

## 오대산과 울릉도 산마늘의 수분특성

이경철<sup>1</sup> · 김하선<sup>2</sup> · 한상섭<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>강원대학교 산림환경과학대학 산림자원조성학전공, <sup>2</sup>강원도 산림개발연구원

## Water Relations Parameters in the leaves of *Allium ochotense* and *Allium microdictyon*

Kyeong-Cheol Lee<sup>1</sup>, Ha-Sun Kim<sup>2</sup>, and Sang-Sup Han<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Division of Forest Resources, College of Forest and Environmental Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

<sup>2</sup>Forest Research Institute of Kangwon Province, Chuncheon 200-140, Korea

**ABSTRACT** : This study was carried out to establish a proper cultivation site and diagnose the drought-tolerance of *Allium ochotense* leaves and *Allium microdictyon* leaves by using pressure - volume curve method. The *Allium microdictyon* leaves had more lower osmotic water potential  $\Psi_{\text{osm}}$ , and osmotic water potential at turgor loss point  $\Psi_{\text{tlp}}$  than *Allium ochotense* leaves. Then, the *Allium microdictyon* leaves was slightly higher drought-tolerance than *Allium ochotense* leaves. Therefore, We suggest that growth of the two *Allium* species was appropriate for relative moisture forest.

**Keywords** : Drought-tolerance, P-V curves, *Allium ochotense*, *Allium microdictyon*

### 서 론

국내에서 재배되는 기능성 산채종 강장 및 생리장애 완 화효과와 해독 작용이 있는 것으로 알려진 산마늘은 한국과 중국, 일본 등에 분포한다고 알려져 있으며, 울릉도에서 자 생하는 울릉도 산마늘(*Allium ochotense* prokh.)과 백두대 간을 따라 해발 1,000m 이상의 고산에 분포하는 내륙형 산 마늘(*Allium microdictyon* prokh.)로 구분할 수 있다(Korea Forest Service, 2003).

산마늘은 독특한 맛과 향미 그리고 풍부한 무기성분 비 타민 등을 지니고 있어 최근 수요가 크게 증가하고 있으며, 우수한 활성물질을 함유하고 있다는 결과가 밝혀짐에 따라 기능성 식품과 의약품료로서 주목되고 있다(Lee et al., 2007).

울릉도 산마늘은 대부분의 기존 연구들에서 한반도 내륙 의 고산지대에 분포하는 광의의 산마늘의 한 분류군으로 취 급되어 왔으며(Yu et al., 1981; Lee, 1996), Yoo et al. (1998a,b)의 연구에서는 내륙 산마늘과 울릉도 산마늘과의

이질성이 제기된 바 있다. 최근에 국립산림품종관리센터(Korea forest seed and variety center, 2009)에서는 내륙형 산마늘 과 울릉도 산마늘의 외부형태학적 특성을 비교하였으며, 울 룡도 산마늘의 자생지환경 특성에 관한 연구결과를 보고하 였으나 울릉도 산마늘과 내륙형 산마늘의 적지환경 구명에 필요한 광합성과 수분특성 등 생리반응에 대한 연구는 아직 까지 보고된 바 없다.

이 연구는 내륙형 산마늘과 울릉도 산마늘의 수분생리에 관한 비교를 위해 오대산 산마늘과 울릉도 산마늘을 대상으 로 P-V 곡선법을 적용하여 최대포수시의 삼투포텐셜( $\Psi_{\text{osm}}$ ), 초기원형질분리점의 삼투포텐셜( $\Psi_{\text{tp}}$ ), 세포막을 자유롭게 이동할 수 있는 삼투수의 총량에 대한 초기원형질분리점의 상대함수율(RWC<sup>tp</sup>), 잎의 총함수량에 대한 초기원형질분 리점의 상대함수율(RWC<sup>\*</sup>), 세포내의 수분총량에 대한 세 포막을 통과 할 수 없는 apoplastic water의 비율(Va/Vt)등 을 측정하여 고찰하였다.

재료 및 방법

본 연구의 시료는 강원도 춘천시 사북면 지암리 화악산 강원도 산림개발연구원 시험림에서(Table 1)에서 생육시킨 5년생의 오대산 산마늘(*Allium microdictyon* prokh.)과 울릉도 산마늘(*Allium ochotense* prokh.)을 대상으로 생육이 양호한 3본을 각각 사용하였다. 측정은 2009년 5월에 이루어졌으며, 시료의 지상부를 절단하고 20~25°C의 실온에서 빛을 차단시킨 상태로 최대 포수상태에 도달하도록 12시간 이상 수분을 흡수시켰다. 실험을 시작하기 전에 시료의 생중을 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 수분의 침출량을 측정하였다. 잎의 수분 침출량 측정을 위해서 tissue paper를 넣은 silicon tube(내경 5mm, 길이 6cm)를 시료의 절단부에 접촉시켜 침출수를 흡수시킨 후 무게의 증가를 침출이 끝날 때까지 10분 간격으로 측정하였다. 최대 1.8 MPa까지 침출량을 측정하였으며, 시료의 절단 후 24시간 이내에 완료하였다.

P-V곡선법은 비교적 재현율이 높기 때문에(Han, 1991), 측정결과는 각 시료 별로 3회 반복 측정한 평균값으로 나타났다. 측정이 끝난 시료는 80°C에서 48시간 건조 후 건조량을 측정하여 총수분량(Vt)을 산출하였다.

최대포수시의 삼투포텐셜  $\Psi_o^{sat}$ , 초기원형질분리점의 삼투포텐셜  $\Psi_o^{tp}$ , 세포막을 자유롭게 이동할 수 있는 삼투수의 총량에 대한 초기원형질분리점의 상대함수율  $RWC^{tp}$ , 잎의 총함수량에 대한 초기원형질분리점의 상대함수율  $RWC^*$  등 식물의 내건성에 관계되는 수분특성인자의 산출은 Tyree와 Hammel(1972)의 P-V 곡선이론을 적용하여 구하였다.

결과 및 고찰

P-V 곡선에 의해 얻은 오대산과 울릉도 산마늘의 수분특성인자를 Fig. 1에 나타냈다. 원형질분리가 일어난 이후 침출수량(Ve)과 1/P의 직선관계는 모두 상관계수 0.99 이상의 높은 값으로 1%의 유의성을 나타냈다. 이 직선의 연장선과 종축의 교점은 최대포수시의 삼투포텐셜  $\Psi_o^{sat}$ , 횡축과의 교점은 symplastic water의 총량  $V_o$ , 곡선과의 교점은 초기원형질분리점의 삼투포텐셜  $\Psi_o^{tp}$ , 즉 압포텐셜( $\Psi_p$ )이 0인 점을 각각 의미한다(Turner, 1988; Nobel, 2009). 또 이 직선으로 얻어진 수분특성인자의 값은 반복실험에서 재현성이 매우 높게 나타난다(Han, 1991). 본 실험에서 3회 반복 측정한 결과도 재현성이 매우 높게 나타났으며, P-V 곡선을 이용하여 얻어진 수분특성인자 값은 Table 1에 나타났다.

내건성 식물이란 엽이 낮은 삼투포텐셜을 갖고 있어 흡수력이 크고, 매우 낮은 삼투포텐셜에서 원형질 분리가 일어나며, 수분감소에 따른 신속한 수분포텐셜의 감소가 일어

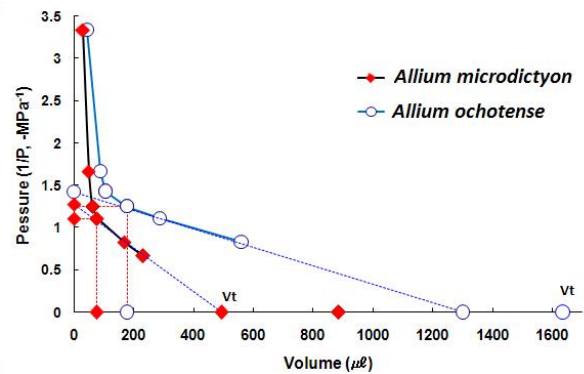


Fig. 1. The pressure-volume curve of two *Allium* species. Vt is the volume of symplastic and apoplastic water at maximum turgor.

Table 1. General characteristics of study site.

Cultivated Location	Altitude	Slope	Direction	Upper Crown
Chuncheon Wha-ak M.T.	402m	15°	NE	Birch Plantation

Table 2. The  $\Psi_o^{sat}$ ,  $\Psi_o^{tp}$ ,  $\Psi_m$ ,  $\Psi_{p, max}$  of two *Allium* species.

Species	$\Psi_o^{sat}$ (MPa)	$\Psi_o^{tp}$ (MPa)	$\Psi_m$ (MPa)	$\Psi_{p, max}$ (MPa)
<i>Allium microdictyon</i>	-0.8±0.01*	-0.9±0.01*	-0.015±0.001*	0.78±0.01*
<i>Allium ochotense</i>	-0.7±0.01*	-0.8±0.02*	-0.012±0.002*	0.67±0.03*

\*: Mean±S.E.M.

나고, 상대습수율이 비교적 높을 때 초기원형질 분리가 발생하는 종이어야 한다고 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).

엽의 최대포수시의 삼투포텐셜  $\Psi_o^{sat}$ 은 오대산 산마늘이 -0.8 MPa, 울릉도 산마늘이 -0.7 MPa의 값을 나타냈고, 초기원형질분리점의 삼투포텐셜  $\Psi_o^{dp}$ 은 오대산 산마늘이 -0.9 MPa, 울릉도 산마늘이 -0.8 MPa의 값을 나타내어 오대산 산마늘이 약간 더 낮은 삼투포텐셜을 나타냈으나 큰 차이를 보이지 않았다(Table 1).

Han 등(2010)의 보고에 의하면 곰취의 경우  $\Psi_o^{sat}$ 가 -0.8 MPa,  $\Psi_o^{dp}$ 는 -0.9 MPa로 측정되어 오대산 산마늘과 거의 비슷한 경향을 나타냈으며, 음나무 엽의 경우  $\Psi_o^{sat}$ 가 -1.44 MPa,  $\Psi_o^{dp}$ 는 -1.84 MPa로 보고되었는데(Han et al., 2006), 산마늘 2종은 이보다 훨씬 높은 삼투포텐셜을 나타내어 음나무보다 내건성이 약하고 곰취와 유사한 것을 알 수 있었다.

$\Psi_o^{sat}$ 와  $\Psi_o^{dp}$ 은 낮은 값을 가질수록 내건성이 강하다고 하며(Han and Kim, 1980; Han and Choi, 1983; Han, 1991), 산마늘 2종을 비교한 결과 울릉도 산마늘의  $\Psi_o^{sat}$ 와

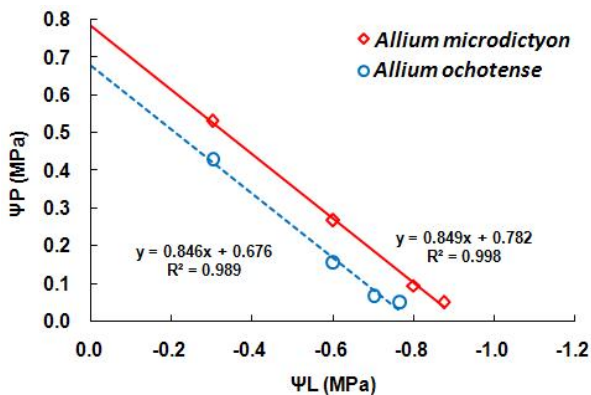


Fig. 7. Relationships between leaf water potential( $\Psi_L$ ) and pressure potential( $\Psi_P$ ) of two *Allium* species.

$\Psi_o^{dp}$  값이 오대산 산마늘보다 다소 높게 측정되어 내건성이 약간 더 약한 것을 알 수 있었다.

Salisbury와 Ross(1992)는 적습산림 초본류의 삼투포텐셜은 -0.6 MPa에서 -1.4 MPa의 범위를 나타내며, 건조 산림의 초본류는 -1.1 MPa에서 -3.0 MPa의 범위를 나타낸다는 보고하였는데 이를 통해 산마늘 2종 모두 비교적 내건성이 약한 편으로 습윤한 지역이 생육에 적합함을 알 수 있었다(Table 1).

일반적으로 식물의 매트릭포텐셜(matric potential =  $\Psi_m$ )은 무시할 정도로 낮기 때문에 종종 수분포텐셜에 포함시키지 않고 있다(Han and Sim, 1992; Yutaka and Yasushi., 1983; Nobel, 2009).

오대산과 울릉도 산마늘의 매트릭포텐셜  $\Psi_m$ 이 수분포텐셜에서 차지하는 비율을 알아보고자 각각의  $\Psi_m$ 을 산출한 결과, 산마늘 2종 모두 -0.015 ~ -0.012 MPa의 범위를 나타내어, 수분포텐셜을 측정할 때 고려하지 않아도 될 만큼 삼투포텐셜과 압포텐셜에 비해 상대적으로 매우 작은 값을 나타내었다(Table 1).

오대산과 울릉도 산마늘의 압포텐셜  $\Psi_p$ 과 수분포텐셜  $\Psi_L$  관계를 Fig. 2에 나타냈다.  $\Psi_p$ 과  $\Psi_L$ 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.

잎의 수분포텐셜 저하에도 높은 팽압을 유지하는 종이 내건성이 더 강하다고 하며(Han, 1991), Fig. 2에서 나타난 오대산과 울릉도 산마늘의  $\Psi_{p, max}$ 은 오대산 산마늘이 0.78 MPa, 울릉도 산마늘이 0.67 MPa로 오대산 산마늘이 약간 더 내건성이 강하다는 것을 알 수 있다.

초기원형질분리점에서 총삼투수량에 대한 상대습수율  $RWC^{dp}$ 은 큰 값을 갖는 식물이 내건성이 크고,  $RWC^{dp}$ 가 80% 이상인 잎은 비교적 삼투조절기능(osmoregulation)이 좋다고 한다(Cheung et al., 1975; Han, 1991). 삼투조절기능이란 내염성 식물이나 건조나 결빙에 의해 초래되는 수분 스트레스를 극복하기 위해 삼투조절능이 있는 proline, betaine

Table 3. The  $RWC^{dp}$ ,  $RWC^*$ ,  $V_a/V_t$ ,  $V_t/DW$ ,  $V_o/DW$  and  $N_s/DW$  of two *Allium* species.

Species	$RWC^{dp}$ (%)	$RWC^*$ (%)	$V_a/V_t$ (%)	$V_t/DW$ (gH <sub>2</sub> O/gDW)	$V_o/DW$ (gH <sub>2</sub> O/gDW)	$N_s/DW$ (gH <sub>2</sub> O/gDW)
Allium microdictyon	84.5±0.84*	91.3±0.21*	44.2±1.20*	4.7±0.26*	2.6±0.06*	0.1±0.01*
Allium ochotense	86.3±0.98*	89.1±0.53*	20.4±2.34*	6.1±0.51*	4.9±0.08*	0.2±0.01*

\*: Mean±S.E.M.

등을 축적해서 삼투포텐셜의 감소를 상쇄하여 수분포텐셜을 유지하는 것을 의미하며(Kwon et al., 2003; Taiz and Zeiger, 2006), 오대산 산마늘의 RWC<sup>dp</sup>은 84.5%로 울릉도 산마늘이 86.3%로 나타나 차이가 크지 않았으며 산마늘은 삼투조절기능이 비교적 좋은 것을 알 수 있었다.

총수분량에 대한 상대합수율 RWC\*은 오대산과 울릉도 산마늘이 89~91%로 높은 상대합수율을 나타냈으며, 큰 차이를 보이지 않았다.

세포내의 수분총량(Vt)에 대한 세포막을 통과 할 수 없는 apoplastic water(Va=Vt-Vo)의 비율(Turner, 1988)은 오대산 산마늘이 약 44%, 울릉도 산마늘이 약 20%의 범위를 나타내며, 오대산 산마늘이 울릉도 산마늘보다 수분총량에서 세포막을 통과할 수 없는 apoplastic water의 비율이 약 2배 정도 높아 건성엽의 특성을 갖고 있는 것을 알 수 있었다.

건중량에 대한 수분총량 Vt/DW, 최대포수시의 삼투수량에 녹아있는 용질의 osmole 수(Ns/DW)는 단위중량당 잎세포가 가지는 수분으로 작은 값일수록 수분을 적게 갖는 건성잎을 의미하고(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 울릉도 산마늘이 오대산 산마늘에 비해 약 1.5배 정도 높은 값을 나타냈으며, 오대산 산마늘이 울릉도 산마늘보다 건성잎의 특성을 갖는 종임을 알 수 있었다.

## 결 론

위 결과를 통해 오대산과 울릉도 산마늘 모두 초기원형질분리점과 최대포수시의 삼투포텐셜이 높은 편으로 내건성은 비교적 약한 것으로 나타났으며, 습윤한 지역이 생육에 적합함을 알 수 있었다. 또한, 오대산과 울릉도 산마늘을 비교할 때 오대산 산마늘이 울릉도 산마늘에 비해 건성잎의 특성을 가지고 있으며, 최대탄성계수와 삼투포텐셜이 높아 내건성이 약간 더 강한 것을 알 수 있었다.

## 감사의 글

본 연구는 농진청 산채류 산지농법 실용화 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## 인용문헌

- Cheung, Y.N.S., M.T. Tyree. and J. Dainty. 1975. Water relation parameters on single leaves obtained in a pressure bomb and some ecological interpretations. *Can. J. Bot* 53: 1342-1346.
- Han, S.S. and Kim, K.R. 1980. Ecophysiological Interpretations on the Water Relations Parameters of Trees(1)-The Diagnosis of Tolerant Tree to Drought by the Pressure Chamber Technique-. *J. Kor. For. Soc.* 50: 25-28.
- Han, S.S. and Choi, H.S. 1983. Ecophysiological Interpretations on the Water Relations Parameters of Trees(II). *Jour. Korean For. Soc.* 61: 8-14.
- Han, S.S. 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-. *J. Kor. For. Soc.* 80(2): 210-219.
- Han, S.S. and Sim, J.S. 1992. Characteristics of Water Relations Parameters Obtained from Pressure - Volume Curves in *Pinus koraiensis* Needles. *J. Kor. Ecol.* 15(1): 47-58.
- Han, S.S., Sim, J.S. and Jeon, S.R., 2006. Effects of Light, Temperature, Water Changes on Physiological Responses of *Kalopanax pictus* Leaves(4)-Characteristics of Leaf Water Relations Obtained from P-V Curve-. *J. For. Sci., Kangwon Nat'l Univ.* 22: 71-75.
- Han, S.S., Lee, K.C. and Jeon, S.R., 2010. Studies on the Agroforestry Methods of Wild Edible Greens(4)-Water Relations Parameters of Three *Ligularia* Species Leaves Obtained from P-V Curves-. *J. Kor. For. Soc.* 99(1): 131-135.
- Korea Forest Service. 2003. Korean Plant Name Index. Available online at <http://www.nature.go.kr>. Apr. 2.. 2010.
- Korea forest seed and variety center. 2009. Life Characteristics of Plant Resources from Korea Forest. P.D Korea. Chungju. pp. 1-36.
- Kwon, Y.M., Ko, S.C. Kim, J.C., Moon, B.Y., Park, M.C., Park, H.B., Park, I.H., Lee, Y.S. Lee, I.H., Lee, J.S., Lee, J.B., Lee, C.H., Jeon, B.U. Jo, S.H. and Hong, J.B. 2003. *Plant Physiology*. Academybook. Seoul. pp. 429.
- Lee, H.J., Lee, S.K., Choi, Y.J., Jo, H.J., Kang, H.Y., Lee, S.S. and Choi, D.H. 2007. Extractives from the *Allium victorials*. *J. Kor. For. Soc.* 96(6): 620-624.
- Lee, W.T. 1996. *Standard Illustration of Korean Plants*. Academy Publishing Co. Seoul.
- Taiz, L., and E. Zeiger. 2006. *Plant Physiology*. 4th ed. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts, pp. 674-677
- Hiroimi, M. 1988. Applying the P-V curve method to studying drought-resistance differences of *Chamaecyparis obtusa* trees. *J. Jpn. For. Soc.* 70: 362-366.
- Yutaka, M., and M. Yasushi. 1983. Measurement of leaf water relations using the pressure-volume technique. *J. Jpn. For. Soc.* 65(1): 23-28.
- Yutaka, M., and M. Yasushi. 1984. Seasonal changes of several water relations parameters in *Quercus crispula*, *Betula ermani*, and *Abies homolepis*. *J. Jpn. For. Soc.* 66: 499-505.
- Turner, Neil C. 1988. Measurement of Plant Water Status by the Pressure Chamber Technique. *Irrig Sci* 9: 289-308.

- Nobel, P. S. 2009. Physicochemical and Environmental Plant Physiology. 4th ed. Academic Press. California. pp. 81-84.
- Parker, W.C., S.G. Pallardy, T.M. Hinckley, and R.O. Tesky. 1982. Seasonal changes in tissue water relations of three woody species of the *quercus-Carya* forest type. Ecol. 63: 1259-1267.
- Salisbury, F. B., and C.W. Ross 1992. Plant Physiology. 4th ed. , Wadsworth Publ. Co. Belmont, California pp. 682.
- Tyree, M.T. and H.T. Hammel. 1972. The measurement of the turgor pressure and the water relations of plants by the pressure-bomb technique. J. Exp. Bot. 23: 267-282.
- Yu, S.O., S.T. Lee and W.T. Lee. 1981. A Taxonomic study on the *Allium* species in Korea. Korean J. Pl. Taxon. 11(1, 2): 21-41.
- Yoo, K.O., W.B. Kim, Park, S.C. Lim, W.T. Lee and H.T. Jang. 1998a. External Morphology and Numerical Taxonomy among Habitat of *Allium victorialis* var. *platyphyllum*. Korean J. Plant Res. 11(2): 210-216.
- Yoo, K.O., W.B. Kim, Park and H.T. Lim. 1998b. Investigation on the Ultrastructure of Epidermis, Anatomical, Palynological and Cytological Characteristics of *Allium victorialis* var. *platyphyllum* Collected from Three Different Habitats. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 39(3): 260-265.

(Received January 6, 2011; Accepted April 12, 2011)