경오염의 증가 및 생활수준의 향상으로 건강의 중요성에 대한 인식이 높아지면서 산림에서 생산되는 청정 기능성 산채의 가치가 높아지고 있으며, 수요 또한 증가하는 추세이다. 특히 일반 식생활에서 부족되기 쉬운 각종 비타민과 무기질이 풍부하고, 섬유소가 많아 변비나 각종 성인병 예방이 도움이 되며, 소비자들의 욕구를 충족시킬 수 있는 산채는 청정함과 기능성을 가지고 있어 농가의 고소득 작물로 각광받고 있다 (Nam and Baik, 2005; Lee et al., 2011).

최근 산채류의 약리효과에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 (Ham et al., 1998, Jeong et al., 1998; Lee et al., 2011), 산채의 일종으로 누룩치, 왜우산풀로 알려져 있는 누룩치는 a-amylase의 활성 증가, 단백질 분해능 촉진, 항산화작용 및 항돌연변이원 효과가 확인되어 소화촉진 효과 및 항암기능

이 있다고 한다 (Chung and Lee, 1998; Cho et al., 2004). 병풍쌈은 신경질환, 심혈관질환, 당뇨병, 동맥경화에 효능이 있으며 (Park et al., 2009), 고려엉겅퀴는 강원도 지역에서 자생하는 식물로 이화학적성상, 항산화 활성, 간보호활성 등의 연구가 보고된 바 있다 (Jung et al., 2008; Lee, 2006).

산림내에서 자생하는 누룩치, 고려엉겅퀴, 병풍쌈은 임지내 환경에 따라 분포하는 곳이 다르며, 이에 따라 경작지나 임내에서 직접 재배 할 경우 적합한 광과 수분조건을 제공하는 것이 생장에 결정적인 요인으로 작용한다 (Han et al., 2010). 누룩치는 생육기에 매우 낮은 광조건에서 생장하고, 이식재배 시 성묘율이 낮아 재배면적 확대가 어려운 산채로 알려져 있으며 (Hong, 1997), 고려엉겅퀴는 30% 차광시 생장에 유리한 것으로 보고된 바 있다 (Suh et al., 1996). 병풍쌈은 개체군 분포지의 생태적 특성 (Jin and Ahn, 2010), 종자 및 임분별 생장특성 (Park et al., 2010)등의 연구에서 주로 일조량이 적고 습한 계곡부에 자생하는 것으로 보고되었다. 그러나 기존의 연구들은 서식환경에 관한 생태적인 고찰로서 인공재배시 필요한 내건성 판정에 필요한 연구는 전무한 실정이다.

[†]Corresponding author: (Phone) +82-42-821-5729 (E-mail) choije@cnu.ac.kr

Received 2011 December 30 / 1st Revised 2012 February 1 / 2nd Revised 2012 February 3 / Accepted 2012 February 5

식물의 성장속도와 광합성속도는 세포의 팽압이 최고일 때 가장 빠르지만, 광합성을 하기 위하여 외부로부터 CO₂를 흡수해야 하므로 이때 잎의 기공을 통해 수분손실이 발생하게 되며 (Kwon *et al.*, 2003), 특히 토양에 충분한 수분이 없을 경우 발생하는 잎의 수분포텐셜 저하는 초기에는 기공개폐작용에 의한 단순한 광합성속도의 감소에 그치나, 그 정도가 점점 커지면 잎 세포의 팽압이 0에 가까워져 마침내는 원형질분리가 시작된다. 이때 잎은 물질생산능력을 잃고 장기간 계속되면 영구위조점에 달하여 고사하게 된다 (Han and Kim, 1980). 식물의 수분손실의 대부분은 잎에서 일어나기 때문에 잎의 생세포막의 내건성에 관계하는 수분인자의 특성을 밝힐 필요가 있으며, 압력챔버를 이용한 P-V 곡선법은 작물의 수분상태를 측정하고 내건성을 평가하는데 용이한 방법으로 수분관련 생리연구나 생태연구에 광범위하게 이용되고 있다 (Han *et al.*, 1991, 2010; Kim *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2011a,b; Neil, 1988)

이 연구는 산채의 일종으로 약리효과가 뛰어나며 기능성 식품으로 개발가능성이 높은 누룩치 (*Pleurospermum camtschaticum*)와 고려엉겅퀴 (*Cirsium setidens*), 병풍쌈 (*Parasenecio firmus*)의 내건성에 관계하는 수분특성인자를 알아보고자 P-V 곡선법 (Pressure-volume curves)을 적용하여 압포텐셜 (Ψ_p), 최대포수시의 삼투포텐셜 (Ψ_0^{sat}), 초기원형질분리점의 삼투포텐셜 (Ψ_0^{wp}), Osmole 수 (Ns/DW), 세포막의 최대탄성계수 (E_{max}), 세포막을 자유롭게 이동할 수 있는 삼투수의 총량에 대한 초기원형질분리점의 상대함수율 (RWC^{wp}), 잎의 총합수량에 대한 초기원형질분리점의 상대함수율 (RWC^*) 등을 측정하여 분석하였다.

재료 및 방법

실험에 사용된 재료는 강원대학교에서 평균온도 20±3.0, 상대광도 70~80% 유지하고 관수는 1일 2회 자동급수로 충분히 공급하여 직경 20 cm 포트에 생육시킨 누룩치, 고려엉겅퀴, 병풍쌈을 대상으로 생육이 양호한 3분을 각각 사용하였다.

측정은 2011년 6월에 이루어졌으며, 시료의 지상부를 절단하고 20~25°C의 실온에서 빛을 차단시킨 상태로 최대 포수상태에 도달하도록 12시간 이상 수분을 흡수시켰다. 실험을 시작하기 전에 시료의 생체중을 측정하고 Pressure Chamber (Model 3100 SAPS Console, Soil Moisture Corp. USA.)에 넣은 후 질소가스를 이용하여 최초 0.3 MPa에서 0.3 MPa씩 증압하면서 각 압력단계별로 잎의 수분 침출량을 측정하였다. 수분 침출량 측정을 위해서 tissue paper를 넣은 silicon tube (내경 5 mm, 길이 6 cm)를 시료의 절단부에 접촉시켜 침출수를 흡수시킨 후 무게의 증가를 침출이 끝날 때까지 10분 간격으로 측정하였다. 최대 1.8 MPa까지 침출량을 측정하였으며, 각 시료

의 측정은 절단 후 24시간 이내에 완료하였다. 측정이 끝난 시료는 80°C에서 48시간 건조 후 건물중량을 측정하여 총수분량 (Vt)을 산출하였다.

잎의 생세포막의 압포텐셜 (= 팽압; Ψ_p), 최대포수시의 삼투포텐셜 Ψ_0^{sat} , 초기원형질분리점의 삼투포텐셜 Ψ_0^{wp} , 세포내 용질의 Osmole 수 Ns/DW, 세포막의 최대탄성계수 E_{max} , 세포막을 자유롭게 이동할 수 있는 삼투수의 총량에 대한 초기원형질분리점의 상대함수율 RWC^{wp} , 잎의 총합수량에 대한 초기원형질분리점의 상대함수율 RWC^* 등 내건성에 관계되는 수분특성인자는 Tyree와 Hammel (1972)의 P-V 곡선이론을 적용하여 구하였다. P-V곡선법은 비교적 재현율이 높기 때문에 (Han, 1991; Lee *et al.*, 2011), 각 시료 별로 3회 반복 측정하였으며, 측정결과는 SPSS Statistics Program (Version 19.0)을 이용하여 Duncan's multiple range test로 유의성 분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

P-V 곡선에 의해 얻은 누룩치, 고려엉겅퀴, 병풍쌈의 수분특성인자를 Fig. 1에 나타냈다. 원형질분리가 일어난 이후 침출수량 (Ve)과 압력의 역수 1/P의 직선관계는 모두 상관계수 0.99 이상의 높은 값으로 1%의 유의성을 나타냈다. 이 직선의 연장선과 중축의 교점은 최대포수시의 삼투포텐셜 Ψ_0^{sat} , 횡축과의 교점은 symplastic water의 총량 V_0 , 곡선과의 교점은 초기원형질분리점의 삼투포텐셜 Ψ_0^{wp} , 즉 압포텐셜 (Ψ_p)이 0인 점을 각각 의미한다 (Neil, 1988; Park, 2009).

내건성이 강한 식물이란 잎이 낮은 삼투포텐셜을 갖고 있어 흡수력이 크고, 매우 낮은 삼투포텐셜에서 원형질 분리가 일어나며, 수분감소에 따른 신속한 수분포텐셜의 감소가 일어나고 상대함수율이 비교적 높을 때 초기원형질 분리가 발생하는 종이어야 한다 (Parker *et al.*, 1982; Hiromi, 1988; Yutaka and Yasushi, 1983, 1984; Han, 1991). 이에 반해 내건성이 약한 잎은 삼투포텐셜이 높고, 높은 삼투포텐셜에서 원형질 분리가 일어나며, 수분함량의 저하에 따른 수분포텐셜의 감소가 천천히 일어난다 (Han, 1991). 최대포수시의 삼투포텐셜 Ψ_0^{sat} 와 초기원형질분리점의 삼투포텐셜 Ψ_0^{wp} 은 낮은 값을 가질수록 내건성이 강하다고 하며 (Han and Kim, 1980; Han and Choi, 1983; Han, 1991), 최대포수시의 삼투포텐셜과 초기원형질분리점의 삼투포텐셜 모두 누룩치가 -1.08 MPa, -1.2 MPa로 가장 낮은 값을 보였고 고려엉겅퀴 -0.92 MPa, -1.00 MPa, 병풍쌈 -0.62 MPa, -0.70 MPa 순으로 높은 값을 나타냈다.

이는 산채의 일종으로 적습산림내에 자생하는 것으로 알려진 곰취, 곤달비, 수리취, 참취와 같은 취나물류 (Han *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2011a)와 고산지역과 울릉도에서 자생하는 오대산 산마늘, 울릉산마늘이 일반적으로 -0.7 MPa ~ -0.9 MPa 범

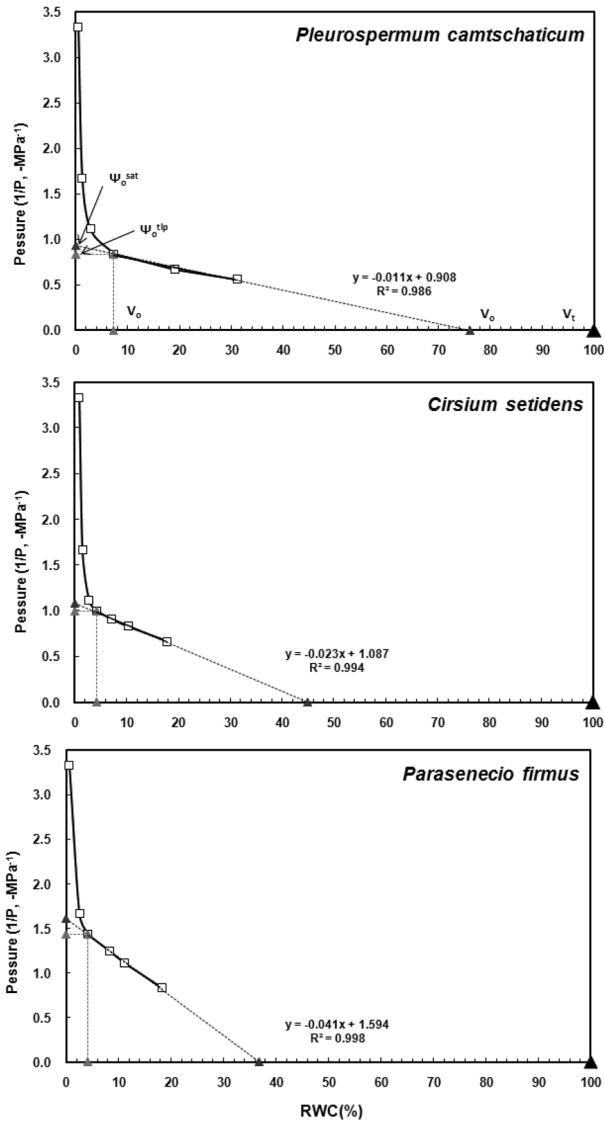


Fig. 1. The pressure-volume curves of *Pleurospermum camtschaticum*, *Cirsium setidens* and *Paraseneocio firmus* leaves. Ψ_{o}^{sat} is the inverse of the osmotic pressure at full turgor, Ψ_{o}^{tp} is the inverse of the osmotic pressure at incipient plasmolysis, V_{tp} is the expressed water volume at incipient plasmolysis, V_o is the total symplastic water volume, V_t is the volume of symplastic and apoplastic water at maximum turgor.

위의 삼투포텐셜을 나타내는 것과 비교하여 (Lee *et al.*, 2011b), 누룩치가 취나물류나 산마늘보다 더 낮은 삼투포텐셜을 나타냈으며, 내건성이 가장 강할 것으로 생각된다. 병풍쌈의 경우 최대포수시의 삼투포텐셜과 초기원형질분리점의 삼투포텐셜이 가장 높은 $-0.6 \text{ MPa} \sim -0.7 \text{ MPa}$ 의 범위를 보여 내건성이 약한 종임을 알 수 있었다.

Salisbury와 Ross (1992)에 따르면 적습산림 초본류의 삼투

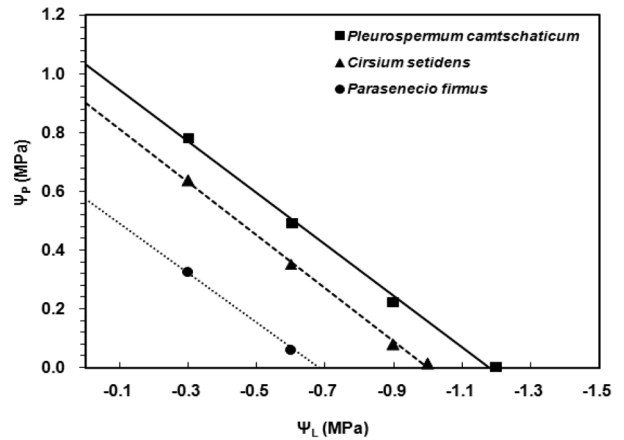


Fig. 2. Relationships between leaf water potential (Ψ_L) and pressure potential (Ψ_p) of *Pleurospermum camtschaticum*, *Cirsium setidens* and *Paraseneocio firmus* leaves.

포텐셜은 $-0.6 \sim -1.4 \text{ MPa}$ 의 범위를 나타내며, 건조산림의 초본류는 $-1.1 \sim -3.0 \text{ MPa}$ 의 범위를 나타낸다고 보고하였으며, 고려엉겅퀴와 병풍쌈은 비교적 내건성이 약한 편으로 건조한 지역보다 습윤한 지역이 생육에 더 적합함을 알 수 있었고, 누룩치는 다소 건조한 환경에서도 생육이 가능할 것으로 생각된다.

누룩치, 고려엉겅퀴, 병풍쌈의 압포텐셜 Ψ_p 과 수분포텐셜 Ψ_L 관계를 Fig. 2에 나타냈다. Ψ_p 과 Ψ_L 의 관계는 직선으로 나타내며, 이 직선과 종축과의 교점이 최대포수시의 팽압, 즉 최대팽압 $\Psi_{p, max}$ 이고 횡축과의 교점이 팽압이 0인 점 즉 초기원형질분리가 일어나는 점이다. 위의 수분포텐셜 저하에도 높은 팽압을 유지하는 종이 내건성이 더 강하다고 하며 (Han, 1991), Fig. 2에서 나타난 $\Psi_{p, max}$ 은 누룩치가 1.03 MPa, 고려엉겅퀴가 0.90 MPa, 참취가 0.57 MPa로 나타나 누룩치가 가장 높게 나타났다.

위의 생세포군에 팽압이 존재할 때에는 세포막에 체적탄성계수 (bulk elastic modulus of the cell wall, E)가 삼투수량의 크기를 조절하며, 탄성계수 E는 팽압의 크기에 따라 변화하기 때문에 수종간의 E 값에 대한 특성을 비교할 때는 최대 팽압일때 최대탄성계수 E_{max} 값을 이용해 수분특성 값을 비교한다 (Tyree *et al.*, 1978). E_{max} 값이 크고 수분저하에 대하여 급속히 팽압이 저하되는 잎은 내건성이 강하다고 하며 (Han, 1991), E_{max} 값이 클수록 내건성과 더불어 내동성 (frost resistance)이 증가한다 (Han and Sim, 1992). E_{max} 값은 누룩치가 26.2 MPa으로 가장 높았고, 고려엉겅퀴가 16.1 MPa, 병풍쌈은 4.5 MPa로 누룩치가 고려엉겅퀴에 비해 약 1.6배, 병풍쌈에 비해 약 5.8배 정도 높은 값을 나타내고 있기 때문에 위의 원형질 세포막의 수분조절기능이 가장 좋다는 것을 알 수 있었다 (Table 1).

초기원형질분리점에서의 상대함수율은 두 가지로 나타낼 수

Table 1. The Ψ_o^{sat} , Ψ_o^{lp} , E_{max} , $\Psi_{p,max}$ of *Pleurospermum camtschaticum*, *Cirsium setidens* and *Parasenecio firmus* leaves.

Species	Ψ_o^{sat} (MPa)	Ψ_o^{lp} (MPa)	E_{max} (MPa)	$\Psi_{p,max}$ (MPa)
<i>Pleurospermum camtschaticum</i>	-1.08±0.01 ^a	-1.20±0.01 ^a	26.2±2.21 ^a	1.03±0.03 ^{*,a**}
<i>Cirsium setidens</i>	-0.92±0.01 ^b	-1.00±0.01 ^b	16.1±1.14 ^b	0.90±0.02 ^b
<i>Parasenecio firmus</i>	-0.62±0.01 ^c	-0.70±0.01 ^c	4.5±0.39 ^c	0.57±0.01 ^c

^aValues are mean ± S.D. (n = 3).

^{**}Means with different letters are significantly different at P < 0.05, which are testified with one ANOVA test and Duncan's multiple range test.

Table 2. The RWC^{lp}, RWC*, Vt/DW, Vo/DW and Ns/DW of *Pleurospermum camtschaticum*, *Cirsium setidens* and *Parasenecio firmus* leaves.

Species	RWC* (%)	RWC ^{lp} (%)	Vt/DW (gH ₂ O/gDW)	Vo/DW (gH ₂ O/gDW)	Ns/DW (gH ₂ O/gDW)
<i>Pleurospermum camtschaticum</i>	92.7±2.44 ^a	90.4±0.92 ^a	2.42±0.25 ^c	1.84±0.02 ^c	0.09±0.01 ^{*,a**}
<i>Cirsium setidens</i>	95.6±1.89 ^a	90.8±0.42 ^a	4.65±0.11 ^b	2.09±0.03 ^b	0.09±0.01 ^a
<i>Parasenecio firmus</i>	95.9±2.46 ^a	88.8±1.67 ^a	11.52±0.21 ^a	4.24±0.09 ^a	0.12±0.01 ^b

^aValues are mean ± S.D. (n = 3).

^{**}Means with different letters are significantly different at P < 0.05, which are testified with one ANOVA test and Duncan's multiple range test.

있는데 최대포수시 잎의 무게 (turgid mass)에서 건물중량 (dry mass)을 뺀 값인 총 함수량 Vt에 대한 침출수량 Ve의 상대함수율 RWC* = (Vt - Ve) / Vt과 총삼투수량 (symplastic water) Vo에 대한 침출수량 Ve의 상대함수율 RWC^{lp} = Vp / Vo (Vp = Vo - Ve)이다 (Han, 1991; Han *et al.*, 2006; Neil, 1988). 여기서 Ve는 원형질 분리시의 침출수량을 의미하며 팽압이 상실되어 수분포텐셜과 삼투포텐셜이 같아지는 점을 의미한다. Vp는 총삼투수량 Vo에서 원형질 분리시의 침출수량 Ve를 뺀값을 의미한다. 누룩치, 고려엉겅퀴, 병풍쌈의 상대함수율 측정결과를 Table 2에 나타냈다.

초기원형질분리점에서 총삼투수량에 대한 상대함수율 RWC^{lp}은 큰 값을 갖는 식물이 내건성이 크고, RWC^{lp}가 80% 이상인 잎은 비교적 삼투조절기능 (osmoregulation)이 좋다고 한다 (Cheung *et al.*, 1975; Han, 1991). 삼투조절기능이란 내염성 식물이나 건조나 결빙에 의해 초래되는 수분스트레스를 극복하기 위해 세포내에 삼투조절능이 있는 프롤린, 베타인 등을 축적해서 삼투포텐셜의 감소를 상쇄하여 수분포텐셜을 유지하는 것을 의미한다 (Kwon *et al.*, 2003; Taiz and Zeiger, 2006). 누룩치, 고려엉겅퀴, 병풍쌈의 RWC^{lp}는 88~91% 범위를 나타냈으며, 종간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 총수분량에 대한 상대함수율 RWC* 역시 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 3종 모두 삼투조절기능이 비교적 좋은 것을 알 수 있었다. Han (1991)이 보고한 바에 의하면 P-V 곡선법에서 얻은 상대함수율인자에서 내건성에 크게 관계되는 인자는 RWC^{lp} 값이며, 그 밖에 상대함수율은 잎 고유의 특성만을 의미한다고 한다. 그러나 누룩치와 고려엉겅퀴, 병풍쌈에서 상대함수율 RWC^{lp} 값은 개체간의 편차가 큰 것으로 나타나 내건성을 평가하는데 중요한 의미를 부여하기 힘들다고 생각된다.

P-V 곡선법을 통해 RWC*와 RWC^{lp} 이외에도 단위건중량에 대한 상대함수율인 Vo/DW, Vt/DW, Ns/DW 등을 알 수 있으며, Vo/DW는 건중량에 대한 세포막을 자유로이 이동할 수 있는 삼투수량의 크기를 의미하고, 건중량에 대한 수분총량 (Vt/DW)과 최대포수시의 삼투수량에 녹아있는 용질의 osmole 수 (Ns/DW)는 단위건중량당 잎세포가 가지는 수분으로 작은 값일수록 수분을 적게 갖는 건성잎을 의미한다 (Han, 1991). Vo/DW와 Vt/DW, Ns/DW의 값은 계절변화가 심하며, 잎령이 증가하면 잎 세포막의 노화로 세포막의 반투성 기능이 감소하는 반면 침투성이 증가하여 이들 값은 감소한다고 한다 (Parker *et al.*, 1982; Han and Sim, 1992; Han, 1991). Vt/DW, Vo/DW, Ns/DW는 병풍쌈이 가장 높은 값을 보인 반면 누룩치가 가장 낮은 값을 나타내어 누룩치가 고려엉겅퀴와 병풍쌈보다 건성잎의 성질을 갖는 종임을 알 수 있었다.

P-V 곡선을 적용하여 누룩치, 고려엉겅퀴, 병풍쌈의 수분특성인자를 측정할 결과 누룩치가 최대포수시의 삼투포텐셜 Ψ_o^{sat} 과 초기원형질분리점의 삼투포텐셜 Ψ_o^{lp} 은 가장 낮았으며, 최대팽압 $\Psi_{p,max}$ 과 최대탄성계수 E_{max} 는 가장 높은 경향을 나타내어 내건성이 가장 강한 종임을 알 수 있었다. 또한 병풍쌈은 Ψ_o^{sat} 과 Ψ_o^{lp} 이 가장 높았고, 낮은 $\Psi_{p,max}$ 과 E_{max} 를 나타내어 내건성이 약할 것으로 생각된다. 상대함수율 RWC^{lp}은 3종 모두 88~91% 범위를 나타내어 비교적 삼투조절기능이 좋은 종임을 알 수 있었고, Vo/DW, Vt/DW, Ns/DW은 누룩치가 가장 낮은 값을 보여 건성잎의 특징을 나타냈다.

위 결과를 통해 누룩치가 고려엉겅퀴, 병풍쌈에 비해 내건성이 강하고, 건성잎의 특성을 나타내어 비교적 건조한 환경에서도 생육이 가능할 것으로 생각되며, 병풍쌈은 가장 높은 Ψ_o^{sat} 과 Ψ_o^{lp} 을 나타내어 내건성은 가장 약한 것으로 나타났으

며, 습윤한 지역이 생육에 적합함을 알 수 있었다. 고려엉겅퀴는 누룩치와 병풍삼의 중간 경향을 나타냈다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청특화작목연구개발과제(과제번호: C1008514-01-01)의 기원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

LITERATURE CITED

- Cheung YNS, Tyree, MT and Dainty J.** (1975). Water relation parameters on single leaves obtained in a pressure bomb and some ecological interpretations. *Canadian Journal of Botany*. 53:1342-1346.
- Chon SU, Kim TS and Boo HO.** (2008). *In vitro* assessment on biological activities of methanol extracts from several compositae edible plants. *Korean Journal of Plant Resources*. 21:196-203.
- Cho SD, Choi DH and Kim KH.** (2004). A study on quality characteristics of *Pleurospermum kamschaticum* as a functional food resource. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 33:1212-1217.
- Chung MS and Lee MS.** (1998). Analysis of volatile flavor component of *Pleurospermum kamschaticum*. *Korean Journal of Food and Cookery Science*. 14:541-547.
- Han SS and Kim KR.** (1980). Ecophysiological interpretations on the water relations parameters of trees (I) the diagnosis of tolerant tree to drought by the pressure chamber technique. *Journal of Korean Forest Society*. 50:25-28.
- Han SS and Choi HS.** (1983). Ecophysiological interpretations on the water relations parameters of trees(II) seasonal changes in tissue-water relations parameters obtained from p-v curves on the *Pinus koraiensis* and *Abies holophylla* shoots. *Journal of Korean Forest Society*. 61:8-14.
- Han SS.** (1991). Ecophysiological interpretations on the water relations parameters of trees(VI) diagnosis of drought tolerance by the p-v curves of twenty broad leaved species. *Journal of Korean Forest Society*. 80:210-219.
- Han SS and Sim JS.** (1992). Characteristics of water relations parameters obtained from pressure-volume curves in *Pinus koraiensis* needles. *Korean Journal of Ecology*. 15:47-58.
- Han SS, Sim JS and Jeon SR.** (2006). Effects of light, temperature, water changes on physiological responses of *Kalopanax pictus* leaves(IV) characteristics of leaf water relations obtained from p-v curve. *Journal of Forest Science*. 22:71-75.
- Han SS, Lee KC and Jeon SR.** (2010). Studies on the agroforestry methods of wild edible greens(IV) water relations parameters of three *Ligularia* species leaves obtained from p-v curves. *Journal of Korean Forest Society*. 99:131-135.
- Ham SS, Lee SY, Oh DH, Jung SW, Kim SH, Jeong CK and Kang IJ.** (1998). Cytotoxicity of *Ligularia fischeri* extracts. *Journal of Food Science and Nutrition*. 27:745-750.
- Hiromi M.** (1988). Applying the p-v curve method to studying drought-resistance differences of *chamaecyparis obtusa* trees. *Journal of Japanese Forest Society*. 70:362-366.
- Hong DK.** (1997). Studies on the cultivation of *Pleurospermum kamschaticum* Hoff. to high land area. M. Sc. thesis. Univ. of Kangwon. Chuncheon, Korea. p.1-51.
- Jeong SW, Kim EJ, Hwangbo HJ and Ham SS.** (1998). Effects of *Ligularia fischeri* extracts on oxidation of low density lipoprotein. *Korean Journal of Food Science and Technology*. 30:1214-1221.
- Jin YH and Ahn YH.** (2010). Comparison of ecological characteristics of *Parasenecio firmus* population in Korea and China. *Journal of the Environmental Sciences*. 19:197-207.
- Jung MJ, Heo SI and Wang MH.** (2008). Rat lens aldose reductase inhibitory of *Taraxacum mongolicum* and two *Crisium* species. *Journal of Korean Society for Applied Biological Chemistry*. 51:302-306.
- Kim NY, Lee KC, Han SS and Park WG.** (2010). Water relations parameters of *Rhododendron micranthum* Turcz. from p-v curves. *Korean Journal of Plant Resources*. 23:374-378.
- Kwon YM, Ko SC, Kim JC, Moon BY, Park MC, Park HB, Park IH, Lee YS, Lee IH, Lee JS, Lee JB, Lee CH, Jeon BU, Jo SH and Hong JB.** (2003). *Plant Physiology*. Academybook. Seoul, Korea. p.45-76.
- Lee ES, Lee JH, Kim JK, Kim GS, Kim YO, Soe JS, Choi JH, Lee ES, Noh HJ and Kim SY.** (2011). Anti-inflammatory activity of medicinal plant extracts. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 19:217-226.
- Lee JH, Park AR, Choi DW, Kim JD, Kim JC, Ahn JH, Lee HY, Choe M, Choi KP, Shin IC and Park HJ.** (2011). Analysis of chemical compositions and electron-donating ability of 4 Korean wild sannamuls. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 19:111-116.
- Lee KC, Jeon SR and Han SS.** (2011a). Comparison of water potential parameters in *Aster scaber* and *Synurus deltoides* leaves obtained from p-v curves. *Korean Journal of Plant Resources*. 24:413-418.
- Lee KC, Kim HS and Han SS.** (2011b). Water relations parameters in the leaves of *Allium ochotense* and *Allium microdictyon*. *Journal of Forest Science*. 27:33-37.
- Lee SH, Jin YS, Heo SI, Shin TH, Sa JH, Choi DS and Wang MH.** (2006). Composition analysis and antioxidative activity from different organs of *Cirsium setidens* Nakai. *Korean Journal of Food Science and Technology*. 38:571-576.
- Nam YK and Baik JA.** (2005). Status of research and possibility of development about endemic wild vegetables in Korea. *Korean Society for People, Plant, and Environment*. 8:1-10.
- Neil CT.** (1988). Measurement of plant water status by the pressure chamber technique. *Irrigation Science*. 9:289-308.
- Park HJ, Agung N, Lee JH, Kim JD, Kim WB, Lee KR and Choi JS.** (2009). HPLC analysis of caffeoylquinic acids in the extract of *Cacalia firma* and peroxynitrite scavenging effect. *Korean Journal of Pharmacognosy*. 40:365-369.
- Park SN.** (2009). *Physicochemical and Environmental Plant Physiology*. 4th ed. Academic Press. San Diego, USA. p.37-80.
- Parker WC, Pallardy SG, Hinckley TM and Tesky RO.** (1982). Seasonal changes in tissue water relations of three woody

- species of the *quercus-Carya* forest type. Ecology. 63:1259-1267.
- Park WG, Kim YS, Lee HB, Kim YS, Kim NJ and Kim NY.** (2010). Seed characteristics of *Parasenecio firmus* kom. and its growth comparison among forest stands. Journal of Forest Science. 26:219-223.
- Salisbury FB and Ross CW.** (1992). Plant Physiology. 4th ed., Wadsworth Publication Co. Belmont, USA. p.35-53.
- Suh JT, Ryu SY, Kim WB, Choi KS and Kim BH.** (1996). Improvement of germination rate by low temperature and development of effective shading cultivation of *Cirsium setidens* under rain shelter in highland. Korean Journal of Plant Resources. 9:151-156.
- Taiz L and Zeiger E.** (2006). Plant Physiology. 4th ed. Sinauer Associates. Sunderland, USA. p.672-678.
- Tyree MT and Hammel HT.** (1972). The measurement of the turgor pressure and the water relations of plants by the pressure-bomb technique. Journal of Experimental Botany. 23:267-282.
- Tyree MT, Cheung YNS, Macgregor ME and Talbit AJB.** (1978). The characteristics of seasonal and ontogenetic changes in the tissue-water relations of *Acer*, *Populus*, *Tsuga*, and *Picea*. Canadian Journal of Botany. 56:635-647.
- Yutaka M and Yasushi M.** (1983). Measurement of leaf water relations using the pressure-volume technique. Journal of Japanese Forest Society. 65:23-28.
- Yutaka M and Yasushi M.** (1984). Seasonal changes of several water relations parameters in *Quercus crispula*, *Betula ermani*, and *Abies homolepis*. Journal of Japanese Forest Society. 66:499-505.