

강원대 학슬림과 경춘가도(청평)변 잣나무 잎과 수피의 pH 및 수용성 황합량에 관한 연구

이상덕¹ · 김홍률² · 주영득³

¹국립환경연구원 대기화학과, ²경희대학교 임학과, ³강원대학교 산림자원보호학과
(2004년 5월 6일 접수; 2004년 7월 28일 수락)

A Study on the Leaf Acidity, Bark Acidity and Water Soluble Sulfur Contents of *Pinus Koraiensis* in Chuncheon and Cheongpyoung

Sang-Deok Lee¹, Hong Ryul Kim² and Yeoung-Teuk Joo³

¹Department of Atmospheric Chemistry, Nat'l Institute of Environmental Research, Korea

²Department of Forestry, Kyunghee University, Suwon, Korea

³Department of Forest Resources Protection, Kangwon Nat'l University, Chuncheon, Korea

(Received May 6, 2004; Accepted July 28, 2004)

ABSTRACT

This study investigated effects of water content in leaf, leaf acidity, bark acidity and water soluble sulfur contents by vehicle. The results were as follows: The average water content in *Pinus Koraiensis* leaves at Cheongpyoung and Chuncheon were 49% and 51% respectively. The average leaf acidity and bark acidity at Cheongpyoung and Chuncheon were respectively pH 4.8 and pH 4.9 in leaf, pH 5.3 and 5.4 bark. The average water soluble sulfur content in leaves showed a significant difference between Cheongpyoung and Chuncheon of 0.133% and 0.053% respectively.

Key words : *Pinus Koraiensis*, leaf acidity, bark acidity, water soluble sulfur contents

I. 서 론

현재 우리나라는 급격한 산업화와 도시화가 진행되면서 급속도의 변화를 경험하게 되었다. 이와 같은 변화 중 경제성장이나 소득증대와 같은 긍정적인 측면도 많았으나 공해의 발생과 같은 바람직하지 못한 결과들이 야기되었으며, 공해는 공기, 토양 그리고 물을 오염시키며 현재 우리의 생활에 어려움을 가중시키고 있다. 환경오염 문제는 비교적 명확한 원인을 규명하기 어려우며 대부분 복합적인 원인에 의해서 발생하게 된다. 또한 단시간에 오염의 결과가 나타나는 경우가 드물고 일정한 시간을 두고 환경을 악화시켜 궁극적으로 사람들의 생활에 심각한 영향을 미치게 된다.

특히 대기오염은 산업화가 급격히 진행되는 과거 수

십 년간 공업 단지를 중심으로 집중적으로 발생하였다. 그러나 산업화가 성숙되고 자동차 문화가 자리 잡게 되면서 자동차에 의한 대기오염의 심각성이 가중되고 있다. 이와 같은 특성을 단적으로 입증하는 것으로 과거에 대기오염은 산업단지 주변에 산업과 관련된 대기오염의 영향이 주를 이루었으나, 최근에는 도시지역에서 자동차 배기가스에 의한 오존을 비롯해 일부 대기오염물질이 증가 추세에 있어 이에 대한 대책 마련이 시급한 실정이다.

또한 산업 활동의 다양화와 자동차 등록대수의 증가로 인해 대기오염이 더욱 심화되고 있어서 일부도시를 제외하고는 항시 환경오염기준을 상회하고 있다. 현재 우리나라 자동차 등록대수는 2000년 9월부터 2000만대를 넘어서는 수준에 이르고 있어서 대기오염 중 자

동차에 의한 선 오염원이 차지하는 비중이 전체 오염원 중에서 상대적으로 크게 증가하고 있다. 이 선 오염원에 대한 오염도 평가 시 대상지역의 오염원이 독립적이기보다는 복합적인 현상이기 때문에 선 오염원에 의한 영향만을 별도로 실측하기가 어려운 실정이다. 그러므로 선 오염원에 대한 오염도 분석에는 모델에 의한 방법이 많이 이용된다.

대기오염 물질 중 이황산가스(SO₂)는 석탄, 석유를 연료로 하는 화력발전소, 자동차, 각종 난방시설, 정유공장, 코크스 공장, 황산 제조공장 등에서 배출되고 있는데 이러한 인위적 배출량이 자연적인 배출량보다 훨씬 많다.

현재 대기확산 모델은 주로 환경영향 평가, 대기오염피해지역의 파악, 유해물질 누출사고대책 등이 이용되고 있다. 특히 대도시의 오염 경보제 운영에 있어서 대형 고정 오염원은 조업시간이나 연료사용량과 관련한 배출량 규제를 통하여 통제가 용이하나, 선 오염원의 경우에는 오염원의 이동성으로 인하여 신속하고 정확한 예측이 어려울 뿐만 아니라 통제도 쉽지 않다. 전체 대기오염도의 평가 시 선 오염원에 대한 정확한 평가와 이에 따른 규제가 매우 어려운 역할을 한다. 그러나 이러한 모델은 현실적 제약과 여러 가지 가정 상태에서 복잡한 현상을 단순화한 것이기 때문에 실제 대기오염관리에 적용하는데 있어서 많은 문제점과 한계점을 가지고 있는 것이 사실이다. 이에 대기 확산모델을 실제 적용하기 위해서는 현실적 상황에 맞게 모델을 보정하고 검증하는 것이 필요하다. 특히 현재 환경영향평가 등에서 주로 이용되고 있는 선 오염원 예측모델이 실측조사와의 비교, 검토 없이 이용되고 있는바 이에 대한 검토를 통한 대기오염 영향을 정량적으로 파악할 수 있는 기법이 절실히 필요한 실정이다.

또한 급속한 산업발달에 의한 비료소비량과 교통량의 증가는 인간 뿐 만 아니라, 동식물에게까지 피해를 미치고 있고 대기 오염물질 중 대표적인 것은 황산화물, 질소산화물, 불화수소, 오존, 탄화수소 및 중금속류 등이다.

1970년대 국내에서 가장 심각했던 대기 오염물질은 이황산가스이었으나, 1990년대에 들어서면서 청정원료의 사용으로 이황산가스 문제는 줄어들고, 대신 급속한 자동차 보급으로 인하여, 대도시에서 여름철에 오존에 의한 대기오염이 심각한 수준에 달하고 있다. 오존주의보 농도인 0.12ppm 이상인 경우, 인간에 건강에도 영향을 미치지만 식물에게도 영향을 준다. 즉 현사시나무와 소나무의 경우 오존에 의하여 생리적 저해를 받음을 알 수 있다.

이황산가스에 의한 식물에 가시피해의 정도는 이황산가스 흡수량과 밀접한 관계가 있다. 일반적으로 이황산가스에 나타나는 식물피해는 그 발생과정으로 보아서 가시피해와 불가시피해로 나뉜다. Chlorosis, Necrosis 등과 같은 가시피해는 고농도의 가스에 의해서 단시간에 나타나는 급성피해와 저 농도로 장시간에 걸쳐 일어나는 만성피해로 나누어 생각할 수 있다. 엽내 유헴합량의 증가는 만성적 피해에서 뚜렷이 나타나며 급성피해에서는 그 증가가 뚜렷하지 않다.

따라서 본 연구에서는 경춘가도변의 청평과 강원대학교 학술림을 선정하여 이 지역에 있는 산림을 표본으로 엽중수분함량과 엽중산도, 수피산도 및 엽중수용성황합량을 조사하여 에서 배출되는 배기가스와의 연계성과 이들 수목의 생리적 환경성을 비교 분석하기 위한 기초자료 제공을 목적으로 하였다.

II. 재료 및 방법

2.1. 조사지 개황

본 연구의 조사지는 차량의 통행이 빈번하며, 산림지역을 관통하는 경춘가도변의 경기도 청평 지역과 비교적 청정지역인 강원도 춘천에 위치한 강원대학교 학술림의 잣나무 임분을 대상으로 2003년도 1년간 수행되었다.

경춘가도 청평 지역의 차량 통행량을 보면(Fig. 1), 1일 평균 18,446대의 차량이 통행하며, 이들 차량 중 휘발유 차량(가스 차량 포함)이 62%를, 경유 차량이

Table 1. Description of research stands.

Location	Species	Ages(yr)	DBH(cm)	Height(m)	Density (trees/ha)	Aspect
Cheongpyoung	<i>Pinus koraiensis</i>	21~22	16.5	10.7	850	SE
Experimental Forest	<i>Pinus koraiensis</i>	17~19	17.2	11.2	800	SE

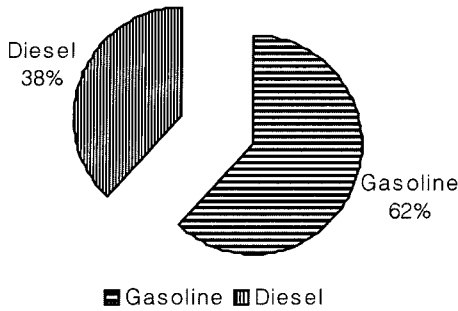


Fig. 1. Passing rate of gasoline vehicle to diesel vehicle.

32%를 차지하였다.

조사지역에서 반경 20km안에 있는 춘천지역(후평동)의 조사기간 동안의 강수량과 강우산도는 Fig. 2에서 살펴보았다.

조사기간 동안 내린 강우는 pH 5.5 수준의 중성을 보였으며, 8월에 집중적으로 많은 강수량을 보였음을 알 수 있었다.

2.2. 시료의 채취 및 분석

각 조사지에서 잎과 수피를 임의 채취하였다.

경기도 청평 지역의 경춘가도변과 강원도 춘천 지역의 강원대학교 학술림에서의 잣나무 임분을 대상으로

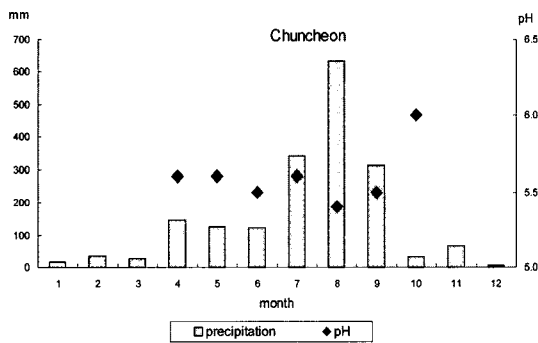


Fig. 2. Amount and pH value of precipitation in this study period.

하여 시료채취를 월별로 행하였다.

이와 같은 방법으로 채취한 시료는 즉시, 밀봉 분류하여 portable ice box에 담아 실험실로 운반하였다. 운반한 시료를 조사지, 개체목별로 구분하여 잎과 가지, 수피로 기관별 분류를 하였다. 이런 시료를 대상으로 엽중수분함량과 산도, 수피산도 및 수용성황함량을 조사 분석하였다.

2.2.1. 엽중수분함량

엽중수분함량은 일정양의 잎을 채취하여 생중량을 측정 한 후에 항온건조기(Drying Oven)에서 80°C로 5시간 동안 건조시켜 건중량을 측정하여 잎의 수분함량을 계산하였다.

2.2.2. 엽중산도

엽중산도는 시료 중 잎을 잘 섞어 고루 채취하여 건조시킨 후 파쇄 하였다. 그 중 2g을 증류수 10ml와 혼합하여 24시간 진탕하고, pH meter로 3회 반복 측정 후 산술평균한 값을 취하였다.

2.2.3. 수피산도

수피산도는 각 시료의 수피를 건조하여 두께 약 1mm로 박편 하여 엽중산도의 분석방법과 동일한 방법으로 수행하였다.

2.2.4. 엽중수용성황함량

엽중수용성황함량은 중량법(작물분석위원회 편, 1975)에 의하여 정량 분석하였다. 파쇄시료 4g을 250ml volumetric flask에 넣고 증류수 200ml를 가하여 Shaker에서 1시간 수평 진탕한 후 250ml까지 증류수를 부어 여과하였다. 여과액 200ml를 beaker에 옮겨, HNO₃ 몇 방울을 적정하여 Hot Plate에서 10~15ml까지 농축하고, 다시 HNO₃ 5ml를 가해 15분간 방치한 후 증류수로 100ml까지 fill up 하여 BaCl₂를 과량 가해 침전을 형성시켰다. 침전된 용액은 다시 여과하여 건조한 다음 미리 중량을 측정한 도가니에 넣어 600°C로 탄화하여 중량을 측정하였으며, 여기에 탄화시키기 전의 도가니 중량을 감산하여 BaSO₄의 무게를 구하였다.

수용성 황의 농도는 다음 식에 의하여 계산하였다.

Table 2. Seasonal changes of water contents(%) in leaf.

Location	Spring	Summer	Fall	Winter
Cheongpyoung	48.7 ± 2.08	52.7 ± 1.53	49.3 ± 2.31	45.3 ± 1.53
Experimental Forest	49.7 ± 2.89	55.7 ± 1.53	50.7 ± 1.53	46.0 ± 1.00

$$S(\%) = 0.004294 \times W \quad (W : \text{The weight of BaSO}_4)$$

III. 결과 및 고찰

3.1. 엽중수분함량(water contents in leaf)

청평(경춘가도)과 학슬림의 계절별 엽중수분함량 (Table 2)과 월별 엽중수분함량(Fig. 3)은 다음과 같이 나타났다.

엽중수분함량은 두 지역 모두 여름 > 가을 > 봄 > 겨울 순으로 나타났으며, 월별로는 강수량이 많은 7월과 8월에 수분함량이 많음을 알 수 있었다.

지역별로 비교해보면 차량통행이 많은 경춘가도의 수분 함량이 학슬림에 비해 적게 나타나고 있다. 이러한 결과는 chamber 내에서 묘목에 SO₂ 가스의 농도를 다르게 처리하며 실험한 결과 높은 농도에서 낮은 엽중수분함량을 나타낸다는 실험 결과(Lee, 2002)를 볼 때 경춘가도변의 청평지역이 학슬림보다 SO₂ 가스 농도가 높음에서 기인한다고 사료된다. 그러나 두 지역의 연평균 엽중수분함량이 청평 49%, 학슬림 51%를 나타내는 것으로 보아 현저한 차이를 찾아볼 수는 없었다.

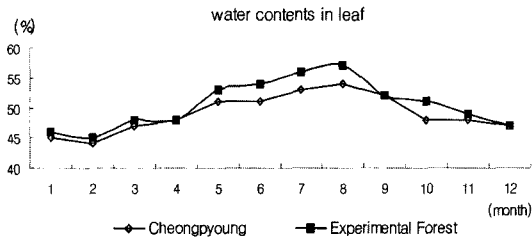


Fig. 3. Monthly changes of water contents in leaf.

3.2. 엽중산도(leaf acidity)

Table 3과 Fig. 4는 청평(경춘가도)과 학슬림의 계절별, 월별 엽중산도를 나타낸 것이다.

엽중 pH는 두 지역 모두 여름에 높은 pH를 보였으며, 지역별로는 학슬림보다 차량통행이 많은 경춘가

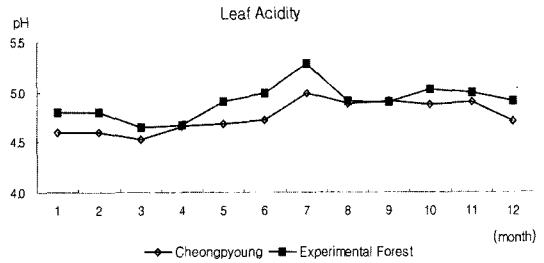


Fig. 4. Monthly changes of leaf acidity.

도변의 수목에서 pH값이 대체로 낮게 나타났으나, 4월과 8,9월에는 그 차이가 크게 나타나지 않고 있다. 이러한 결과는 SO₂ 가스의 농도가 높은 농도에서 낮은 엽중pH를 나타낸 실험 결과(Lee, 2002)와 같은 결과를 보이고 있다.

계절별 비교에 있어서는 난방이 많아지는 겨울철에 이황산가스와 질소산화물의 영향으로 pH의 수치가 낮아짐을 볼 수 있었고, 다른 계절에 비해 여름철에 pH가 높은 수치를 보였는데, 이는 강수량이 영향을 미친 것으로 사료된다.

3.3. 수피산도(bark acidity)

Table 4와 Fig. 5는 청평(경춘가도)과 학슬림의 수피산도를 계절별, 월별로 나타낸 것이다.

경춘가도변의 수목의 경우 3월에 pH 4.96으로 가장 낮았으며 11월이 pH 5.52로 가장 높았다. 학슬림의 경우 7월에 pH 4.96으로 가장 낮았으며 4월이

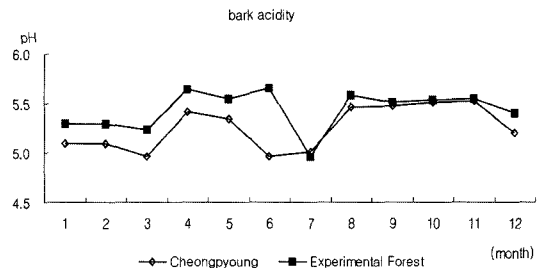


Fig. 5. Monthly changes of bark acidity.

Table 3. Seasonal changes of leaf acidity.

Location	Spring	Summer	Fall	Winter
Cheongpyoung	4.6	4.9	4.9	4.6
Experimental Forest	4.7	5.1	5.0	4.8

Table 4. Seasonal changes of bark acidity.

Location	Spring	Summer	Fall	Winter
Cheongpyoung	5.2	5.4	5.5	5.1
Experimental Forest	5.5	5.4	5.5	5.3

pH 5.64로 가장 높았다. 지역별로는 엽중산도와 마찬가지로 학술림보다 경춘가도변의 수목에서 낮은 pH를 나타내고 있어 수피 표면에 침착된 대기오염물질이 pH에 영향을 미친 것으로 사료된다.

3.4. 엽중수용성황합량

(water soluble sulfur contents in leaf)

Table 5와 Fig. 6은 청평(경춘가도)와 학술림의 계절별, 월별 엽중수용성황합량의 결과를 나타낸 것이다.

차량통행이 많은 청평(경춘가도변) 잣나무림의 잎의 수용성황합량이 학술림보다 높게 나타나고 있으며, 이는 Lee *et al.*, (1990)이 보고한 잎 속의 수용성황합량은 오염원으로부터의 거리가 가까울수록 더 많아진다는 일치함을 알 수 있었다.

계절적 비교에 있어서는 난방이 늘어나는 겨울철과 이른 봄에 잎이 함유하고 있는 수용성 황합량이 증가됨을 알 수 있었다.

식물 잎의 황합량은 수령, 계절, 토양특성에 따라 영향을 받아 여름에 비해 가을에 증가한다고 보고되었으며(Sourfield, G, 1960), 본 조사에서 청평(경춘가도변)에 위치한 잣나무 잎에서는 여름보다 가을에 높은 수용성황합량의 경향을 보였다. 그러나 학술림에 위치한 잣나무 잎은 도로변에서 떨어져 있고, 이 지역의 대기의 확산에 의한 대기 중 SO₂의 감소 등이 원인으로 가을보다 여름에 더 높은 수치를 나타냈다고 사료된다. 이는 Park *et al.* (1991) 여름보다 가을에 수용성황합량이 오히려 낮은 것은 은행나무가 도로변 안쪽에 심어져 이 부근에서 대기의 확산에 의한 대기 중 SO₂의 감소에 기인한다고 보고되어있다.

대도시의 대기 중 아황산가스의 농도는 자동차의 배기가스에 의해 많은 영향을 받으므로, 교통량과 대기

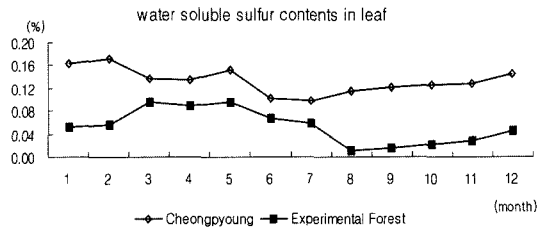


Fig. 6. Monthly changes of water soluble sulfur contents(%) in leaf.

중 아황산가스의 농도 간에는 밀접한 관련이 있다 (Chang *et al.*, 1993). 이와 같이 교통량은 대기 중의 아황산가스의 농도에 영향을 주고, 이는 경춘가도변의 잣나무 잎의 수용성황합량에 영향을 준다고 추정해 볼 수 있으며, 몇몇의 야외조사와 환경조절실에서의 실험적 연구(Kim *et al.*, 1987; Lee *et al.*, 1990; Chung *et al.*, 1991)에 의해 대기 중의 아황산가스의 농도와 낙엽의 수용성황합량 간에는 높은 정의 상관을 보이는 것으로 보고되었다. 본 연구에서는 조사지의 대기 중의 아황산가스 농도를 측정하지 못하여 통계적으로 유의성을 알아 볼 수 없었다.

IV. 적 요

본 연구는 환경이 다른 두 지역의 잣나무 잎과 수피를 채취하여 비교 분석, 자동차 배기가스와 수목의 관계 연구를 위한 기초 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

매월 경춘가도변의 청평과 강원대학교 학술림에서 잣나무 잎과 수피를 채취. 잣나무의 엽중수분함량, 엽중산도, 수피산도, 엽중수용성황합량을 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

Table 5. Seasonal changes of water soluble sulfur contents(%) in leaf.

Location	Spring	Summer	Fall	Winter	Yearly Mean
Cheongpyoung	0.142 ± 0.010	0.105 ± 0.009	0.126 ± 0.004	0.160 ± 0.014	0.133 ± 0.023
Experimental Forest	0.093 ± 0.003	0.046 ± 0.031	0.022 ± 0.007	0.051 ± 0.006	0.053 ± 0.030

1. 두 지역의 엽중수분함량을 비교해 보았을 때 학술림 잣나무 잎의 수분 함량이 다소 높게 나타났으나, 그 차이는 현저하지 않았다.

2. 엽중산도와 수피산도에 있어서는 경춘기도 잣나무림의 잎과 수피에서 산도가 다소 높은 것을 알 수 있었는데, 엽중산도는 pH 4.8과 pH 4.9, 수피산도는 pH 5.3과 pH 5.4로 현저한 차이는 보이지 않았다.

3. 엽중수용성황함량은 가장 뚜렷한 지역간 차이를 보였으며, 평균적으로 청평(경춘기도변)지역은 0.133%를 학술림은 0.053%의 수용성황함량을 나타냈다.

감사의 글

본 연구는 강원대학교 기성희의 지원을 받아 수행되었습니다.

인용문헌

작물분석위원회 편, 1975: 재배작물분석법. 양현당. pp.606.
Chang, N. K. et al., 1993: Relative estimation of air pollution by the water soluble sulfur content in the litters of *Platanus orientalis*. *Korean Journal of Ecology*. **16**(1), 27~37.(in Korean with English abstract)
Chung S. W., J. O. Bae, K. S. Koh, D. I. Choi, I. A. Huh, D. H. Kim, J. B. Lee, and Y. M. Lee, 1991: A study on the assessment of damage by gaseous air pollutants and acid rain(I-1) -Effects on tree vitality-, The Report of

National Institute of Environmental Research(13), 61~71.(in Korean with English abstract)
Kim J. B., S. W. Han, J. O. Bae, K. S. Koh, J. G. Kim, K. S. Hwang, M. S. Choi, D. H. Kim and H. S. Hong, 1987: Studies on the capacity of vegetation sink of pollutants(Studies on the capacity of tree sink of air pollutants). The Report of National Institute of Environmental Research(9), 219~229.(in Korean with English abstract)
Korea Meteorological Administration, 2003: Annual climatological report.
Lee B. H., J. O. Bae, S. W. Chung, E. S. Kim, K. S. Koh, I. A. Huh, D. H. Kim, J. B. Lee and B. J. Cha, 1990: A study on the evaluation and the prevention of damage to plant communities by air pollution(II) -A comparison of the structure and productivity of plant communities around industrial complexes and an unpolluted area-. The Report of National Institute of Environmental Research(12), 181~235.(in Korean with English abstract)
Lee, S. D., 2002: Effects of sulfur dioxide gas on *Ginkgo biloba*, *Prunus yedoensis* and *Ligustrum obtusifolium*. Master's Thesis, Graduate School of Kangwon National University .
National Institute of Environmental Research, 2003: Annual Report of Air Quality in Korea 2003.
Park J. S., M. S. Zong and S. H. Park, 1991: A relationship between atmospheric SO₂ concentrations and water soluble sulfur contents in *Ginkgo biloba* in Seoul. *Korean Journal of Environmental Health Society* **17**(1), 1~12.(in Korean with English abstract)
Sourfield, G., 1960: Air pollution and tree growth, *Forest Abstracts* **21**(3), 339~528.