

알루미늄용액 처리가 개나리와 플라타너스삽수의 생장에 미치는 영향(2)¹

김갑태² · 추갑철³ · 진운학⁴

Effects of Aluminum Solution Treatment on the Growth of *Forsythia koreana* and *Platanus occidentalis* Cuttings(2)¹

Gab-Tae Kim², Gab-Cheul Choo³, Un-Hag Jin⁴

요 약

목본식물에 대한 Al독성에 관한 기초자료를 얻고자, Al농도별(1.0, 2.5 및 5.0mM)수용액과 대조구로 지하수를 모래를 채운 화분에 삽목한 개나리와 플라타너스의 삽수에 1993년 4월 28일부터 6월 16일까지 주 3회씩 처리하였다. 6월 16일 삽목묘를 굴취하여 생장관련형질(신초의 생장, 엽수 및 엽록소함량)과 뿌리의 길이를 처리간 비교하였다. 모든 생장관련형질들(신초의 생장, 엽수 및 엽록소함량)에서 처리간 고도의 통계적 유의차가 인정되었으며, 뿌리생장의 경우 개나리삽목묘에서는 처리간 통계적 유의차가 인정되었으나, 플라타너스삽목묘에서는 처리간 유의차가 인정되지 않았다.

주요어 : 알루미늄독성, 개나리, 플라타너스

ABSTRACT

To examine aluminum toxicity on woody plants, *Forsythia koreana* and *Platanus occidentalis* cuttings were grown in the pot(48×33×9cm) filled with sand, and treated aluminum solution and ground water (pH 6.75) 3times per week from April 28, 1993 to June 16. Aluminum solution were prepared 1.0, 2.5 and 5.0mM aluminum potassium sulfate, diluted with ground water. Growth-related characters(Shoot growth, leaf number and leaf chlorophyll content) and root growth were measured and compared among the treatments. In all growth-related characters(Shoot growth, leaf number and leaf chlorophyll content), differences among the treatments were highly significant. In root growth, differences among the treatments were highly significant for *Forsythia koreana* cuttings, but not for *Platanus occidentalis* cuttings.

Key Words : Aluminum Toxicity, *Forsythia koreana*, *Platanus occidentalis*

1 접수 7월 15일 Received on Jul., 15, 1993

2 상지대학교 농과대학 College of Agriculture, Sangji Univ., Wonju, 220-702, Korea

3 진주산업대학교 Chinju Natl. Univ., Chinju, 660-280, Korea

4 상지대학교 대학원 Graduate school, Sangji Univ., Wonju, 220-720, Korea

서 론

대기중의 산성오염물질과 산성우가 토양에 미치는 영향은 토양산도를 높이는 데서 비롯되며, 농업토양은 토지개량제의 사용으로 별문제는 없으나 삼림이나 원야는 산성우에 의한 피해가 클 것으로 보고되었으며, Ulrich 등(1980)과 Vermeulen(1978)은 1966년 이후 중부유럽의 토양산도가 산성우에 의해 현저히 높아졌음을 밝혔고, 1980년 Ulrich 등은 토양산성화로 인한 토양 내의 Al의 증가가 독일의 삼림쇠퇴의 주요한 원인이라고 설명하였다. 우리나라에서도 대도시와 공단 주변에서는 대기오염과 산성우에 의한 산림토양의 산성화가 이미 진행되고 있는 실정이다(이 등, 1988; 김, 1990, 1991). 또한 산성우가 표층토로부터 주요염기(Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+)들을 용탈시키며, 염기포화도를 떨어뜨린다. 토양산도가 증가함에 따라 토양용액 중에 치환성 Al이 현저히 증가하거나, 각종 이온들의 농도가 변화되며, 부식산의 구조와 화학적 성질이 변화됨이 밝혀졌으며, 양료순환체계가 교란된다. Cole과 Stewart(1983)는 토양반응이 산성화함에 따라 Al-phosphate, Fe-phosphate 로 인산이 불용태로 변하며, Al을 포함한 중금속의 독성문제가 야기된다고 설명하였다.

알루미늄은 여러가지의 식물생리작용에 영향하며, 영향하는 정도나 가시적 변화는 식물의 종, 식물체의 상태 및 환경조건에 따라 매우 다양하다. 이는 세포학적 수준에서 영향하는 알루미늄의 활성형태가 Al^{+3} , $\text{Al}(\text{OH})^{+2}$, $\text{Al}(\text{OH})_2$ 등으로 다양하기 때문으로 보인다. Al독성은 에너지의 전환, 세포분열 및 막의 기능에 영향하며, Al은 뿌리나 줄기에서의 Ca, Mg 등의 축적이나 P의 이동을 억제하여 식물체가 Ca, Mg 및 P의 결핍현상을 야기한다(Sucoff 등, 1990). Foy 등(1978)은 Al독성은 토양용액의 pH가 5.5이하에서 일어나며, 생장이 억제되고 잎이 황화되거나 조직의 괴사가 일어나는 한편, 흔히 인산결핍증과 비슷하게 잎이 작아지고 진한 녹색을 띠고 황화되며, 선단부가 고사되며, 뿌리는 측근이 짧아지고 끝이 굵게 변하며 세근이 줄어들음을 설명하였다. 정과 전(1990)은 5수종의 포플러류를 기내배양하면서 Al에 대한 내성을 비교하였고, McCormick과 Steiner(1978), Steiner 등(1984)은 여러 종의 목본식물을 대상으로 수용액상태로 Al을 처리하면서 Al에 대한 내성이나 피해양상을 관찰하여 수종간 많은 변이가 있음을 보고하였다. 김(1992)은 개나리삼수를 알루미늄수용액에 수경재배를 하면서 농도에 따른 성장반응을 보고하였으며, Lee(1977)는 Al독성을 유발하는 Al형태를 알아보고

자 옥수수를 대상으로 시험보고하였다.

이에 이 연구는 토양산성화로 우려되는 Al독성에 관한 기초자료를 얻고자, Al농도별 수용액을 모래를 담은 화분에 삼목한 개나리와 플라타너스 삼수의 생장 관련형질(신초의 생장, 엽수, 발근상태 및 엽록소함량)을 처리별로 비교·검토하였다.

재료 및 방법

1. 식물재료의 준비

비교적 삼목발근이 용이한 개나리와 플라타너스를 대상으로 1993년 3월 11일에 직경이 균일하도록 다량의 삼수를 채취하여 흐르는 물에 24시간 담구었다가 냉장고($1\sim 4^{\circ}\text{C}$)에 보관하였다가 4월 14일에 모래를 채운 플라스틱 화분에 삼목하였다. 삼목에 이용된 플라스틱화분(가로, 세로 및 높이: 48cm, 33cm 및 9cm)에 채질한 모래를 채우고 화분당 10개씩의 삼수를 1993년 4월 14일에 삼목하고 4월 28일까지 주 3회 씩의 관수를 하여 활착이 되도록 하였다.

2. Al용액의 처리 및 측정

알루미늄용액의 처리는 1993년 4월 28일 부터 6월 16일 까지 주 3회 처리 하였다. 처리한 Al용액은 aluminum potassium sulfate를 지하수에 녹여 5.0, 2.5, 1.0 mM의 알루미늄 수용액을 만들었으며, 용액의 pH는 3.65, 3.80 및 3.92였다. 대조구로는 지하수(pH 6.75)를 이용하였다.

1993년 6월 16일 까지 알루미늄용액을 처리하고 6월 26일에 삼목묘를 굴취하여 엽록소함량, 엽수, 신초의 길이 및 뿌리의 길이를 측정하였다. 엽록소함량은 엽록소함량 측정기(chlorophyll meter, Minolta, SPAD-502)를 이용하여 간접적인 측정을 하였다. 뿌리의 길이는 삼수로부터 가장 길게 자란 뿌리의 길이를 자로 측정하였다.

결과 및 고찰

1993년 6월 26일에 신초의 길이, 엽수, 뿌리의 길이 및 엽록소함량을 측정하여 처리별로 통계처리를 한 결과를 수종별로 Table 1, 2에 보였다. 개나리 삼목묘에서는 조사된 항목들에서는 모두 처리간 고도의 통계적 유의차가 인정되었다(Table 1). 삼수로부터 자라난 신초의 길이는 대조구에서 5.31cm로 가장 길었고 5.0 mM 처리구에서는 아예 신초가 자라지 못하였다. 신

초당 건전한 엽수에 있어서도 1.0mM 처리구에서 16.7개로 가장 많았고 다음이 대조구, 2.5mM 처리구이며, 5.0mM 처리구에서 2.0개로 가장 적었다. 이는 삼목실시 일주일 후부터 고농도의 Al용액 처리구에서는 출엽이 적었으며 출엽된 잎들마저 곧바로 고사하기 시작했기 때문이었다. 뿌리의 길이에서는 1.0mM 처리구에서 5.43cm로 가장 길었고 다음이 대조구, 2.5mM 처리구이며, 5.0mM 처리구에서는 발근이 되지 않았다. 엽록소함량에서는 대조구에서 42.58로 가장 높았으며, 다음이 1.0mM 처리구, 2.5mM 처리구이며, 5.0mM 처리구에서는 30.66으로 가장 낮았다.

플라타너스 삼목묘에서는 뿌리의 길이를 제외한 항목들에서는 처리간 통계적 유의차가 인정되었다(Table 2). 삼수로부터 자라나온 신초의 길이는 1.0mM 처리구에서 1.94cm로 가장 길었고, 다음으로 대조구, 2.5mM 처리구이며, 5.0mM 처리구에서는 아예 신초가 자라지 못하였다. 신초당 건전한 엽수에 있어서도 1.0mM 처리구에서 3.4개로 가장 많았고 다음이 대조구, 2.5mM 처리구이며, 5.0mM 처리구에서는 어느정도 신장한 잎이 없었다. 이는 삼목실시 일주일 후부터 고농도의 Al용액 처리구에서는 출엽이 적었으며 출엽

이 시작된 잎들마저 곧바로 고사하기 시작했기 때문이었다. 뿌리의 길이에서는 대조구, 1.0mM 처리구, 2.5mM 처리구의 순이며, 5.0mM 처리구에서는 발근이 되지 않았다. 엽록소함량에서는 1.0mM 처리구에서 43.01로 가장 높았으며, 다음이 대조구, 2.5mM 처리구이며, 5.0mM 처리구에서는 측정할 잎이 없었다.

짧은 기간의 Al용액의 처리나 5.0mM 처리구에서는 두수종이 공히 신초생장도 못하고 발근도 되지 않는 등으로 심하게 피해를 입는 것으로 나타났으며, 2.5mM 처리구에서의 신초생장, 잎수, 뿌리생장 및 엽록소함량 등의 측정치가 대조구의 그것들보다 낮게 나타나, 개나리와 플라타너스의 생육에 나쁜 영향을 미치는 것으로 나타났다. Al용액의 처리에 대한 수종간의 차이는 식별하기가 힘들었다.

이러한 결과는 다른 수종들에서 Al독성을 관찰 보고한 Foy 등(1978), 정과 전(1990) 및 Sucoff 등(1990)의 결과와 흡사하였다. 개나리삼목묘에 대한 결과는 김(1992)이 개나리를 알루미늄용액에 수경삼목하여 보고한 결과와 대체로 유사한 경향이었다. 이상의 결과로 볼 때, 1.0mM Al용액이 장기간 처리된다면 개나리와 플라타너스의 삼목묘의 생장은 심하게

Table 1. Mean values of shoot growth, number of leaves, leaf injury, root length and chlorophyll content of *Forsythia koreana* for each treatments.

Treatment	Shoot growth (cm)	No. of leaf	Root length (cm)	Leaf chlorophyll content (SPAD)
Control (pH 6.75)	5.31 a	13.2 ab	3.45 ab	42.58 a
1.0 mM Al sol. (pH 4.00)	4.71 a	16.7 a	5.43 a	40.79 a
2.5 mM Al sol. (pH 3.79)	4.67 a	9.9 b	0.25 b	33.97 b
5.0 mM Al sol. (pH 3.64)	0.00 b	0.0 c	0.00 c	30.66 b
F-value	22.43**	27.60**	20.98**	9.52**

** Indicate significances at 1% level

Differences in letters in vertical columns indicate difference at 5% level for Duncan test

Table 2. Mean values of shoot growth, number of leaves, leaf injury, root length and chlorophyll content of *Platanus occidentalis* for each treatments.

Treatment	Shoot growth (cm)	No. of leaf	Root length (cm)	Leaf chlorophyll content (SPAD)
Control (pH 6.75)	1.20 ab	2.5 a	2.95	31.57 a
1.0 mM Al sol. (pH 4.00)	1.94 a	3.4 a	2.89	43.01 a
2.5 mM Al sol. (pH 3.79)	1.18 b	2.4 a	2.43	26.62 b
5.0 mM Al sol. (pH 3.64)	0.00 c	0.0 b	0.00	- *1
F-value	11.39**	5.96*	0.99 ^{NS}	5.96*

* Indicate significances at 5% level

** Indicate significances at 1% level

Differences in letters in vertical columns indicate difference at 5% level for Duncan test

*1 No data available.

영향을 받을 것으로 사료되며, 대부분의 목본식물에 대해서도 1.0mM 정도의 Al용액이면 생장을 방해할 만큼의 Al독성이 있음을 알 수 있었다.

인 용 문 헌

1. Cole, C. V. and W. B. J. Stewart. 1983. Impact of acid deposition on P cycling. *Environ. Exp. Bot.* 23:235-241.
2. Edwards, J. H. and B. D. Horton. 1977. Aluminum-induced calcium deficiency in peach seedlings. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 102:459-461.
3. Foy, C. D., R. L. Chaney and M. C. White. 1978. The physiology of metal toxicity in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 29:511-566.
4. Goransson, A. and T. D. Eldhuset. 1987. Effects of aluminum on growth and nutrient uptake of *Betula pendula* seedlings. *Physiol. Plant.* 69:193-199.
5. 정경호, 전영우. 1990. 器內에서 培養된 5樹種의 *Populus*類에 對한 Aluminum耐性比較. *한임지* 79(1):26-32.
6. Kelly, J. M., M. Schaedle, F. C. Thornton and J. D. Joslin. 1990. Sensitivity of tree seedlings to aluminum:2. Red oak, Sugar maple, and European beech. *J. Environ. Qual.* 19(2):172-179.
7. 김갑태. 1992. 알루미늄용액 처리가 개나리삼수의 생장에 미치는 영향. *응용생태연구* 6(1):9-11
8. 김준호. 1990. 환경오염에 대처하는 자연생태계보존전략. pages 93-118, 쾌적한 환경창조를 위한 생태계의 보존. “제 18회 세계환경의 날” 기념 심포지움, 1990. 6. 4., 국립환경연구원, 서울, 189pp.
9. Lee, Y. S. 1977. Aluminum toxicity on corn seedlings. *J. Korean Soc. Soil Sci.* 10(2):75-78.
10. McCormick, P. H. and K. C. Steiner. 1978. Variation in aluminum tolerance among six genera of trees. *For. Sci.* 24:565-568.
11. Rayanal, D. J., J. D. Joslin, F. C. Thornton, M. Schaedle and G. H. Henderson. 1990. Sensitivity of tree seedlings to aluminum:3. Red spruce and Loblolly pine. *J. Environ. Qual.* 19(2):180-187.
12. Schier, G. A. 1985. Response of red spruce and balsam fir seedlings to aluminum toxicity in nutrient solutions. *Can. J. For. Res.* 15:29-33.
13. Steiner, K. C., J. R. Barbour and P. H. McCormick. 1984. Response of *Populus* hybrids to aluminum toxicity. *For. Sci.* 30:404-410.
14. Sucoff, E., F. C. Thornton and J. D. Joslin. 1990. Sensitivity of tree seedlings to aluminum:1. Honeylocust. *J. Environ. Qual.* 19(2):163-171.
15. Ulrich, B., R. Mayer and P. K. Khanna. 1980. Chemical change due to acid precipitation in a loess-derived soil in central Europe. *Soil Sci.* 130:193-200.
16. Vermeulen, A. J. 1978. Acid precipitation in the Netherlands. *Environ. Sci. Tech.* 12:1016-1021.