

## 인공산성비 및 목초액 처리가 인동덩굴의 생장에 미치는 영향

서동진 · 김종갑\*  
경상대학교 환경산림과학부

### Effect on Simulated Acid Rain and Wood Vinegar Treatment on Growth of *Lonicera japonica*

Dong-Jin Seo and Jong-Kab Kim\*

Department of Forest Environmental Resources, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

**요약:** 인공산성비 처리와 목초액 처리가 토양 화학적 성질, 인동덩굴(*Lonicera japonica*)의 뿌리와 엽내 이온함량 변화 및 생장에 미치는 영향을 알아보기 위하여 다양한 수준의 인공산성비(pH 5.6, 4.5, 3.5, 2.5)와 대조구(pH 6.3)로 구분하여 6월에서 10월까지 150일간 주 2회씩 총 30회에 걸쳐 처리하였고, 목초액을 500배로 희석하여 2주 1회씩 총 10회에 걸쳐 처리하였다. 인공산성비의 pH가 낮아질수록 토양 pH는 감소하였고, 유기물함량, 전 질소, 유효인산은 증가하는 경향이었지만, 목초액을 처리하였을 때 토양 개선효과는 미비한 것으로 나타났다. 식물체의 성분은 인공산성비 처리에 의해  $SO_4^{2-}$ 와  $NO_3^-$ 가 증가하였으며 목초액 처리구에서는 증가 폭이 감소하였다. 또한 양이온은 인공산성비의 pH에 따라 증가하는 경향이 나타났으며, 뿌리 보다는 잎에서 더 높게 나타났다. 인공산성비 처리 후 조기 낙엽과 성장저해가 나타났으나 목초액 처리 후 성장량이 증가하였다.

**Abstract:** This study was carried out to understand the effect on soil chemical property, ion contents, and growth of *Lonicera japonica* by treatment of simulated acid rain and wood vinegar. It was treated total 30 times by one time per 2 weeks during 150 days from June to October dividing to various pH level of simulated acid rain (each pH 5.6, 4.5, 3.5 and 2.5) and the control site (pH 6.3). The wood vinegar diluted with 500 times was also treated total 10 times by one time per 2 weeks at the experimental sites. The soil pH was reduced as pH level of simulated acid rain was decreased. The organic content, total nitrogen, and Av.  $P_2O_5$  in soil showed a tendency to increment. However, the soil improvement effect was exposed to be insufficient when a wood vinegar was treated. In the component of the plant body,  $SO_4^{2-}$  and  $NO_3^-$  increased due to the simulated acid rain treatment and the increment ratio was reduced in the wood vinegar treatment plot. In addition, the cation contents showed a tendency to variation due to pH of simulated acid rain. And it showed more increment in the leaves than the root. The early fallen leaves and growth inhibition of *L. japonica* showed up after the simulated acid rain treatment but the growth of *L. japonica* increased after the wood vinegar treatment.

**Key words :** simulated acid rain, wood vinegar, growth, *Lonicera japonica*

### 서론

최근 중요한 환경문제로 대두되고 있는 산성비는 식물에 직접적인 영향뿐만 아니라 토양의 이화학적 특성에 변화를 주어 식물의 생장에 영향을 미치게 된다. 산성비가 토양과 식물에 미치는 영향으로는 질소와 황 등이 영양원으로 공급한다는 유익한 측면도 있지만(Evan *et al.*, 1982; Evans *et al.*, 1984), 식물의 엽맥을 중심으로 갈색, 황색, 백색의 괴사 반점을 형성하게 되며(Evans, 1982; Killham

*et al.*, 1983; Adams and Hutchinson, 1984), 지상부 길이, 생중량, 건중량이 낮은 pH에서 감소한다는 보고(Bisessar *et al.*, 1984, Irving, 1985)와 같이 성장저해가 발생하며, 광합성을 감소(Kang *et al.*, 1999; Kim and Soh, 1994; Huh, 1992) 엽록소 함량 감소(Ferenbaugh, 1976) 등 다양한 영향을 미친다. 산성비는 일반적으로 토양산도 증가, 토양의 포드졸화, 양이온치환용량(CEC)의 감소,  $H^+$ ,  $Al^{3+}$  이온의 증가, 식물 생육 저해, 양이온 용탈 등에 영향을 미치는 것으로 보고되었다(최호진, 1990).

산성비에 민감한 반응을 나타내는 산림생태계의 경우 대기오염 물질에 의한 직접적 피해보다는 토양 산성화에

\*Corresponding author  
E-mail: jkabk@gnu.ac.kr

**Table 1. Ingredient of wood vinegar.**

Species	pH	EC	T-N	Gravity (° Be)	Refractive index (% Brix)	Color	Muddy	Tar(%)
Oaks	3.45	4.48	0.04	3.5	8.5 over	Reddish brown	Clearness	2.0 under

의한 이차적인 반응에 의해 외부 스트레스에 대한 저항성이 저하된다고 보고되고 있다(Shortle and Smith, 1988). 이러한 산성비의 피해는 식물의 종별, 품종별, 생육시기, 산성비의 조성 및 산도, 토양과 식물체간의 이온성분, 생육환경 등에 따라서 피해양상과 피해정도가 다르게 나타난다(Evans *et al.*, 1984). 일반적으로 산성비에 의한 식물의 피해는 쌍자엽 초본식물, 쌍자엽 목본식물, 단자엽식물, 침엽수의 순서로 잎의 피해가 증가하는 것으로 보고되고 있다(Evans *et al.*, 1982).

산성비의 피해를 감소시키기 위한 방법 중 한가지로 목초액 처리가 있으며, 목초액은 나무를 태우는 과정에서 발생하는 연기를 냉각하여 얻어지는 물질로서 200종류 이상의 성분이 함유되어 있으며, 유기화합물은 초산이 주종을 이루며, pH 3.0정도 산성인 수용액이다(목초연구회, 1996; 김광은 등, 1998; 안경모, 1998; 농촌진흥청, 2000). 또한 토양의 산성화를 막아 식물에 유익한 미네랄을 공급하여 지력을 증진시키며 유해 미생물의 증식, 종자의 발아촉진, 식물의 병해충 방지, 식물의 생장을 촉진시키는 등 여러 가지 효능이 있는 것으로 밝혀졌다(Jun *et al.*, 1998).

본 연구는 도로의 방음시설 녹화용으로 사용되어 녹색환경을 조성하며(정태건 등, 1999), 대기오염 물질의 정화기능(서울시정개발연구원, 1994) 및 오염피해지역의 식생복원으로 이용되고 있는 덩굴식물 중 인동덩굴에 인공산성비를 다양한 pH 수준별로 처리했을 때, 인공산성비 처리에 의한 토양 산성화 및 화학적 변화, 식물체내의 무기이온 성분변화, 인동덩굴의 생장에 미치는 영향을 조사하여 인동덩굴이 산성비에 대한 내성정도를 분석하고, 목초액처리가 산성비의 피해 감소에 미치는 영향을 분석하고자 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시재료

고속도로 방음벽 녹화, 산림훼손지 복구, 오염지역의 정화능력이 있는 덩굴식물 중 인동덩굴(*Lonicera japonica*)을 선정하였고, 대림원예종묘(주)에서 분양받은 수고 10 cm~15 cm의 1년생 인동덩굴을 처리구당 5개체씩 10개 처리구에 3반복하여 총 150개체를 포트에 이식하여 2007년 6월에서 10월까지 150일간 경상대학교 농업생명과학대학

부속농장 온실에서 실험하였다.

### 2. 인공산성비 조제 및 처리

인공산성비 성분은 0.1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>와 0.1 N HNO<sub>3</sub>를 3:1(v/v)의 비율로 혼합하여 증류수로 희석한 후 조제하였다. 지역과 시기에 따라 차이가 있지만 pH 2.5의 강산성비가 내린 보고(박봉규 등, 1983)와 2007년도 우리나라 강우의 평균 pH를 기준(평균: 4.9, 최소: 4.3, 최대: 5.7(환경부, 2007))으로 인공산성비의 pH를 2.5, 3.5, 4.5, 5.6으로 조절하였으며, pH 6.3인 지하수를 대조구로 실험하였다. 조제된 인공산성비 살포는 pH별 각 처리구에 6월에서 10월까지 150일간 주 2회씩 총 30회에 걸쳐 각 처리구마다 3반복하여 식물체 선단으로부터 약 30 cm 높이에서 회당 50씩 분무 처리하였다.

### 3. 목초액 시비

목초액 처리를 통하여 인동덩굴의 인공산성비에 대한 피해 저감 및 토양개선 효과를 알아보기 위하여 (주)대유의 전통식 탄화로에서 제조한 신갈나무 목초액을 사용하였다. 처리는 고농도의 목초액을 처리할 경우 목초액의 지나친 양료 공급으로 인하여 생육이 저해되기 때문에(민일식과 오기환, 2000) 목초액을 500배액으로 희석하여 2주 1회씩 총 10회에 걸쳐 처리구의 식물체 선단으로부터 약 30 cm 높이에서 50 mL씩 분무 처리하였다. 인공산성비만 처리한 인공산성비 처리구와 대조구(pH 6.3), 목초액과 인공산성비를 같이 처리한 목초액 처리구와 대조구(pH 6.3)로 구분하여 실험하였다.

### 4. 토양의 화학적 성질

실험 종료 후 토양시료를 채취하여 풍건하여 200 mesh의 체로 친 후 분석용 시료로 이용하였다. pH와 EC는 pH meter(720A, Orion)와 EC meter(CM-60G, Coretech), 유기물 함량은 Tyurin법, 전질소 함량은 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>로 완전 분해 후 Kjeldahl 증류법, 유효인산(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 함량을 측정하기 위해서 Lancaster법, 양이온치환용량(CEC)은 Brown법을 이용하여 분석하였다. 치환성양이온(Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>)은 1N ammonium acetate(pH 7.0)로 침출하여 유도결합플라즈마분광계(ICP, OPTIMA 4300DV)로 측정하였고, 음이온(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)은 토양 10 g에 증류수 90 mL을 가하고 30분 동안 진탕 후 Ion Chromatography(IC, Dionex DX-

120)를 사용하여 측정하였다(농촌진흥청, 2000).

### 5. 식물체 이온 분석

식물체의 양이온( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ) 분석은 500  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 에 salicylic acid 15g을 넣은 용액 5 mL을 건조된 시료에 넣은 다음 1시간 동안 전처리 후 1000 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 에 1.6 g Selenium, 1.6 g  $\text{CuSO}_4$ , 97 g  $\text{NaSO}_4$ 를 넣어 유도결합플라즈마분광계(ICP, OPTIMA 4300DV)를 사용하여 측정하였고, 음이온( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ )은 동결건조한 시료 0.2 g에 1.8 mM  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 와 1.7 mM  $\text{NaHCO}_3$  용액 50 mL을 넣고 전처리한 후 Ion Chromatography(IC, Dionex DX-120)를 사용하여 측정하였다(농촌진흥청, 2000).

### 6. 생장량 조사

인공산성비 단독 처리와 목초액 혼합 처리에 따른 인동덩굴의 변화를 알아보기 위하여 수고, 엽수를 실험 시작과 종료 후에 조사하였고, 생중량과 건중량을 조사하기 위하여 각 처리구별 5개체씩을 채취하여 뿌리, 줄기, 잎의 부위별로 생중량을 측정 후 70°C에서 7일간 Drying Oven에 건조시켜 건중량을 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 토양의 화학적 성질

인공산성비 단독 처리와 목초액 혼합 처리구의 토양에서 화학적 성질의 변화를 분석한 결과(Table 1), pH는 인공산성비 단독 처리구와 목초액 혼합 처리구 모두 토양의 pH 감소가 하였다. 목초액 사용시 토양산도의 증가효과에 대한 연구결과(박상근, 1993)가 있으나, 목초액 처리에 의한 토양 pH의 개량효과가 뚜렷하게 나타나지 않은 것은

500배로 희석하여 소량을 투입하였기 때문에 토양 개선 효과가 미미한 것으로 사료된다. EC는 목초액 혼합 처리구에서 증가하는 경향으로 나타났으나 인공산성비 단독 처리구는 pH 5.6에서 2.96 dS/m으로 pH 3.5, 4.5 처리구보다 높게 나타나 유의적인 차이가 인정되지 않았다.

유기물함량은 대조구에 비해 인공산성비 처리시 증가하였으나, pH 3.5 처리시 가장 높게 나타나 처리구간 유의성이 인정되지 않았으며, 인공산성비 처리구보다 목초액을 같이 처리한 처리구에서 함량이 높은 경향으로 나타났다. 이러한 결과는 목초액 사용으로 인한 발근촉진 효과로 토양내 잔부리가 발달하여 환원된 유기물의 함량이 증가하였고, 이러한 발근촉진은 토양내 영양분의 흡수를 촉진시켜 작물의 생장에 영향을 준 것으로 판단된다(이종은, 2004).

전 질소의 경우 인공산성비의 처리가 계속될수록 감소, 혹은 변화가 없다는 보고(최호진, 1990)가 있었으나 본 실험에서는 인공산성비 단독 처리구와 목초액 혼합 처리구 모두 증가하였다. 이러한 결과는 인공산성비로 인해 식물의 생육능력이 떨어져 토양 내 질소의 흡수가 적었기 때문으로 사료되었다. 또한 목초액의 시비로 인하여 토양 질소함량의 변화가 없었다는 보고(민일식과 오기환, 2000)와는 다르게 pH 3.5를 제외한 다른 처리구에서 질소함량의 감소가 나타났다.

유효인산은 인공산성비 처리구에서 증가하였는데, 이는 인공산성비의 처리 시 유효인산의 농도가 증가하고, 토양에서 pH가 낮을수록 그 농도가 높았다는 연구(최호진, 1990)와도 유사하게 나타났다. 또한 목초액 처리구에서도 높게 나타났는데 이는 목초액에 인산함량에 의해 유효인산이 증가된다는 보고와 비슷한 경향이었다(민일식과 오기환 2000).

Table 2. Chemical properties in experimented soil after treatment of the simulated acid rain(SAR) and wood vinegar.

Treatment	SAR treatment (pH)	pH (H <sub>2</sub> O)	EC (dS/m)	O.M. (%)	T-N (%)	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	CEC (cmolc kg <sup>-1</sup> )	Ex. Anion (cmol <sup>+</sup> /kg)		Ex. Cation (cmol <sup>+</sup> /kg)			
								SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>
SAR	2.5	4.5a	3.43d	2.14d	2.91d	56.88e	12.30a	455.45e	151.45e	0.85c	2.46e	1.23c	0.44b
	3.5	4.6b	2.74b	2.34e	2.21a	55.74d	13.08c	328.64d	136.97d	0.79c	1.15d	0.25b	0.16a
	4.5	4.8c	2.65ab	1.59b	2.81c	52.86a	12.98b	194.71c	105.29c	0.56b	0.77c	0.22ab	0.13a
	5.6	4.9d	2.96c	1.86c	2.77c	53.18b	13.20d	154.68b	96.43b	0.26a	0.50b	0.16ab	0.10a
	Control	5.0e	2.57a	1.10a	2.53b	53.67c	14.20e	34.59a	16.45a	0.21a	0.28a	0.13a	0.08a
SAR+ WV	2.5	4.6a	3.37e	2.34c	2.22d	68.13d	13.74b	364.36e	121.16e	0.78e	0.88e	0.86c	0.27d
	3.5	4.7b	3.17d	2.62d	2.44e	68.69e	14.84c	262.91d	109.58d	0.45d	0.61d	0.43b	0.23cd
	4.5	4.7b	2.88c	2.38c	2.13c	63.12b	14.98d	155.77c	84.23c	0.24c	0.51c	0.17a	0.19bc
	5.6	4.9c	2.46b	1.93b	1.83a	65.02c	15.20e	123.74b	77.14b	0.20b	0.38b	0.14a	0.12ab
	Control	5.2d	1.76a	1.72a	1.98b	61.54a	13.30a	27.67a	13.16a	0.07a	0.09a	0.12a	0.07a

Note) Values within the same column with the same letter are not significantly different ( $p < 0.05$ ) among the sites by one way ANOVA with Duncan's multiple range test.

SAR : Simulated acid rain, WV : Wood vinegar

**Table 3. Effect of simulated acid rain(SAR) and wood vinegar on ion contents in root and leaf of *Lonicera japonica*.**

Treatment	Plant organ	SAR treatment	Ex. Anion (cmol <sup>+</sup> /kg)		Ex. Cation (cmol <sup>+</sup> /kg)			
			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>
SAR	Root	2.5	9.54d	8.23e	0.84d	1.08d	2.04d	0.18c
		3.5	5.04c	8.04d	0.81bd	1.04d	1.98c	0.18c
		4.5	3.68b	6.60c	0.77b	0.95c	1.93c	0.14bc
		5.6	1.89a	4.51b	0.61a	0.78b	1.71b	0.11ab
		Control	1.85a	2.24a	0.57a	0.64a	1.48a	0.06a
	Leaf	2.5	21.02e	18.13e	1.85d	1.38c	3.02c	0.23b
		3.5	10.45d	16.68d	1.68c	1.36c	2.99c	0.21ab
		4.5	7.41c	13.29c	1.55b	1.31c	2.88b	0.15ab
		5.6	4.64b	11.09b	1.50b	1.19b	2.79b	0.11a
		Control	2.69a	3.26a	0.83a	1.08a	1.88a	0.11a
SAR+ WV	Root	2.5	7.64d	6.59e	0.86b	0.99a	1.90c	0.19a
		3.5	4.03c	6.43d	0.82ab	0.98a	1.89bc	0.17a
		4.5	2.94b	5.28c	0.77ab	0.94a	1.80abc	0.17a
		5.6	1.51a	3.61b	0.73ab	0.93a	1.76ab	0.16a
		Control	1.48a	1.79a	0.72a	0.91a	1.74a	0.13a
	Leaf	2.5	16.82e	14.50e	1.69c	1.26b	3.02c	0.28a
		3.5	8.36d	13.34d	1.62bc	1.26b	3.01c	0.28a
		4.5	5.93c	10.63c	1.51b	1.21ab	2.66b	0.23a
		5.6	3.71b	8.87b	1.50b	1.17ab	2.61b	0.20a
		Control	2.15a	2.61a	1.28a	1.08a	2.37a	0.17a

Note) Values within the same column with the same letter are not significantly different (p<0.05) among the sites by one way ANOVA with Duncan's multiple range test.

SAR : Simulated acid rain, WV : Wood vinegar

인공산성비 처리 후 토양 중 수용성 음이온인 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 함량은 대조구 보다 모두 증가하였으며, pH가 낮을 수록 높은 값을 나타내는 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 인공산성비를 처리한 후 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, 총질소(T-N) 함량이 증가하여 토양 음이온의 증가를 가져온 것이다. 또한 목초액 혼합 처리구는 목초액 내 용존유기탄소가 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>의 토양내 불특정 흡착(이온흡착)에 역작용으로 나타나 인공산성비 단독 처리구 보다 토양 중 음이온이 낮게 나타난 것으로 사료된다(박현준, 2000).

인공산성비 처리가 토양 양이온 함량 변화에 미치는 결과를 보면 대조구보다 인공산성비 처리구에서 높게 나타났으며, 목초액 처리구에서도 pH가 낮을수록 증가하는 경향이었으며, 이는 목초액이 양이온의 용탈에 영향을 주었을 것으로 생각되었다. 유기물 함량이 증가하여 토양이 음전하를 많이 띠게 되어 토양 중 염기성 양이온 증가로 토양 완충력이 증가한 것으로 사료되나, 유기물이 많은 토양이라도 낮은 산도의 산성비를 다량으로 처리하였을 때 토양완충능이 상실된다는 보고(Wilklander, 1978)에 따르면 강산성비에 자주 노출되면 양이온의 이동이 토양 중에서 용이하게 되어 수소이온의 축적이 토양산성화를 가속시키는 것이다.

인공산성비의 pH가 낮아짐에 따라 토양 pH의 감소, 전기전도도의 증가, 유기물 함량 증가, 유효인산의 감소, 양

이온 및 음이온 함량이 증가하였다는 보고(Evans and Thompson, 1984; Rhyu, 1990)와 같이 본 실험에서도 유사한 결과를 나타냈다.

## 2. 식물체 이온 변화

식물체의 음이온 함량 변화에 있어서는 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>와 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 모두 높은 수준의 pH 처리에 따라 유의적으로 증가하는 경향이 나타났다.

식물체의 음이온 함량은 pH가 강산성일수록 높게 나타났으며 그 증가폭은 뿌리보다 잎에서 더 크게 나타났다. 인공산성비 단독 처리시 뿌리에서 4~5배, 잎에서는 6~9배의 차이를 보여 잎을 통한 이온의 흡수량이 더 많은 것으로 나타났으며, 목초액 혼합 처리구에서도 뿌리보다 잎의 음이온 함량이 높게 나타났으나 음이온의 함량이 인공산성비 단독처리구 보다 목초액 혼합 처리구에서 20~30% 가량 감소되었다. 이러한 결과는 처리한 인공산성비가 토양의 음이온 농도를 증가시켜 뿌리를 통한 이들 이온 흡수가 잎내 이온농도 증가를 더욱 가속시킨 것으로 사료된다(Kim *et al.*, 1996). 양이온 함량은 뿌리 보다 잎에서 유의적으로 증가하여 잣나무, 은행나무, 소나무 등의 묘목에서 인공산성비 처리로 인해 양이온이 증가되었다는 보고(정용문, 1987)와 유사하였고, 목초액 혼합 처리구에서 높은 경향이 나타났는데 이것은 목초액 처리시 Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>,

K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> 등의 양이온이 증가하며 질소와 인산의 과다 흡수를 억제하여 건진한 식물생육이 가능하다는 보고(Kim *et al.*, 1999)와 유사한 결과였다.

이와 같이 산성비 성분에 Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> 등의 양이온과 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>와 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 등의 음이온이 함유되어 식물의 영양분을 공급하기도 하지만 강산성비는 H<sup>+</sup>에 의하여 잎의 왁스층 붕괴, 기공주변의 조직을 파괴하여 Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> 등 치환성양이온의 세탈이 증가된다(Evans and Curry, 1979; Haines *et al.*, 1980).

3. 생장량 조사

인공산성비 처리가 인동덩굴의 생장에 미치는 영향을 알아보기 위해서 실험 전, 후의 수고와 엽수의 증감율을 나타낸 결과는 다음과 같다(Figure 1).

수고생장은 인공산성비의 pH 감소에 따라 수고생장량도 감소하였으며, pH 2.5 처리구에서는 5.3%로 가장 낮았다. 엽수 역시 인공산성비 pH와 부의 상관을 보였으며, 대조구에서 90.7%의 생장량을 보였으며, pH 5.6 처리구에서 5.1%로 급격히 감소하였으며 pH 2.5 처리구에서는

-36.4%의 생장량을 나타냈다. 이상의 인공산성비 처리시 인동덩굴의 생장량이 pH가 낮아짐에 따라 감소하는 경향은 인공산성비의 누적된 영향으로 사료된다. 산림생태계 규모에서의 산성비의 생태적 피해사례를 들면 북유럽에서는 1960년대 후반에 pH 4.0~5.0의 산성강비에 의해 산림의 생장이 2~7% 감소하였고, 색비름과 과꽃이 인공산성비에 의해 생장이 감소되어 생육이 불량해진 보고와 유사한 경향이었다(이재석과 김정숙, 1994; 이재석 등, 1996).

인공산성비+목초액 혼합 처리구의(Figure 2) 수고생장은 인공산성비의 pH 처리가 강산성일수록 수고 생장량도 감소하였으며, pH 2.5 처리구에서는 6.0%를 나타냈다. 엽수 또한 강산성 처리구일수록 더 많은 감소를 나타냈는데, pH 5.6 처리구부터 급격히 감소하여 53.9%의 생장량을 나타내었고 pH 2.5 처리구에서는 10.6%의 생장량을 나타내었다. 목초액 시비 처리 결과, 목초액 시비 처리구에서 인공산성비만 처리한 처리구 보다 높은 생장량을 나타냈다. 본 실험에서 인공산성비 처리구보다 목초액 시비를 같이 한 처리구에서 인동덩굴의 수고와 엽수가 증가한 것을 알 수 있었다. 즉 목초액 처리로 토양내 양분 상황 개선되는 등의 완충작용의 효과로 인하여 인공산성비 단독 처리구보다 목초액 혼합 처리구에서 생장이 증가한 것으로 사료된다(민일식과 오기환, 2000; 이종은, 2004).

결론

본 실험은 인공산성비 처리와 목초액 처리가 토양 화학적 성질, 인동덩굴의 이온변화 및 생장에 미치는 영향을 알아보기 위하여 여러 pH 수준의 인공산성비(pH 5.6, 4.5, 3.5, 2.5)를 결과는 다음과 같다.

인공산성비의 pH가 낮아질수록 토양 pH는 감소하였고, 목초액을 통한 토양 pH 개선 효과는 단기간 희석하여 처리하였기 때문에 적은 것으로 나타났다. 유기물 함량은 인공산성비 처리시 증가하였으나, pH 3.5 처리시 가장 높게 나타나 처리구간 유의성이 인정되지 않았다. 전 질소는 인공산성비 단독 처리구와 목초액 혼합 처리구 모두 증가하였고 유효인산은 pH가 낮을수록 증가하였으며, 음이온은 pH가 낮을수록 높은 값이 나타나 증가하는 경향이였다. 식물체의 성분은 인공산성비 처리에 의해 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>와 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>가 증가하였으며 목초액 처리구에서는 증가 폭이 감소하였다. 또한 양이온은 인공산성비의 pH에 따라 증가하는 경향이 나타났으며, 뿌리 보다는 잎에서 더 높게 나타났다. 인공산성비 처리와 목초액 처리간 이온농도 변화는 통계적 유의성이 없었다. 생장량 분석결과 인공산성비 처리 후 초기 낙엽으로 잎수는 현저히 감소되었으며, 수고 역시 작은 결과를 보였다. 또한 목초액처리구에서는 인공산성비 처리구에 비해 수고와 잎수가 감소하지 않았다.

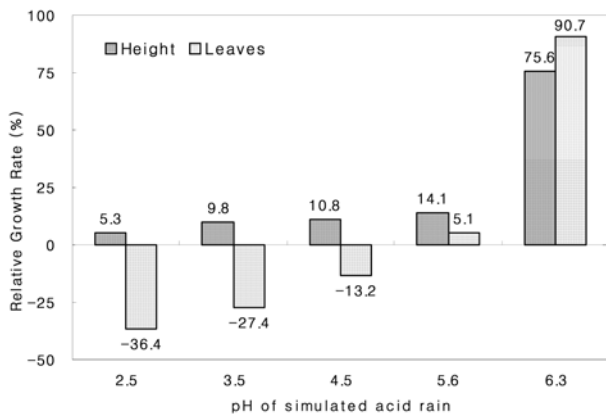


Figure 1. Change in growth of height and number of leaves of Lonicera japonica after SAR treatment. SAR : Simulated acid rain

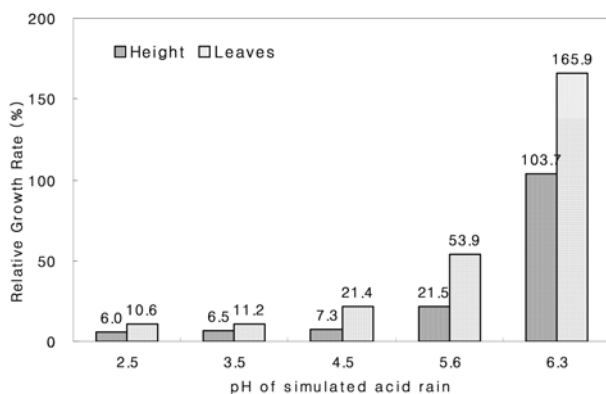


Figure 2. Change in growth of height and number of leaves of Lonicera japonica after SAR + WV treatment. SAR : Simulated acid rain, WV : Wood vinegar

위와 같이, 인공산성비가 인동덩굴에 미치는 영향은 토양 산성화에 따른 pH 저하, 양이온 용탈, 생육 저하, 조기 낙엽 등 생장에 영향을 미치는 것으로 나타났으나, 강산성 처리에서 고사현상은 없었다. 또한 목초액 처리는 토양의 양분 함량 증가로 인동덩굴의 생장에 긍정적인 효과가 있는 것으로 나타났다.

### 인용문헌

- 김광은, 박상범, 안경모. 1998. 숯과 목초액. 한림저널사. pp. 276.
- 농촌진흥청. 2000. 토양화학성분법(토양, 식물체, 토양미생물). 농업기술연구소. pp. 450.
- 농촌진흥청. 농업과학기술원. 2000. 유기·자연농업 활용자재의 특성 및 효과검정. pp. 35-40.
- 목초연구회. 1996. 감농약-숯과 목초액으로-. pp. 24-28.
- 민일식, 오기환. 2000. 목탄 및 목초액 처리가 식물생장 및 토양에 미치는 영향. 중부대학교 자연과학연구논문집. 9: 47-61.
- 박봉규, 이인숙, 최형선. 1983. 서울시에서의 산성강우에 대한 연구. 한국생활과학연구논문집. 32: 197-142.
- 박현준. 2000. 목초액의 요소분해, 질산화작용 저해물질 탐색 및 저해 mechanism 규명. 서울대학교 석사학위논문. pp. 68.
- 서울시정개발연구원. 1994. 소음방지대책수립에 관한 연구. 서울특별시. pp. 425.
- 안경모. 1998. 목질탄화물의 성분이용. 목포대학교 심포지엄. pp. 11-57.
- 이재석, 김정숙. 1994. 산성비가 몇가지 초화류 종자의 발아에 미치는 영향. 한국환경농학회지 13(2): 169-174.
- 이재석, 이영선, 최명자, 이경희. 1996. 산성비 처리가 과꽃의 종자발아와 생육에 미치는 영향. 한국원예학회지 137(3): 455-461.
- 이중은. 2004. 목초액이 작물생육과 토양화학성 변화 및 퇴비화에 미치는 영향. 충남대학교 석사학위논문. pp. 98.
- 정용문. 1987. 인공산성우가 잣나무 유묘의 생장, 엽내 함유성분 및 토양의 화학적 성질에 미치는 영향. 한국임학회지 76(1): 33-40.
- 정태건, 소재현, 이은정, 전기성. 1999. 방음벽 녹화를 위한 덩굴식물 활용성 연구. 한국환경복원녹화기술학회지 2(1): 72-82.
- 최호진. 1990. 인공산성비가 콩, 들깨의 초기생장 및 토양 특성에 미치는 영향. 고려대학교 석사학위논문. pp. 35.
- 환경부. 2007. 대기환경연보. pp. 223.
- Adams, C.M. and Hutchinson, T.C. 1984. A comparison of the ability of leaf surfaces of three species to neutralize acidic rain drops. New Phytologist 97: 463-478.
- Bisessar, S., Palmer, K.T., Kuja, A.L. and Lizon, S.N. 1984. Influence of simulated acidic rain on bacterial speck of tomato. Journal of Environmental Quality 13: 18-22.
- Evans, L.S. 1982. Biological effects of acidity in precipitation on vegetation: A review. Environ. Environmental and Experimental Botany 22: 155-169.
- Evans, L.S. and Curry, T.M. 1979. Differential response of plant foliage to simulated acid rain. American Journal of Botany 66: 953-962.
- Evans, L.S., Gumur, N.F. and Mancini, D. 1982. Effects of simulated acid rain on yields of *Raphanus sativus*, *Lactuca sativa*, *Triticum aestivum*, and *Medicago sativa*. Environmental and Experimental Botany 22: 445-453.
- Evans, L.S. and Thompson, K.H. 1984. Comparison of experimental designs used to detect change in yield of crops exposed to acidic precipitation. Comparison of experimental designs, Agronomy Journal 76: 81-84.
- Evans, L.S., Lewin, K.F. and Patti, M.J. 1984. Effects of simulated acidic rain on yields of field-grown soybeans. New Phytologist 96: 207-213.
- Ferenbaugh, R.W. 1976. Effects of simulated acid rain on *Phaseolus vulgaris* L. (*Fabaceae*). American Journal of Botany 63: 283-288.
- Haines, B., Strfani, M. and Hendrix, F. 1980. Acid rani: threshold of leaf damage in eight plant species from a sotthern Appalachian forest succession. Water, Air, and Soil Pollution 114: 403-407.
- Huh, I.A., Chung, S.W., Bae, J.O., Koh, K.S., Choi, D.I., Lee, J.B., Lee, Y.M., Shin, J.S., Suh, M.H. 1992. A study on the assessment of damage by air pollution and acid rain(II-2) effect of SO<sub>2</sub> and simulated acid rain on *Pinus densiflora*-. Report of NIER. 14: 45-53.
- Irving, P.M. 1985. Modeling the response of greenhouse-grown radish plants to acid rain. Environmental and Experimental Botany 25: 327-338.
- Jun, S.J., Lee, G.H. and Sel, G.S. 1998. Pathogen, insect control in plants and apple, pear freshness maintenance by pyroigneous liquor. Natural Resources Research 1: 91-97.
- Kang, S.J., Oh, J.Y. and Chung, J.D. 1999. Changes of antioxidant enzyme activites in leaves of lettuce exposed to ozone. Journal of the Korean society for horticultural science 40: 541-544.
- Killham, K., Firestone, M.K. and McColl, J.G. 1983. Acid rain and soil microbial activity: Effects and their mechanism. Journal of Environmental Quality 12: 133-137.
- Kim, M.R. and Soh, W.Y. 1994. Growth response of *Ginko biloba* and *Pinus thunbergii* exposed to simulated acid rain. Journal of Integrative Plant Biology 37: 93-99.
- Kim, B.J., Park, S.D. and Lee, S.S. 1996. Crop performance soil chemical properies affected by amount of normal water after simulated acid rain. Korean Journal of Environmental Agriculture 15: 341-347.
- Kim, S.H., Choi, D.H. and Yun, H.B. 1999. Studies on the properties-use materials and effects of them on crop cultivation in organic-naturl farming system. National Institute of Agricultural Science and Trchnology. RDA. pp. 5-49.
- Rhyu, T.C. 1990. Changes of amounts of ions leached

- from soils and plants by simulated acid rain with different acidity. Seoul National University Master's dissertation. pp. 65.
35. Shortle, W.C. and Smith, K.T. 1988. Aluminum-induced calcium deficiency syndrom in declining red spruce. Science 240: 1017-1018.
36. Wilkländer, L. 1978. Leaching and acid dification of soils : Ecological effects of acid precipitation. Report of a workshop held at Gatehaus of-Fleet, Galloway 4-7 Sept. 1978. Central Elatricity Research Lab.
- 

(2010년 4월 5일 접수; 2010년 5월 6일 채택)