

## 7個 樹種의 잎의 pH水準別 處理에 따른 葉綠素 含量 및 浸出液 pH變化\*

禹鍾浩<sup>1</sup> · 安仁淑<sup>2</sup> · 朴龍求<sup>2</sup>

## Changes in Chlorophyll Contents of Leaves and pH of the Extracted Solutions from the Leaves of 7 Tree Species by pH Levels\*

Jong Ho Woo<sup>1</sup>, In Suk Ahn<sup>2</sup> and Young Goo Park<sup>2</sup>

### 요 약

산성우에 대한 수목 잎의 반응에 대한 기초연구로서 느티나무, 아까시나무, 상수리나무, 뽕나무, 은행나무, 잣나무, 소나무 잎을 대상으로 여러 가지 pH(pH 2.0~pH 6.0)수준 및 시간별로 처리하여 침출수의 pH와 잎의 엽록소 함량 변화에 대한 연구를 하였을 때 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 공시 수종의 잎을 pH 3.0~pH 6.0의 용액에 담그었을 때 처리 용액의 pH는 시간이 지남에 따라 수종별로 일정한 pH대로 변화하여 48시간 후에는 느티나무 pH 5.0~pH 5.5, 아까시나무 pH 5.5~pH 6.0, 상수리나무 pH 4.5~pH 5.0, 뽕나무 pH 5.5~pH 6.0, 은행나무 pH 3.5~pH 4.5, 잣나무 pH 3.5~pH 4.5로 바뀌어 갔다. 그러나 소나무의 경우에는 일정한 pH대를 파악할 수 없었다. pH 2.0용액을 처리하였을 때 느티나무, 아까시나무, 뽕나무에서 pH가 약간 상승하였고 다른 수종의 경우 거의 변화가 없었다.
2. 여러 가지 pH 용액 처리후 엽록소 함량 변화에 대한 실험에서 pH 2.0 용액 처리시 느티나무, 아까시나무, 뽕나무에서 엽록소의 함량이 감소었다. 한편, 다른 pH 수준에서는 엽록소 함량이 거의 일정하였다. 다른 수종들에 대한 다양한 pH 처리수준 및 처리 시간에 따른 엽록소 함량 변화가 거의 없었다.

이를 통하여 느티나무, 아까시나무, 뽕나무 잎의 산성우 pH 상승효과가 높은 것을 알 수 있었다.

### ABSTRACT

We conducted this study as a fundamental study on the response of various tree species against acid rain. The tree species used for this study were *Zelkova serrata*, *Robinia pseudoacacia*, *Quercus acutissima*, *Prunus serrulata*, *Ginkgo biloba*, *Pinus koraiensis* and *Pinus densiflora*. The leaves were examined for the pH changes by treatment time and the chlorophyll content into various pH solution *in vitro*. The results obtained were as follows :

1. When the leaves were immersed in the solution of various pH(pH 3.0~pH 6.0) levels, the pH were changed to species specific pH ranges as pH 5.0~pH 5.5 of *Z. serrata*, pH 5.5~pH 6.0 of *R. pseudoacacia*, pH 4.5~pH 5.0 of *Q. acutissima*, pH 5.5~pH 6.0 of *P. serrulata*, pH 3.5~pH

\* 接受 1997年 11月 7日 Received on November 7, 1997.

<sup>1</sup> 임업협동조합중앙회 임업기술훈련원 Training & Extension Service Center for Private Forest Management, N.F.-C.F. 207 Soonji-Ri, Habuk-Myeon, Yangsan-City, Gyeongsangnam-Do, 626-860 Korea.

<sup>2</sup> 경북대학교 임학과 Department of Forestry, Kyungpook National University, Taegu, 702-721, Korea.

4.5 of *G. biloba*, pH 3.5~pH 4.5 of *P. koraiensis* until 48 hours. However, in case of *P. densiflora*, it was difficult to find specific pH range of the species. *Z. serrata*, *R. pseudoacacia* and *P. serrulata* showed a little pH increasing by pH 2.0 solution treatment, while other species showed no change by the solution.

2. The amount of chlorophyll contents in *Z. serrata*, *R. pseudoacacia* and *P. serrulata* were decreased after immersing in the pH 2.0 solution. Chlorophyll content was almost constant in other pH levels. Other species showed almost constant chlorophyll contents in various pH levels and treatment time.

*Key words* : various pH solution, pH change, chlorophyll content.

## 서 론

산업 문명으로 인한 공해 산물들은 대기권 기상 요인들과 상호 복합적으로 작용하여 산성우 및 산성 낙하물(acid precipitation)을 생성하여 생태계를 교란시키고 있다(이수옥과 민일식, 1989). 이런 산성우 및 산성 낙하물은 토양을 오염시키게 되는데, 토양에 산성 물질이 과다하게 집적되어 산성화된 토양은 식물 생육의 필수양료인  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  등이 치환 용탈되어, 그 결과 알루미늄 등의 중금속 물질이 활성을 가지게 되어 나무 뿌리에 대한 독성 피해를 유발한다(이창근, 1987; Tyler 등, 1987). 대기오염으로 인한 영향은 임목의 성장 저하, 해충의 피해 증가, 종다양성의 변화 등(Binkley 등, 1994)이며, 이로 인한 결과는 임목의 생육을 저하시켜 생산성이 낮아지게 된다(김태욱 등, 1985).

우리 나라에서는 김태욱(1980)이 대기오염에 의한 산림 피해 및 그 대책을 논술한 바 있으며, 오중환 등(1983)은 대기중 아황산 가스 농도가 수목 생장에 미치는 영향을 연구하면서 대기 오염이 심한 지역에서 조림할 수 있는 수종을 선정한 바 있다. 박재주 등(1983)은 대기오염의 피해가 심한 지역일수록 출현종 수, 총 개체수, 종 다양도가 감소하고 수목의 성장이 그렇지 않은 지역에서 보다 더디게 됨을 보고하였다. 김갑태(1988)는  $SO_2$  내성 수종 선발을 위한 연구를 통하여 수종간에 완충능에 차이가 있음을 보고하였다. 김태욱 등(1982)과 김태욱 등(1985)은 환경오염지역에서 임목의 물질 생산이 저하됨을 보고하여 환경오염 지역에 식재할 수종 선정에 대한 신중한 고려가 필요함을 기술하고 있다. 또한 몇몇 연구들이 아황산가스 또는 산성우가 수목에 미치

는 영향에 대한 실험을 실시함으로써 수목의 환경오염에 대한 반응 및 앞으로의 예측을 하고자 하였다(김갑태, 1991; 1992; 정용문, 1988). 산성우가 내릴 경우 나무잎이 일차적인 완충능을 발휘하지 못할 경우 토양산성화가 발생(변재경 등, 1994)되나, 산성우에 대한 나무잎의 완충능은 수종간에 차이가 있으며 완충능이 낮은 수종은 토양산성화를 가속화시킬 것으로 생각되어(한심희와 이경준, 1997) 산성우에 대한 수목의 완충능이 심도있게 연구되어져서 기왕에 발생된 산성우문제에 대처하는 방안에 대하여 심도 있는 연구가 계속되어야 할 것으로 생각된다.

본 실험은 산성우가 발생하거나 발생할 수 있는 지역에 식재하여 산성우에 대한 일차적인 완충능을 발휘할 수 있는 수종을 선정하기 위한 기초연구로서 공시 수종별로 여러 가지 pH용액 처리에 따른 침출수의 pH 및 엽록소함량 변화를 처리 시간별로 조사하여 산성강우에 대한 수목잎의 반응을 조사하여 산성강우에 대하여 수목잎이 발휘하는 완충능을 연속적으로 파악하기 위하여 실시되었다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시재료의 조제 및 pH용액처리

NaOH로 pH를 7.0으로 맞춘 1차 증류수에  $H_2SO_4$ 와  $HNO_3$ 를 3:1로 섞은 용액을 첨가하여 pH 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 및 pH 6.0의 용액을 조제하였다. 1994년 8월에 경남 양산시 하북면 순지리 소재 임협중앙회 임업기술훈련원내 및 인근에서 생육하고 있는 나무로서 임령 15~20년된 느티나무, 아까시나무, 상수리나무, 뽕나무, 은행나무, 잣나무, 소나무로부터 건전한 잎을 채취하여 생중량 1g씩의 온전한 잎을 30ml짜리 plas-

tic vial(녹십자사 제품)에 넣고 여기에 30ml씩의 pH별 용액을 처리하여 뚜껑을 덮은 후 실온에서 1분, 1시간, 6시간, 12시간, 24시간, 48시간이 지난 후에 pH용액별로 공시 수종의 잎이 처리된 vial 내의 용액을 꺼내서 pH를 측정하였다. 모든 처리는 5반복하여 처리하였다.

**2. 엽록소 함량 변화 측정**

pH를 측정하기 위하여 처리 용액을 꺼낸 다음, 공시 수종의 잎은 유리 시험관으로 옮긴 후 엽록소를 추출하기 위하여 80% acetone 50ml로 처리하여 알루미늄 호일로 덮은 후 5℃의 냉장고에서 암상태로 1주일간 보관하였다. 저장중 엽록소의 파괴를 방지하기 위하여 소량의 MgCO<sub>3</sub>를 acetone용액에 첨가해 주었다. 일주일 후 추출된 엽록소가 포함된 acetone액을 꺼내서 Whatman #2 filter paper로 거른 후 분광분석기를 사용하여 663, 645nm에서 흡광도를 측정하여 엽록소 함량을 구하였다(Amon, 1949 ; Ross, 1974).

**결과 및 고찰**

**1. pH 용액의 처리에 따른 pH 변화**

느티나무를 이용한 pH 변화 실험에서 pH 2.0 용액을 처리하였을 때 시간에 따라 pH는 아주 완만하게 올라가는 경향을 보였다. pH 3.0에 처리하였을 때 pH는 시간이 경과함에 따라 높아져서 처리 24시간이 지났을 때 pH는 5.08이 되었다가 48시간이 지났을 때 pH 4.94가 되었다. pH 4.0의 용액에 처리하였을 때, 1분 후에 pH는 5.14였다가 1시간 후에는 5.27까지 올라간 후 점차 pH가 떨어지는 경향이었으나, pH 5.0 및 pH 6.0의 용액에 처리하였을 때 1분간 처리시 pH는 6.03, 6.61이었다가, 1시간 후에는 pH 5.43, 5.70로 떨어지고 이후 시간이 지남에 따라서 pH가 약간씩 떨어지는 경향을 나타냈다(Fig. 1). pH 3.0, 4.0, 5.0, 6.0의 처리구에서 처리 1분 후의 pH가 급격히 상승한 것은 잎 표면에 축적된 양이온 등에 의한 것으로 추측된다. 시간이 지남에 따라 pH 3.0, pH 4.0용액의 처리구에서는 시간에 따라 pH가 높아져 가고, pH 5.0, pH 6.0용액의 처리구에서는 처리 시간이 지남에 따라 pH가 떨어져서 일정한 pH대로 진행되어 가는 것을 볼 수 있었다.

아까시나무를 이용한 pH 변화 실험에서 pH

2.0 용액의 처리시 시간에 따른 pH 상승 효과는 높지 않았다. pH 3.00의 용액을 처리하였을 때, 1분 후에는 pH 3.08이었고, 1시간 후에는 pH 3.18, 6시간 후에는 pH 4.04, 12시간 처리 시에는 pH 4.44, 24시간 처리 후에는 pH 5.08, 48시간 처리하였을 때 pH 5.70으로 변화했다(Fig. 2). pH 4.00의 처리구에서는 시간이 지남에 따라 4.83, 4.56, 4.65, 4.89, 5.09, 6.06으로 대체로 pH가 높아져 갔다. pH 5.00의 처리구에서는 처리 1분후 pH가 상승하였다가 1시간 후에 pH가 떨어지는 경향을 보였으나 시간이 지남에 따라 다시 상승하였다. pH 6.00 용액에 아까시나무의 잎을 처리하였을 경우 처음에는 pH가 급격히 떨어지다가 다시 pH가 상승하여 pH 6.00 가까이 올라가는 경향을 보였다.

상수리나무를 이용한 실험에서 pH 2.0 용액을

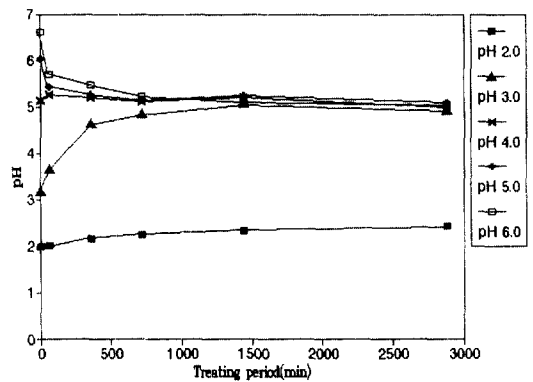


Fig. 1. The pH changes after dipping *Zelkova serrata* leaves into various pH solution.

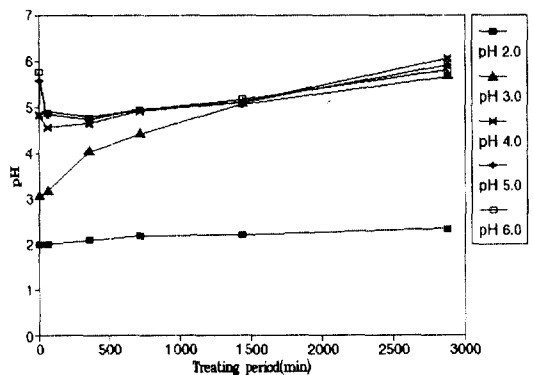


Fig. 2. The pH changes after dipping *Robinia pseudoacacia* leaves into various pH solution.

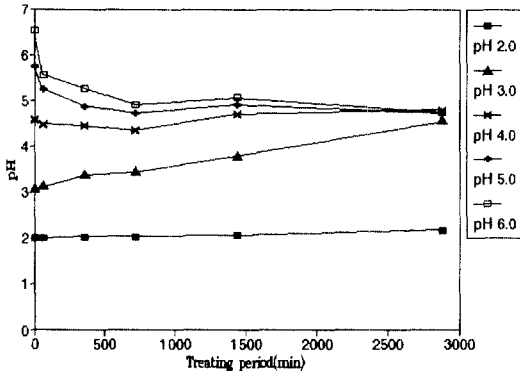


Fig. 3. The pH changes after dipping *Quercus acutissima* leaves into various pH solution.

처리하였을 때 pH는 48시간이 지났어도 거의 차이를 나타내지 않은 pH 2.17이었다(Fig. 3). pH 3.0을 처리하였을 때 pH는 처리 시간에 따라서 점차 높아져서 48시간 후에는 pH 4.56까지 상승하였다. 그러나 pH 4.0, pH 5.0 및 pH 6.0의 용액을 처리하였을 때 처리 1분 후에는 pH가 각각 4.57, 5.73, 6.52까지 높아졌다가 시간이 지남에 따라 pH 4.0의 처리에서는 약간의 차이를 보이면서 pH 4.7 근처를 유지하였지만 pH 5.0, 6.0의 용액의 처리에서는 pH가 떨어지는 경향을 나타내서 pH 4.0의 처리시 48시간 후에 도달한 것과 비슷한 pH 4.73, 4.74가 되었다. 이로 미루어 상수리나무는 pH 4.5~pH 5.07의 범위로 완충을 하는 것이 아닌가 하는 추측을 하게 하였다.

벚나무를 이용한 pH 변화 실험에서 pH 2.0의 처리구에서 시간이 경과함에 따라 pH는 거의 변하지 않았으나 pH 3.0의 처리에서 pH는 시간에 따라서 점차 높아져서 48시간이 경과하면서 pH 5.39가 되었다(Fig. 4). 그러나 pH 4.0, 5.0, 6.0의 용액의 처리구에서 벚나무 잎은 1분 경과 시 각각 pH 5.41, 5.88, 6.13이 되었다가 시간이 지남에 따라서 떨어진 후 다시 상승하였으며, 48시간이 지난 후에는 pH가 각각 5.74, 5.56, 6.07이 되었다. 벚나무의 경우 완충 pH 범위가 pH 5.5~pH 6.0 사이인 것으로 추측되었다.

은행나무 잎을 이용한 pH별 용액의 pH 변화 실험에서 pH 2.0 용액을 처리하였을 경우 48시간 후에 pH 2.18까지 올라갔으며, pH 3.0을 3.88까지 상승시켰다(Fig. 5). 그러나 pH 4.0, 5.0, 6.0의 용액의 처리에서 1분 후에는 pH 5.58,

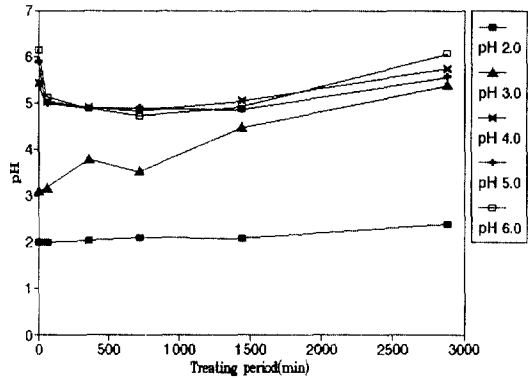


Fig. 4. The pH changes after dipping *Prunus serrulata* leaves into various pH solution.

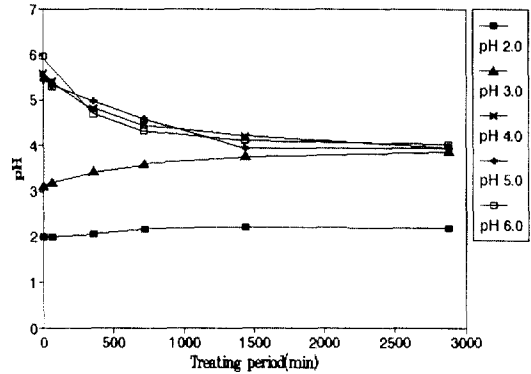


Fig. 5. The pH changes after dipping *Ginkgo biloba* leaves into various pH solution.

5.44, 5.95를 나타내었으나 시간이 갈수록 점차 pH가 떨어져서 48시간 후에는 각각 pH 3.97, 3.97, 4.02까지 떨어졌다. 은행나무의 경우 완충 pH 범위는 pH 3.5~pH 4.5로 공시 수종 중 가장 낮았다.

잣나무의 pH별 용액에 대한 pH 변화 실험에서 잣나무 잎은 pH 2.0 용액을 처리하였을 때 48시간 후에 pH 2.10 까지 상승시켰으며, pH 3.0의 용액을 pH 3.69까지 올라가게 하였다(Fig. 6). 또한 pH 4.0, 5.0, 6.0 용액의 처리에서 1분 후 각각 pH 4.66, 5.42, 6.07까지 pH를 나타내었지만, 그 후에 pH는 계속 떨어져서 48시간 후에는 pH 3.8, 4.48, 4.56까지 떨어지는 경향을 보여 처리 용액에 대한 pH 완충능이 뒤떨어지는 것을 알 수 있었다. 특히 pH 6.0의 용액을 처리하였을 때 시간별로 pH를 떨어뜨리는 것과, pH

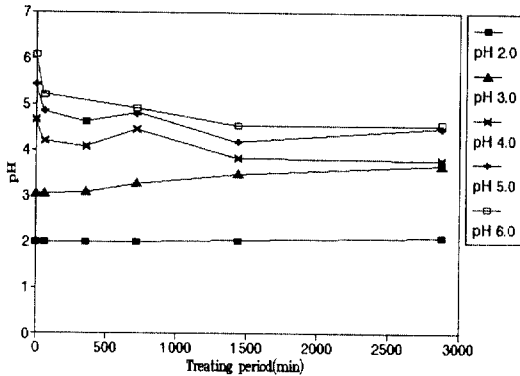


Fig. 6. The pH changes after dipping *Pinus koraiensis* leaves into various pH solution.

range가 일정한 방향으로 진행되는 것으로 보아 잣나무의 완충 pH 범위는 pH 3.5~pH 4.5인 것으로 생각되었다.

소나무의 pH별 용액의 pH 변화 실험에서 잣나무와 유사한 경향을 보였는데, pH 2.0, pH 3.0 용액을 처리하였을 때 48시간이 지난 후 pH는 각각 2.05, 3.19에 불과하였고, pH 4.0, 5.0, 6.0의 용액을 처리하였을 때 1분이 지난 후 pH는 4.55, 5.65, 6.48이 되었으나 그 후 점차 pH가 떨어져서 48시간 후에는 각각 4.12, 4.54, 4.54가 되었다(Fig. 7). 다른 공시 수종과는 달리 소나무에 있어서는 pH 3.0의 용액을 처리하였을 때 pH 변화가 거의 없었고, pH 4.0, 5.0, 6.0의 처리 용액의 시간별 pH 완충능도 뒤떨어지는 점으로 미루어 보아 소나무의 pH 완충능이 공시 수종 중 가장 뒤떨어지는 것을 알 수 있었다. 때문에 소나무의 완충 pH 범위는 판단하기 어려웠다.

잎을 이용한 pH 변화 실험에서 pH 2.0의 인공 산성 용액을 처리하였을 때, 느티나무, 아까시나무 및 뽕나무에서 시간이 지날수록 pH를 약간씩 높여 갔지만 그 효과는 미미하였다. 그 이유는 pH 2.0은 강산성 용액으로 이 수준은 식물이 pH를 변화시킬 수 있는 생리적 완충 한계를 넘었기 때문으로 생각되었다. 그러나 느티나무, 아까시나무 및 뽕나무에 있어서 다소간 pH가 상승한 것으로 보아 이들 수종의 산성우pH 중화능이 뛰어난 것으로 추측되었다. pH 3.0의 인공 산성 용액 처리에서 느티나무, 아까시나무, 뽕나무 잎은 시간이 지남에 따라 pH를 꾸준히 상승시키는 경향을 나타냈고, pH 4.0의 처리에서 느티나무, 아까시나무, 뽕나무의 잎이 pH를 상당한 정도까

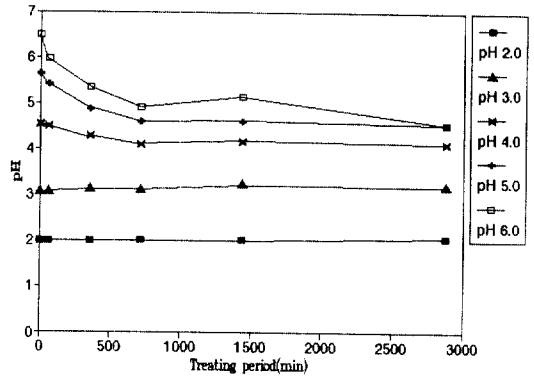


Fig. 7. The pH changes after dipping *Pinus densiflora* leaves into various pH solution.

지 상승시켰으며 상수리나무 잎은 약간 저조하였다. 몇몇 수종에 있어서 pH 4.00, pH 5.00, pH 6.00의 용액을 1분간 처리시 pH가 높아진 것은 잎표면에 축적된 양이온이 용출되면서 일시적으로 처리 용액의 pH를 높인 것으로 생각된다. 그러나 1시간 처리한 후부터 pH가 떨어지거나 높아지면서 수종별로 일정한 pH 대로 변화해 간 것은 세포질의 유출(김갑태, 1989) 및 세포질 유출시 식물체 내의 생리적 안정을 위해 존재하고 있는 pH 완충 물질이 기공 및 잎을 채취할 때 생긴 엽병의 상처를 통하여 같이 유출되어 pH별 처리 용액의 pH를 변화시켰기 때문인 것으로 생각되었다(Perrin과 Dempsey, 1974; 강영희 등, 1988). 본 실험 결과 느티나무, 아까시나무, 뽕나무가 높은 pH 완충능을 가지고 있는 것으로 추측되었다.

## 2. 엽록소 함량 변화

pH별 용액 처리 후 공시 수종의 엽내 엽록소 함량 변화 추이를 조사하여 잎의 pH 완충능과 엽록소 함량과의 관계를 분석한 결과, pH 2.00 용액의 처리구에서 느티나무에서는 24시간 후에 chlorophyll b의 경우 처음보다 1/3까지 떨어졌고 chlorophyll a+b의 경우 1/2까지 떨어졌다. 아까시나무의 경우 6시간 후부터 chlorophyll b, a+b의 함량이 약간씩 떨어졌고, 상수리나무의 경우 48시간 후에 약간씩 떨어졌다. 뽕나무의 경우에도 48시간 후 엽록소 b, a+b의 함량이 약간씩 떨어졌으나 다른 수종에 있어서는 pH 2.00 용액의 처리에 있어서 엽록소 함량 감소가 별로 없었다. pH 3.0, 4.0, 5.0, 6.0의 처리에 있어

Table 1. Chlorophyll content(Mean) of leaves by pH levels and treating period after dipping into various pH solution.

pH	Time(min)	<i>Zelkova serrata</i>		<i>Robinia pseudacacia</i>		<i>Quercus acutissima</i>		<i>Prunus serrulata</i>		<i>Ginkgo biloba</i>		<i>Pinus koraiensis</i>		<i>Pinus densiflora</i>								
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b							
2	1	0.27	0.34	0.61	0.27	0.36	0.62	0.26	0.38	0.64	0.26	0.25	0.52	0.17	0.12	0.29	0.06	0.04	0.10	0.04	0.03	0.07
2	60	0.27	0.32	0.59	0.27	0.33	0.59	0.27	0.36	0.63	0.27	0.28	0.54	0.19	0.16	0.36	0.05	0.04	0.09	0.04	0.03	0.07
2	360	0.27	0.28	0.56	0.27	0.26	0.54	0.26	0.40	0.66	0.27	0.27	0.54	0.20	0.17	0.38	0.06	0.04	0.10	0.02	0.02	0.05
2	720	0.27	0.24	0.51	0.28	0.25	0.52	0.27	0.33	0.59	0.27	0.28	0.55	0.18	0.13	0.30	0.05	0.04	0.09	0.04	0.03	0.07
2	1440	0.23	0.09	0.33	0.28	0.24	0.52	0.26	0.36	0.63	0.27	0.24	0.51	0.25	0.11	0.35	0.04	0.04	0.08	0.03	0.03	0.06
2	2880	0.27	0.11	0.37	0.28	0.24	0.52	0.27	0.34	0.60	0.27	0.18	0.45	0.25	0.10	0.35	0.06	0.04	0.10	0.05	0.03	0.08
3	1	0.27	0.35	0.61	0.26	0.38	0.65	0.26	0.39	0.65	0.27	0.26	0.52	0.13	0.11	0.24	0.05	0.04	0.09	0.05	0.04	0.09
3	60	0.27	0.30	0.57	0.26	0.37	0.63	0.26	0.38	0.65	0.27	0.29	0.56	0.13	0.11	0.24	0.06	0.05	0.11	0.04	0.03	0.07
3	360	0.27	0.30	0.57	0.27	0.36	0.62	0.26	0.39	0.65	0.27	0.28	0.55	0.13	0.11	0.24	0.06	0.05	0.11	0.05	0.04	0.09
3	720	0.26	0.36	0.63	0.27	0.36	0.62	0.27	0.35	0.62	0.27	0.30	0.57	0.16	0.13	0.28	0.04	0.05	0.09	0.04	0.03	0.07
3	1440	0.27	0.32	0.59	0.26	0.37	0.63	0.26	0.38	0.64	0.27	0.29	0.56	0.19	0.14	0.33	0.04	0.05	0.09	0.05	0.03	0.08
3	2880	0.27	0.33	0.59	0.27	0.34	0.60	0.26	0.39	0.65	0.27	0.32	0.59	0.24	0.19	0.43	0.06	0.04	0.09	0.04	0.03	0.07
4	1	0.27	0.29	0.56	0.26	0.38	0.64	0.27	0.36	0.63	0.27	0.27	0.53	0.10	0.10	0.20	0.05	0.04	0.09	0.04	0.03	0.08
4	60	0.27	0.30	0.57	0.26	0.38	0.64	0.26	0.39	0.65	0.27	0.28	0.55	0.16	0.13	0.28	0.06	0.05	0.11	0.04	0.04	0.08
4	360	0.27	0.30	0.57	0.26	0.38	0.64	0.27	0.36	0.62	0.27	0.30	0.57	0.14	0.12	0.26	0.05	0.03	0.08	0.05	0.04	0.09
4	720	0.26	0.37	0.63	0.26	0.37	0.64	0.26	0.38	0.64	0.27	0.28	0.54	0.14	0.12	0.26	0.04	0.05	0.09	0.04	0.03	0.07
4	1440	0.27	0.27	0.54	0.26	0.37	0.64	0.27	0.35	0.62	0.27	0.30	0.57	0.18	0.14	0.32	0.05	0.04	0.09	0.03	0.03	0.06
4	2880	0.27	0.35	0.61	0.26	0.38	0.65	0.27	0.35	0.62	0.27	0.31	0.57	0.23	0.16	0.39	0.05	0.05	0.10	0.05	0.04	0.09
5	1	0.27	0.32	0.58	0.26	0.38	0.64	0.26	0.37	0.63	0.27	0.27	0.54	0.18	0.16	0.33	0.06	0.04	0.10	0.04	0.03	0.07
5	60	0.27	0.31	0.58	0.26	0.38	0.64	0.26	0.38	0.65	0.27	0.31	0.58	0.21	0.16	0.37	0.06	0.05	0.12	0.04	0.04	0.08
5	360	0.27	0.35	0.62	0.26	0.37	0.63	0.26	0.38	0.64	0.27	0.32	0.58	0.14	0.11	0.26	0.06	0.05	0.11	0.06	0.03	0.09
5	720	0.27	0.34	0.61	0.27	0.36	0.62	0.26	0.36	0.63	0.27	0.32	0.59	0.18	0.13	0.31	0.05	0.05	0.10	0.03	0.03	0.06
5	1440	0.27	0.29	0.56	0.26	0.37	0.64	0.27	0.34	0.61	0.27	0.31	0.58	0.20	0.15	0.35	0.05	0.04	0.09	0.02	0.03	0.05
5	2880	0.26	0.36	0.63	0.26	0.37	0.64	0.26	0.38	0.64	0.27	0.35	0.62	0.25	0.20	0.45	0.07	0.05	0.12	0.04	0.04	0.08
6	1	0.27	0.30	0.57	0.26	0.39	0.66	0.26	0.38	0.64	0.27	0.29	0.56	0.13	0.12	0.25	0.06	0.05	0.11	0.04	0.04	0.07
6	60	0.26	0.20	0.46	0.26	0.39	0.65	0.27	0.36	0.63	0.27	0.28	0.54	0.15	0.12	0.27	0.04	0.05	0.09	0.06	0.04	0.09
6	360	0.27	0.34	0.61	0.27	0.36	0.62	0.26	0.38	0.65	0.27	0.34	0.61	0.13	0.10	0.23	0.05	0.04	0.09	0.02	0.03	0.05
6	720	0.27	0.35	0.62	0.27	0.36	0.63	0.27	0.35	0.62	0.27	0.28	0.55	0.16	0.13	0.28	0.05	0.04	0.10	0.03	0.03	0.06
6	1440	0.27	0.36	0.62	0.26	0.38	0.64	0.27	0.35	0.62	0.27	0.29	0.56	0.17	0.12	0.28	0.05	0.05	0.10	0.03	0.03	0.06
6	2880	0.27	0.32	0.59	0.26	0.38	0.64	0.26	0.39	0.65	0.27	0.32	0.59	0.25	0.21	0.46	0.05	0.04	0.10	0.04	0.03	0.07

서는 시간별 처리에 따른 엽록소의 함량 차이가 별로 없었다(Table 1).

엽록소 함량 변화에 대한 실험은 식물체의 생리적 손상 정도를 파악하는 기준으로 이용(김갑태, 1988)될 수 있어서 본 실험에 이용하였는데, 느티나무, 아까시나무, 상수리, 뽕나무에서 pH 2.0 용액을 처리하였을 때 처리 시간이 6~48시간이 지났을 때 chlorophyll b, chlorophyll a+b의 함량이 감소하였는데, 느티나무에서 그 경향이 심하였고 아까시나무, 상수리나무, 뽕나무에서는 그 정도가 조금 약하였으나, pH 상승 효과는 다른 공시 수종들 보다 컸다. 또한 본 실험에서 pH 3.0, pH 4.0, pH 5.0, pH 6.0 용액 처리구에서 시간에 따른 pH 변화와 관련된 엽록소 함량의 변화가 은행나무를 제외하고는 거의 없는 점과 엽록소 함량 변화가 뚜렷히 없으면서도 일정한 pH 완충대를 발견하기 어려웠던 소나무를 제외하고는 공시 수종 모두 생리 상태가 정상적이란 pH 3.0~pH 6.0의 강우를 수종별 특징적인 pH대로 완충할 수 있음을 추측할 수 있었다.

특이한 것은 은행나무의 경우 처리 시간이 길어질수록 엽록소 함량이 오히려 증가하였는데, 김갑태(1987)가 인공 산성우를 이용한 은행나무의 생장 저해에 관하여 실시한 실험에서 처리 산성우의 pH값이 낮을수록 처리 초기에는 엽록소 함량이 높았다는 보고를 한 것과 유사한 생리적 특성을 나타내고 있으나 본 실험의 경우 잎을 떼어 낸 후 실험을 실시하였기 때문에 일치한다고는 할 수 없으며, 그 생리적 원인에 대해서는 차후 상세한 실험이 필요한 것으로 생각된다.

### 결 론

본 실험은 산성 강우가 내릴 경우 수목의 잎이 완충능을 발휘하여 그 결과로 떨어지는 강우의 pH가 높아져서 토양 산성화를 어느 정도 방지할 수 있으며, 토양 산성화가 어느 정도 방지된 결과로 식생의 건전한 보전을 기할 수 있다는 가설 아래 수목의 잎이 가지는 산성우 pH 완충능과 그에 따른 피해를 파악을 하고자 실시되었다. 그 결과는 다음과 같다.

1. 여러 가지 pH 용액에 시간별로 잎을 담근 후 pH 변화를 조사하였을 때, pH 2.0 용액의 처리시 느티나무, 아까시나무, 뽕나무에 있어서 정도는 미약하지만 pH를 약간 상승시켰고,

소나무를 제외한 공시 수종 모두 pH 3.0~pH 6.0의 용액을 수종별로 일정한 pH대로 변화시켜 갔다. 그러나 이러한 pH 완충능을 일으키는 요인에 대해서는 잎표면에 축적된 양이온, 세포질 및 세포질 유출시 식물체 내의 생리적 안정을 위해 존재하고 있는 pH 완충 물질이 기공 및 잎을 채취할 때 생긴 엽병의 상처를 통하여 같이 유출되어 pH별 처리 용액의 pH를 변화시켰기 때문인 것으로 생각되었으며, 차후 상세한 연구가 계속되어야 할 것으로 생각되었다.

2. 여러 가지 pH 용액 처리후 엽록소 함량 변화에 대한 조사를 실시하였을 때, pH 2.0 용액 처리구에서 느티나무, 아까시나무, 뽕나무 잎의 엽록소 함량이 처리 시간에 따라 감소하였으며, 그 외의 처리구에서는 엽록소의 함량이 변하지 않는 경향을 나타내서, 은행나무 및 소나무를 제외한 공시 수종 모두 생리 상태가 정상적이란 엽록소 함량 감소를 동반하지 않고 pH 3.0~pH 6.0의 용액을 수종별로 특징적인 pH대로 완충할 수 있음을 추측할 수 있었다.

본 연구를 바탕으로 수종에 따른 산성우 pH 완충능의 차이가 있다는 점을 파악할 수 있었으며, 소나무나 잣나무와 같은 침엽수보다는 활엽수인 느티나무, 아까시나무, 뽕나무가 인공 산성용액 pH 완충능이 높은 것으로 나타났다. 나아가 이러한 점을 이용하여 도시 지역 및 공단 지역으로 산성우의 발생이 빈번한 곳의 조경목이나 조림목의 선정은 일차적으로 산성우 완충능이 높은 것을 선정하여 식재하여 토양산성화 방지를 꾀하는 것이 필요한 것으로 생각되었다.

### 인 용 문 헌

1. 강영희·권영명·김한집·심웅섭·이진범·홍영남 共譯. 1988. 식물생리학. 아카데미서적. 16pp, 190pp, 196pp, 217pp, 238pp, 240pp, 271pp, 280pp, 308pp, 441pp.
2. 김갑태. 1987. 인공산성우가 은행나무(*Ginkgo biloba* L.) 유묘의 생장, 생리적 특성 및 토양의 화학적 성질에 미치는 영향 II. 엽면적, 가지적 엽피해, 엽록소함량 및 엽조직의 광합성능. 한국임학회지 76 : 230-240.
3. 김갑태. 1988. SO<sub>2</sub>에 대한 내성수종의 선발

- 을 위한 기초연구 I. 엽조직 실험. 한국임학회지 77 : 223-228.
4. 김갑태. 1989. SO<sub>2</sub>에 대한 내성수종의 선발을 위한 기초연구 II. 인공산성우 및 산성연무처리실험. 한국임학회지 78 : 209-217.
  5. 김갑태. 1991. 인공산성우가 몇 침엽수종의 종자발아와 묘목생장에 미치는 영향. 한국임학회지 80 : 237-245.
  6. 김갑태. 1992. 인공산성우가 몇 수종의 종자발아, 유근생장 및 묘목생장에 미치는 영향. 한국임학회지 81 : 30-39.
  7. 김태욱. 1980. 대기오염에 의한 산림피해와 그 대책. 한국임학회지 49 : 67-77.
  8. 김태욱·이경재·박인협. 1982. 대기오염이 오동나무인공림의 물질생산에 미치는 영향에 관한 연구. 한국임학회지 58 : 8-16.
  9. 김태욱·이경재·박인협. 1985. 대기오염이 곰솔림의 물질생산에 미치는 영향. 한국임학회지 71 : 33-39.
  10. 박재주·김재봉·배정오·김동한·오재기·강덕희·박인협·이경재. 1983. 공단지역의 환경오염물질의 축적과 수목생장의 상관관계에 대한 조사연구. 국립환경연구소보고 49pp.
  11. 변재경·이원규·김진태·김태훈·김태욱. 1994. 인공산성우처리에 의한 토양의 피해특성(I). 임연연보 49 : 121-139.
  12. 오종환·채지석·이창근. 1983. 대기중 아황산가스농도가 수목생장에 미치는 영향. 임시연보 30 : 243-258.
  13. 이수욱·민일식. 1989. 대기오염 및 산성우가 삼림생태계의 토양산도 및 양료분포에 미치는 영향. 한국임학회지 78 : 11-25.
  14. 이창근. 1987. 대기오염과 산성우가 삼림생태계에 미치는 영향. 과기처 pp15-17.
  15. 정용문. 1988. 인공산성우가 소나무 및 개나리묘의 식물체내 함유성분에 미치는 영향. 한국임학회지 77 : 259-268.
  16. 한심희·이경준. 1997. 산성우에 의한 토양산성화에 대한 4개 수종의 완충능력과 수관으로부터 양료 용탈 변이. 한국임학회지 86 : 342-351.
  17. Aron, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplast. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol, 24 : 1-15.
  18. Binkley, D, Y.H. Son and Z.S. Kim. 1994. Impact of air pollution on forests : a summary of current situations. J. Kor. For. Soc. 83 : 229-238.
  19. Perrin, D.D. and B. Dempsey. 1974. Buffers for pH and Metal Ion Control. Chapman and Hall Ltd., London. 3pp.
  20. Ross, C.W. 1974. Plant Physiology Laboratory Manual. Wadworth Publishing Co., Belmont, California, U.S.A. 1-195pp.
  21. Tyler, G., D. Berggren, B. Bergkvist, U. Falkengren-Grerup, L. Folkesson and A. Ruhling. 1987. Soil acidification and metal solubility in forest of southern Sweden. page 347-359 in T.C. Hutchinson and M. Meema, ed. Effects of Atmospheric Pollutants on Forests, Wetlands and Agricultural Ecosystems. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.