

음나무의 유묘생장에 영향을 미치는 엽중 무기성분 함량

이철호* · 신창호* · 김규식* · 최명석**†

*국립수목원 식물보존과, **경상대학교 환경산림과학부

Effect of Inorganic Components on the Seedling Growth Performance of *Kalopanax pictus* Nakai

Cheul-Ho Lee*, Chang-Ho Shin*, Kyu-Sick Kim*, and Myung-Suk Choi**†

*Department of Plant Conservation, Korea National Arboretum, Pocheon 487-821, Korea.

**Division of Environmental Forest Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea.

ABSTRACT : Terminal buds and young leaves of *Kalopanax pictus* are in a great demand as a edible vegetable. Its bark of stems and roots have been used as the resources of folk medicine in Korea. Recently, attempts to cultivate the plant have been tried in farms and mountain villages. This study was conducted to determine effect of inorganic elements on seedlings growth of *K. pictus*. Levels of inorganic elements in the leaves were variable based on macro and micro inorganic elements. Among the inorganic elements in the leaves of *K. pictus* seedlings, level of N was high, while other ions were low in the order of K, Ca, P, Mg, Mn, Fe and Zn. A highly significant correlations between the seedling growth and the level of N, P, K, and Na in the leaves, while a low positive significant correlations between the growth and the level of either Mg or Mn and no significant correlations between the growth and the level of Ca, Fe, Cu, and Zn. The most affecting inorganic ion on the seedling growth was N, and followed by the order of K, P, Mg, Mn and Na.

Key words : *Kalopanax pictus*, leaf analysis, inorganic elements, seedling growth, correlation

서 론

두릅나무과의 음나무 (*Kalopanax pictus* Nakai)는 우리나라에 음나무 (*K. pictus*), 당음나무 (*K. pictus* var. *chinense*), 가는잎음나무 (*K. pictus* var. *maximowiczii*), 털음나무 (*K. pictus* var. *magnificus*) 등의 1종 3변종으로 분포하며 (Nakai, 1927), 지역에 따라 刺桐, 海桐木, 巖木, 刺桐, 刺兒, 楸木, 엄나무, 멩구나무, 개두릅나무, 영개나물, 신목 (神木) 등이라고도 한다 (정 등, 1949).

음나무의 수피 (樹皮)와 근피 (根皮)는 오래 전부터 여러 질병에 효능이 있는 약재로 알려져 있는데, 한방에서는 그 수피를 해동피 (海桐皮: *Kalopanax cortex*), 근피를 해동수근 (海桐樹根)으로 기록하고 있다 (Nakai, 1927; Yusura & Tei, 1936; 정과 신, 1990). 이 생약은 신경통, 요통, 관절염, 개선 (疥癬) 등의 피부질환에 탁월한 효과, 당뇨치료효과, 오십견 (五十肩) 치료 효과 등이 알려져 있다 (정과 신, 1990).

최근 음나무의 수피, 잎 등에는 여러 종류의 saponin을 함유하고 있는 것으로 알려져 있으며, 음나무에서 추출한

saponin을 Kalosaponin (kalopanax + saponin)이라고 한다 (Shao et al., 1990; Porzel et al., 1992). Kalosaponin은 triterpenoid계 oleanane형 saponin이며, aglycon은 hederagenin과 kalosaponin A, B, C, D, F, J, O 및 P가 보고된 바 있다 (Kim et al., 1998^a; Shao et al., 1989, 1990). Kalosaponin 함량은 위도와 해발고가 높은 지역에서 생장한 개체에서 높은 것으로 나타났으며, 부위별로는 수피의 내피부위가 새순이나 근피 부위 보다 높게 나타난 것으로 보고한 바 있다 (Lee et al., 2000; Lee et al., 2002). Kalosaponin의 주요 생리활성은 용해도 증가, 용혈작용, 어독작용, 감미작용, 섭취식해작용, 항균작용, 항산화 등으로 매우 다양하게 작용하는 것으로 알려져 있다 (강, 1996; Kim et al., 1998^b).

그동안 식물의 생장패턴은 온도, 수분의 스트레스, 염해 등 환경적인 요인과 유전적인 요인에 의해 좌우되는 것으로 알려져 왔다 (Pahlavanian & Silk, 1988; Sharp et al., 1988). 그러나 최근 식물의 생장패턴은 식물체내의 양분축적과 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 식물체내의 양분 축적 패턴 또한 다양하여 무기성분과 식물부위에 따라 식물의

†Corresponding author: (Phone) +82-55-751-5493 (E-mail) mschoi@gsnu.ac.kr
Received May 20, 2006 / Accepted Jun 29, 2006

생장상태에 따라 달라지는 것으로 보고되고 있다 (Meiri *et al.*, 1992). 음나무는 kalosaponin과 같은 유용성분을 추출하여 이용하기도 하지만 고급산채로서도 이용된다. 따라서 음나무는 생리특성을 잘 파악하여 재배효율을 극대화시킬 필요가 있다. 최근 씹쌀한 맛과 독특한 향이 있는 음나무 새순 (개두릅)의 수요가 급증하는 추세이나, 이들의 대부분을 야생에서 채취하여 공급하고 있어 수요가 매우 제한적인 실정이다. 음나무는 배의 내부상태와 단단한 종피에 의한 휴면으로 2년만에 발아하며, 모수에 의한 천연갱신이 매우 어려운 것으로 알려져 있다 (夏日과 塚本, 1988). 새로운 농가 소득 작목으로 개발하기 위해서는 우량 음나무의 재배가 바람직할 것이다. 그러나 음나무의 국내의 연구는 생리활성물질 연구에만 국한되어 있어 생리 및 재배 관련 연구가 시급한 실정이다. 따라서 본 연구는 최근 식·약용 식품으로서 수요가 증가하고 있는 음나무의 재배 및 생산성 향상을 위한 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 공시재료

본 시험의 재료는 1998년 10월에 경기도 화성군 팔탄면 소재의 음나무 집단에서 종자를 채취·정선한 후 습사처리하여 4°C 냉장실에 3개월 간 저장하였다. 1999년 2월에 온실에서 비닐포트 (ø5 cm×10 cm)에 종자를 파종하였다. 1999년 4월에 경기도 수원시 오목천동에 위치하고 있는 산림청 산림과학원 산림유전자원부내 포지에 비닐포트묘 100본을 50×50 cm 간격으로 이식하여 1999년 8월까지 5개월간 육묘하였다. 8월 30일에 묘고와 근원직경을 조사하여 상위 10%를 생장이 우수한 개체군, 중간 10%를 중간개체군, 하위 10%를 생장이 저조한 개체군의 3수준으로 분리한 후 엽수를 고려하여 각 수준별 3본씩 총 9본을 공시재료로 사용하였다. 공시재료의 생장 특성은 Table 1과 같다.

2. 엽내 무기원소 함량분석

공시 유묘의 잎을 채취 한 즉시 105°C로 설정된 Dry Oven에서 30분간 건조시킨 후, 80°C에서 중량변동이 없을 때까지 건조시켰다. 건조된 잎의 건조량을 측정 후 Mixer Mill (MM-2000, Retsch Inc.)로 분쇄하였다. 분쇄 시에는 cell로부터 금속이온이 혼입되지 않도록 Agate로 제조된 cell을 사용하였다.

분말상태로 제조된 시료를 0.1~0.5 g을 취하여 불화수소 (HF) 1 ml, 질산 (HNO₃) 20 ml, 염산 (HCl) 1 ml 를 Microwave Sample Preparation System (MDS-2000, CEM Co.)의 vessel에 넣은 다음, 시료 전처리 program에 따라 가온/가압하여 분해하였다. 분해한 용액을 No. 5C 여과지로 여과하여 polypropylene으로 제조된 100 ml 메스플라스크에 넣은 다음,

Table 1. Description of the sampled seedlings of *K. pictus*.

Growth performance	Height (cm)	Basal diameter (mm)	Dry weight of terrestrial part (g)
Good	87.3 ± 3.76 ^{a†}	19.1 ± 0.37 ^a	81.9 ± 5.98 ^a
Medium	44.3 ± 2.96 ^b	13.4 ± 0.61 ^b	32.5 ± 3.76 ^b
Poor	17.0 ± 1.15 ^c	10.1 ± 1.05 ^c	10.6 ± 1.50 ^c

†Different letters within columns indicate significant differences between growth performance at the 5% level by Duncan's multiple range test. Also, each values represents mean ± SE.

표시선까지 탈이온수를 채워서 무기원소의 정성 및 정량분석에 공시하였다. 정성/정량 분석은 한번에 여러 원소를 측정할 수 있는 Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometer (ICPS-1000, Shimadzu Inc.)를 사용하여 P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn, Na, Cu 등을 측정하였다.

N은 충분히 건조된 분말시료 0.5 g을 취하여 분해촉진제 (K₂SO₄ 7 g + Se 7 mg)와 H₂SO₄ 12 ml 을 넣고 질소분해기 (Tecator 2000 Digestion System, Tecator Sweden)로 400°C 에서 2시간 분해한 후 질소자동분석기 (Kjeltec 1035 Analyzer, Tecator Sweden)를 이용하여 정량 하였다.

3. 건조량 조사

잎을 채취한 공시묘목을 가급적 전량이 포함되도록 굴취한 후, 깨끗한 물에 뿌리의 세균이 손실되지 않도록 주의하여 세척하였다. 부위별로 구분하여 잘게 자른 후 잎의 건조방법과 같은 방법으로 건조하여 조사하였다.

4. 통계분석

엽내 무기염이 음나무 유묘의 생장에 미치는 영향을 조사하기 위해 상관분석 (correlation analysis)과 다중회귀분석 (multiple regression analysis) 및 Duncan의 multiple range test를 실시하였으며, 모든 통계분석은 PC용 SAS program (SAS, 1987)을 이용하여 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 유묘 생장상태와 무기성분 함량

음나무 유묘의 생장수준에 따른 엽내 다량 무기성분을 정량 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. 음나무 유묘의 다량 무기성분은 그 성분들간의 함량차이를 보였다. 음나무 엽내 가장 높은 다량 무기성분은 N성분이었으며, 다음으로 K > Ca > P > Mg 성분 순이었다. 엽내 다량 무기성분은 음나무 유묘의 생장에 따라서 함량차이를 보였으며, Ca성분을 제외한 다른 무기성분은 생장상태가 양호한 유묘에서 고함유되어 있었다. 특히 N과 K 성분은 유묘의 생육상태에 따라 모두 뚜렷한 (P < 0.05)한 함량차이를 보였으며, P와 Ca성분은 양호한 생장과 저조한 생장

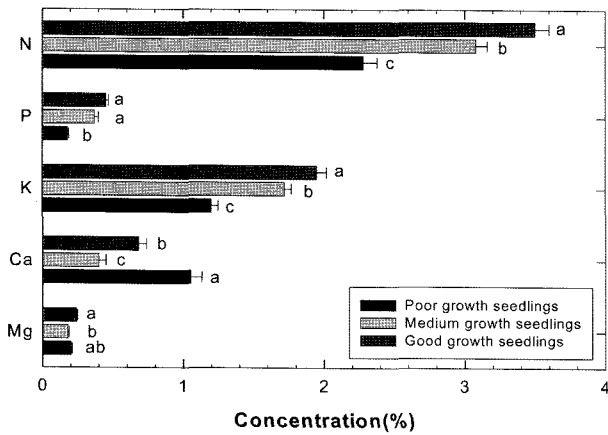


Fig. 1. Mean concentration of macro-elements in leaves of *K. pictus* seedlings according to growth performance. †Different letters within columns indicate significant differences between growth performance at the 5% level by Duncan's multiple range test.

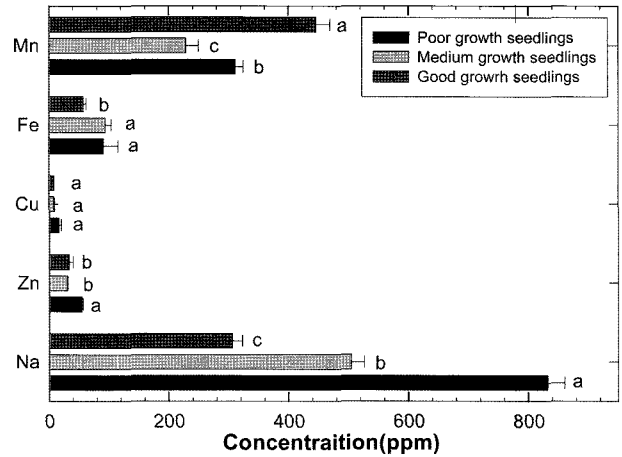


Fig. 2. Mean concentration of micro-element in leaves of *K. pictus* seedlings according to growth performance. †Different letters within columns indicate significant differences between growth performance at the 5% level by Duncan's multiple range test.

을 나타내는 개체에서만 유의($P < 0.05$)한 차이를 나타낸 반면 Mg는 생장에 따른 차이를 전혀 보이지 않았다. 한편, 음나무의 엽중 무기성분은 장령목의 경우 $Ca > N > Mg > P > K$ 순으로 보고된 바 있으나 (朝日, 1962), 이와 같은 함량차이는 동일 수종에서도 수령, 입지조건 등에 기인하는 것으로 알려져 있다 (Kozłowski & Pallardy, 1997). 한편 본 연구에서 Ca 성분만이 특이하게 성장상태가 양호하지 않은 조직에서 고함유되어 있는 것으로 나타났다. Ca 성분은 식물체에서 주로 생장이 이루어진 노령화된 조직에서 고함유되어 있는 것으로 보고되고 있어 (Meiri *et al.*, 1992) 이와 일치한다.

음나무 유묘의 성장수준에 따른 엽내 미량 무기성분을 정량 분석한 결과는 Fig. 2와 같다. 음나무 유묘의 미량 무기성분은 그 성분들 간의 큰 함량차이를 보였다. Na 함량이 가장 높게 나타났으며, 다음으로 $Mn > Fe > Zn > Cu$ 순이었다. Na 성분은 성장차이에 따라 모두 유의 ($P < 0.05$)한 함량변이를 나타내었으며, Mn, Fe, Zn 성분은 양호한 성장과 저조한 성장을 나타내는 개체에서만 유의 ($P < 0.05$)한 함량차이를 나타낸 반면, Cu 함량은 생장에 따른 차이를 보이지 않았다. Meiri 등 (1992)도 옥수수의 잎에서 무기성분을 분석한 결과에서 K, Cl, Ca, Mg 및 P의 성분차이를 보고하였는데, K는 생장이 활발한 부위에서 가장 많이 분포하며, Cl은 생장이 정지된 조직에서 고함유되어 있다고 보고한 바 있다.

2. 무기성분과 성장특성

음나무 유묘의 성장특성과 엽내 무기성분 함량간의 상관관계를 구한 결과 Table 2와 같이 나타났다. 무기성분 중에서 다량성분인 N, P, K 성분은 유묘의 성장과 고도의 정의 상관관계를 나타내었으며, Mg와 Mn 성분은 낮은 정의 상관을 보였다. 반면, Na 성분은 유묘의 성장과는 고도의 부의 상관관계

Table 2. Correlation between growth characteristics and macro and micro-elements in *K. pictus*.

Characteristics	Correlation coefficients for each elements				
	Macro-elements				
	N	P	K	Ca	Mg
Height	0.872**	0.860**	0.892**	-0.400	0.812**
D. R. C.	0.931**	0.893**	0.922*	-0.452	0.749*
Dry weight	0.919**	0.876**	0.867**	-0.471	0.680*
	Micro-elements				
	Mn	Fe	Cu	Zn	Na
Height	0.722*	-0.182	-0.461	-0.600	-0.919**
D. R. C.	0.657*	-0.130	-0.524	-0.607	-0.954**
Dry weight	0.680*	-0.113	-0.386	-0.613	-0.916**

* Significant at the 5% level, D. R. C.; Diameter at root collar.

** Significant at the 1% level.

를 나타내었다. 또한 미량무기성분인 Ca, Fe, Cu, Zn 성분은 유묘의 성장과 상관관계가 인정되지 않았다. 유묘의 근원직경에 따른 엽내 무기성분 함량간의 상관관계는 유묘의 성장과 유사하게 나타났다. 또한 건물 중과 엽내 무기성분 함량간의 상관관계 역시 앞서 두 특성과 유사한 결과를 보였다. 이상의 결과로 보아 음나무 유묘의 성장에 유효한 다량 무기성분은 N, P, K, Mg 성분이었으며, 미량 무기성분은 Mn, Na 성분으로 다량 무기성분이 미량 무기성분에 비해 성장에 높게 작용함을 알 수 있었다. 일반적으로 수목의 생장은 N, P, K, Ca, Mg 성분과 같은 다량무기성분의 함량과 밀접하게 관계하는 것으로 알려져 있으며, 일본잎갈나무 (Leyton, 1956)와 Scotch pine (Leyton & Amson, 1955)에서 잎의 N, P 함량이 수고

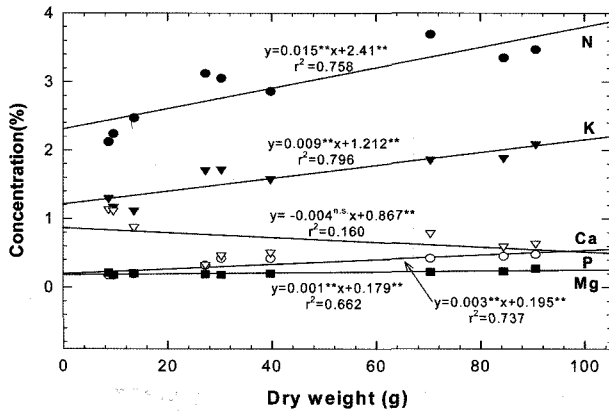


Fig. 3. Relationship between the growth of *K. pictus* seedlings and the concentrations of macro-elements.

생장과 높은 상관관계를 나타낸 것으로 보고된 바 있다. 또한 tung tree 경우 엽내 N, P, K 함량이 높을수록 근원직경 생장이 증가하였다고 보고하였으며 (O'rouke, 1952), yellow-poplar의 경우에도 잎의 N, P 함량이 수고 및 흉고직경 성장 간 고도의 정의 상관을 보인 반면 Mg, Al, B 함량과는 상관관계가 없는 것으로 보고한 바 있다 (Schomaker & Rudolph, 1964).

음나무 유묘의 건중량에 따른 엽내 다량 무기성분의 함량변화는 Fig. 3과 같이 나타났다. 건중량이 증가할수록 N, K, P, Mg 등의 함량은 증가하는 정의 관계를 보인 반면, Ca 함량과는 부의 관계를 보여 주었다. 또한 N 함량은 건중량에 따라 가장 크게 증가하는 성분이었으며, 다음으로 K > P > Mg > Ca 성분의 순이었다. 즉 다량 무기원소별 회귀직선의 결정계수 (r^2)는 N 0.758, K 0.796, P 0.737, Mg 0.662, Ca 0.160으로 추정된 회귀직선이 생장과 다량원소함량과의 관계를 각각 75.8%, 79.6%, 73.7%, 66.2%, 16.0% 정도로 설명할 수 있음을 알 수 있었다 (Fig. 3). 이와 같은 결과로 보아 N은 K, P, Mg, Ca 등에 비하여 생장에 영향을 크게 미치고 있음을 알 수 있다. 추정된 회귀계수의 유의성과 회귀직선의 결정계수 (r^2)에 따른 음나무 유묘의 생장은 N, K, P, Mg 성분의 함량과 뚜렷한 관계를 보인 반면 Ca와는 일정한 관계가 없는 것으로 나타났다.

음나무 유묘의 건중량에 따른 엽내 미량 무기성분의 함량변화는 Fig. 4와 같이 나타났다. Mn 함량은 건중량에 따라 증가하는 정의 관계를 보인 반면, 대부분의 무기성분은 감소하는 부의 관계를 나타냈다. 또한 건중량과 가장 높은 관련이 있는 성분은 Na이었으며, 다음으로 Mn > Fe > Zn > Cu 등의 순으로 나타났다. 특히 Na는 건중량과 높은 부의 관계를 나타냄으로서 음나무 유묘의 생장을 저해하는 무기성분인 것으로 사료된다. 미량원소별 회귀직선의 결정계수 (r^2)는 Na 0.844, Mn 0.522, Zn 0.354, Cu 0.209, Fe 0.030으로 (Fig. 4), 추정된 회귀직선이 생장과 다량원소함량과의 관계를 각각 84.4%,

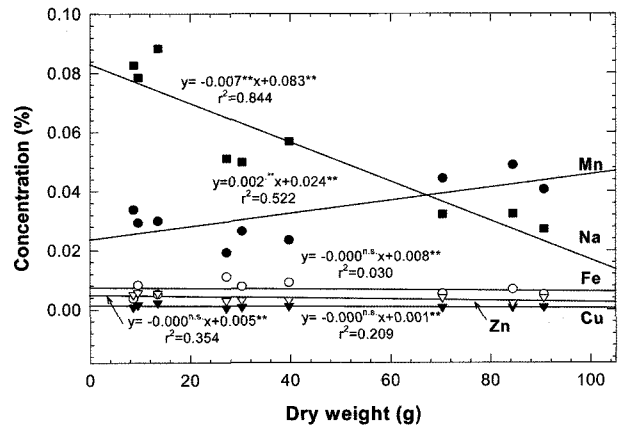


Fig. 4. Relationship between the growth of *K. pictus* seedlings and the concentrations of micro-elements.

52.2%, 35.4%, 20.9%, 3.0% 정도로 설명할 수 있음을 알 수 있었다. 따라서 추정된 회귀계수의 유의성과 회귀직선의 결정계수 (r^2)에 따른 음나무 유묘의 생장은 Na, Mn 등과 밀접한 관계를 보인 반면 Zn, Cu, Fe 등의 성분과는 일정한 관계가 없는 것으로 나타났다.

음나무 유묘에서 다량 및 미량 무기성분은 성장상태와 각 무기성분에 따라 매우 큰 차이를 보였다. 음나무 생장에 가장 큰 영향을 미치는 다량무기성분은 생장이 양호할 때 다량 분포하는 것으로 나타나 음나무 엽중 무기성분은 생장과 매우 밀접한 관련이 있음을 보여주었다. 본 연구결과는 음나무 재배 시 토양 시비 등에 기초자료를 제공해 줄 수 있을 것이라 사료된다. 그러나 식물의 양분흡수는 토양 pH (大友 등, 1993), 무기성분간의 길항작용 (安尾, 1952), 중금속성분 (Kozłowski & Pallardy, 1997) 등의 복합적인 요인이 양분흡수 저해 작용을 하는 것으로 알려져 있는 바, 음나무의 정확한 양분요구도를 파악하기 위해서는 엽분석 결과 생장에 유효하게 작용할 것으로 판단되는 무기영양원소들에 대한 시비시협이 추후 요망된다.

적 요

음나무는 잎을 산채로, 뿌리와 수피를 식의약용으로 다양하게 이용되고 있으며, 최근 농산촌의 신소득 작목으로 재배하기 시작하였다. 본 연구는 엽내 무기성분분석을 통하여 음나무 유묘의 생장에 미치는 영향을 조사하여 향후 재배 및 생산성 향상을 위한 기초자료를 제공하고자 수행하였다. 음나무 유묘의 엽내 무기영양원소는 다량 및 미량 무기성분에 따라 함량차이를 보였으며, N성분이 가장 많았으며, 다음으로 K, Ca, P, Mg, Mn, Fe, Zn 순으로 나타났다. N, P, K 성분은 유묘의 생장과 고도의 정의 상관관계를 나타내었으며, Mg와 Mn은 낮은 정의 상관을 보인 반면, Na과는 높은 부의 상관관계

를 나타내었다. 한편 Ca, Fe, Cu, Zn 성분은 유묘의 성장과 상관관계가 인정되지 않았다. 분석된 무기성분 중에서 N, P, K, Mg, Mn, Na 성분은 음나무 유묘의 생장에 영향을 미치는 ($P < 0.01$) 무기성분으로 나타났으며, 특히 N성분은 가장 영향을 미치는 성분으로 나타났다.

LITERATURE CITED

- Kim DH, Yu KW, Bae EA, Park HJ, Choi JW** (1998a) Metabolism of kalopanax B and H by human intestinal bacteria and antidiabetic activity of their metabolites. *Biol Pharm Bull* 21(4):360-365.
- Kim YH, Kim JP, Yun BS, Moon SS, Yoo ID** (1998b) Antioxidants isolated from *Kalopanax pictus*. *Korean Journal of Plant Resources* 11:89-109.
- Kozłowski TT, Pallardy SG** (1997) Physiology of woody plants-second edition. Academic Press, New York, San Francisco. p. 411.
- Lee CH, Choi MS, Kwon KW** (2000) Variation of kalosaponin content in plant parts and population of native *Kalopanax septemlobus* (Thunb.) Koidz. *Kor J Pharmacogn* 31:203-208.
- Lee CH, Jo DK, Lee KY, Kwon KW, Choi MS** (2002) Growth factors affecting to kalosaponins contents of *Kalopanax pictus* Nakai. *Korean J. Plant Biotechnology* 29(3):209-215.
- Leyton L** (1956) The relationship between the growth and mineral composition of Japanese larch (*Larix leptolepis*, Mrr.). *Plant and Soil* 7:167-177.
- Leyton L, Armson KA** (1955) Mineral composition of foliage in relation to the growth of Scots pine. *For. Sci.* 1:210-218.
- Meiri A, Silk WK, Lauchli A** (1992) Growth and deposition of inorganic nutrient elements in developing leaves of *Zea mays* L. *Plant Physiol.* 99:972-978.
- Nakai T** (1927) Araliaceae. In, *Flora Sylvatica Koreana*. For. exp. Sta. Govern. Chosen, Seoul. p. 45-46.
- O'Rourke Jr EN** (1952) Effect of nitrogen, potassium and magnesium on the growth of non-bearing tung trees on lakeland fine sand. *American Society for Horticultural Science* 61:56-61.
- Pahlavanian A, Silk WK** (1988) Effect of temperature on spatial and temporal aspects of growth in the primary maize root. *Plant Physiol* 87:529-532.
- Porzel A, Sung TV, Schmidt J, Lischewski M, Adam G** (1992) Studies on the chemical constituents of *Kalopanax septemlobus*. *Planta Med.* 58:481-482.
- SAS Institute Inc** (1987) SAS/STAT TM Guide for Personal Computer. Version 6 Edition. SAS Institute Inc., Cary, N. C. p. 1028.
- Schomaker CE, Rudolph VJ** (1964) Nutritional relationship affecting height growth of planted yellow-poplar in southwestern Michigan. *Forest Science* 10(1):66-76.
- Shao CJ, Kassi R, Xu JD, Tanaka O** (1989) Saponins from roots of *Kalopanax septemlobus* Koid., Cique. Structures of kalopanax-saponins C, D, and F. *Chem. Pharm. Bull.* 37(2): 311-314.
- Shao CJ, Kassi R, Ohtani K, Kohda H** (1990) Saponins from leaves of *Kalopanax pictus* Nakai, Harigiri. Structures of kalopanax-saponins JLa and JLb. *Chem. Pharm. Bull.* 38(4): 1087-1089.
- Sharp RE, Silk WK, Hsiao TC** (1988) Growth of the maize primary root at low water potentials. I. Spatial distribution of expansive growth. *Plant Physiol* 87:50-57.
- Yusura H, Tei DG** (1936) *Bull. of For. Exp. Sta. of Chosen.* p. 22-68.
- 강삼식** (1996) 사포닌. 서울대학교출판부. p. 586.
- 경보섭, 신민교** (1990) 향약대사전. 영림사 p. 820.
- 정태현, 도봉섭, 심학진** (1949) 조선식물명집. 조선생물학회편.
- 大友 玲子, 太田 誠一, 眞田 勝** (1993) 土壤pHの違いと苗木の生長. *日本林學會論文集.* 104(10):331-332.
- 夏日 俊二, 塚本 光弘** (1988) ハリキリの山地根さしについて. *北海道大學 演習林 試驗年報.* 5:10-11.
- 安尾正元** (1952) 植物生育と鹽類性分. *農及園.* 27(8):968.
- 朝日正美** (1962) 山林植生と土壤との相互作用 (II) 樹木の成分吸收とかきょうとの關係. *日本林學會誌* 44(9):225-230.