

酸性降下物 被害豫想地域 山林土壤의 理化學的 特性과 酸性雨에 의한 이들 土壤의 化學性 變化

金東昊*, 林秀吉**, 李敏孝*

* 국립환경연구원 토양환경과

** 고려대학교 농화학과

요 약 문

산성강하물이 산림토양에 미치는 영향을 조사하기 위하여 오염이 우려되는 공단지역(울산, 여천)과 대도시지역(서울, 부산), 그리고 비오염지역인 대조지역(평창, 삼천포)을 대상으로 이들 지역의 산림토양의 특성을 조사하였다. 또한, 이들지역 각각을 대표할 수 있는 산림토양에 인공산성비를 유출시켜 토양의 화학적 성질의 변화를 조사한 결과는 다음과 같다.

- 조사지역별 토성분포는 일정한 경향을 보이지 않았으며, 전체 조사지역 토성은 양토(29.0%), 석양토(22.9%), 사양토(18.3%) 3종류가 분포율이 높았고, 이들이 전체의 70.2%를 차지하였다.
- 조사지역 전체 산림토양 표토의 pH(H₂O)는 4.41 ~ 5.14 범위로 평균 4.49이고, 심토의 pH(H₂O)는 4.54 ~ 5.22 범위로 평균 4.69이었다. 지역별로 보면 공단지역(4.44) < 대도시지역(4.57) < 대조지역(5.08) 순서로 토양 pH가 낮은 경향을 나타냈다.
- 염기포화도는 3.07 ~ 21.83% 범위이고, 평균값은 7.71%이었다. 지역별 비교에서는 대조지역(19.14%) > 공단지역(6.54%) > 대도시지역(5.60%) 순서로 높은 경향을 보였다.
- 치환성 Al함량은 2.13 ~ 5.59cmol(+)/kg 범위이고 평균 4.62cmol(+)/kg이었다. 지역별 비교에서는 대조지역(2.34) < 대도시지역(3.23) < 공단지역(5.20) 순서로 낮은 경향을 나타냈다.
- 4 종의 인공산성우(pH 2.0, 3.0, 4.0 및 5.6)를 산림토양에 유출시킨 결과 인공산성우의 유출량이 증가함에 따라 토양유출액의 pH 감소, 토양염기의 유실이 지속적으로 나타났고, Al과 Mn의 용탈량이 증가하는 경향을 나타내었는데, 이러한 현상은 pH 3.0 인공산성우 유출시에 시작되어 pH 2.0에서 뚜렷하였다.
- 인공산성우 토양유출 실험결과 울산, 남산 및 평창토양은 H 부하량의 증가에 따른 치환성염기 및 Al과 Mn의 용탈양상은 Sigmoid curve인 $y = a/(1+exp(-c+bx))$ 모델식에 따랐다.

1. 서 문

산성강하물은 주로 화석연료의 연소에 의해 대기중으로 방출된 황산화물과 질소산화물로 구성되어 있으며, 성상별로는 건성강하물과 습성강하물로 대별할 수 있다(大喜, 1989).

산성강하물의 토양에 대한 영향은 토양자체의 완충능력 때문에 느리게 나타나지만, 일단 토양이 산성화하여 식물에 피해를 줄 정도에 이르게 되면 다시 회복되는데 장구한 시간이 소요된다. 특히 산림토양은 비료와 석회 등을 사용하는 경작지 토양과는 달리 인위적인 손길이 닿기 어렵기 때문에 산성강하물량이 증가하여 토양이 산성화되면 산림의 황폐화를 조래할 수도 있다.

우리 나라에서는 주로 인공산성우 살포에 의한 식물피해 및 토양중 영양성분 동태 등에 관한 연구(김, 1987; 김과 김, 1988; 김, 1990; 최, 1990)가 이루어 지고 있으나 국토면적의 65% 이상을 차지하는 산림토양에 미치는 산성강하물에 대한 연구(민과 이 1990; 변 1993; 오 등 1989; 이와

민, 1989)는 일부 연구자들에 의해 수행된 바 있으나 부족한 실정이다. 더욱이 우리 나라 토양의 대부분은 모재가 산성암인 화강암 및 화강편마암이고, 양이온치환용량(CEC)이 작은 kaolinite가 주요 점토광물이므로 산성물질에 대한 완충능력이 낮아서 장기적인 산성강하물 투입에 의하여 토양이 산성화될 우려가 크다(조 등, 1990).

본 연구에서는 산성강하물에 의한 오염이 우려되는 공단지역인 울산과 여천, 대도시지역인 서울과 부산 그리고 비오염지역으로 대조지역인 평창과 삼천포지역의 산림토양특성을 조사하였고, 이들 지역을 대표할 수 있는 산림토양에 대한 인공산성우 유출실험을 통하여 토양내 염기 및 Al 등 토양화학적 특성의 변화를 알아보려고 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시토양

산성강하물에 의한 오염이 우려되는 공단지역으로 울산(82지점)과 여천(27지점), 대도시지역으로 서울(18지점)과 부산(3지점), 그리고 대조지역으로 강원도 평창(6지점)과 삼천포(9지점) 총 145개 각 조사지점에서 유기물층을 제거하고 표토와 심토로 구분하여 각각 1kg을 채취한 후 그늘에서 풍건시킨 다음 2 mm체를 통과하는 토양을 공시시료로 사용하였다(농업기술연구소, 1988).

2.2 토양시료 분석

토양화학적 분석은 pH(H₂O)는 토양과 증류수 비율을 1:5로 하여 유리전극으로 측정하였고, 유기물은 Walkley-Black법, 유효인산은 Bray No. 2법, 치환성염기(Ca, Mg, K, Na) 및 치환성 Mn 은 1N NH₄OAC(pH 7.0)로 침출하여 원자흡광 분석기로 측정하였다. 치환성 Al은 냉온 비색법으로 정량하였고, 有效黃은 calcium phosphate(500ppm-P)로 침출하여 比濁法으로 분석하였다. 치환성 H⁺는 치환성 염기정량시 1N NH₄OAC(pH 7.0)로 30분간 진탕 침출하고 여과(Whatman No.42)한 후 그 여액의 pH 감소량으로부터 구하였고, 치환성염기, 치환성 H⁺, 치환성 Mn 및 치환성 Al 량을 합하여 양이온치환용량으로 하였다(농업기술연구소, 1988).

토양의 입도분석은 토양중 유기물을 과산화수소로 분해하고, 5% sodium hexametaphosphate 로 분산시킨 후 Pipetting법을 사용하였고, 미농무부법에 따라 토성을 구분하였다(조 등, 1990).

2.3 인공산성비 조제

인공산성비의 화학조성비는 자연강우의 화학조성(강 등, 1991)을 근거로 하여 (NH₄)₂SO₄ 0.94g, Na₂SO₄ 0.96g, MgSO₄·7H₂O 0.71g, KNO₃ 0.54g, Mg(NO₃)₂·6H₂O 0.44g, CaCl₂·2H₂O 1.44g을 1 리터의 증류수에 녹여 고농도의 원액을 만들고, 토양에 유출시키기 하루전에 이 원액을 200배 희석되도록 증류수에 넣어 주고, 여기에 인공산성비 1리터당 황산과 질산 혼합원액(SO₄²⁻:NO₃⁻ = 3 : 1, w/w) 0.5ml, 황산과 질산 혼합원액의 10배 희석액 0.5ml, 그리고 황산과 질산 혼합원액의 100배 희석액 0.5ml 을 가해주면 각각 pH 2.0, 3.0, 4.0의 인공산성비가 제조되며, 또한 황산과 질산 혼합원액을 가해주지 않고 자연강우의 화학조성으로만 만들어준 pH 5.6 등 4개 수준의 처리구를 설정하였다.

2.4 인공산성비 토양유출 실험

플라스틱 원통형 포트(직경 : 10 cm)의 밑바닥에 4 겹의 Gauze 를 깔고, 그 위에 여지(Whatman No.1) 1 장을 놓은 후 각각의 공시토양 1kg 씩을 충전한 다음 토양의 상부를 18 겹의

Gauze로 덮었다.

인공산성비의 유출은 링겔세트를 통해 8 겹의 Gauze의 상부에 인공산성비를 약 0.28 cc/sec의 속도로 4시간 동안 점적하여 1 회 1 리터씩 2 일 간격으로 10 회 실시하였으며, 1회 유출시의 강우량은 127mm에 해당하였다. 수집된 유출액은 pH, 치환성염기(Ca, Mg, K, Na), Mn 및 Al을 매회 측정하였고, 이들 성분의 분석은 전술한 토양시료 분석방법과 동일하게 하였다.

3. 연구결과 요약

3.1 조사지역 산림토양의 이화학적 성질

- 조사지역별 토성분포는 일정한 경향을 보이지 않았으며, 전체 조사지역 토성은 양토(29.0%), 식양토(22.9%), 사양토(18.3%) 3종류가 분포율이 높았고, 이들이 전체의 70.2%를 차지하였다.
- 조사지역 전체 산림토양 표토의 pH(H₂O)는 4.41 ~ 5.14 범위로 평균 4.49이고, 심토의 pH(H₂O)는 4.54 ~ 5.22 범위로 평균 4.69이었다. 지역별로 보면 공단지역(4.44) < 대도시지역(4.57) < 대조지역(5.08) 순서로 토양 pH가 낮은 경향을 나타냈다.
- 전체 조사지역 산림토양의 염기포화도는 3.07 ~ 21.83% 범위이고, 평균값은 7.71%이었다. 지역별 비교에서는 대조지역(19.14%) > 공단지역(6.54%) > 대도시지역(5.60%) 순서로 높은 경향을 보였다.
- 조사지역 전체 산림토양 표토중 치환성 Al함량은 2.13 ~ 5.59cmol(+)/kg 범위이고 평균 4.62cmol(+)/kg이었다. 지역별 비교에서는 대조지역(2.34) < 대도시지역(3.23) < 공단지역(5.20) 순서로 낮은 경향을 나타냈다.

3.2 인공산성우에 의한 산림토양의 화학성 변화

- 4 종의 인공산성우(pH 2.0, 3.0, 4.0 및 5.6)를 산림토양에 유출시킨 결과 인공산성우의 유출량이 증가함에 따라 토양유출액의 pH 감소, 토양염기의 유실이 지속적으로 나타났고, Al과 Mn의 용탈량이 증가하는 경향을 나타내었는데, 이러한 현상은 pH 3.0 인공산성우 유출시에 시작되어 pH 2.0에서 뚜렷하였다.
- 인공산성우 토양유출 실험결과 울산, 남산 및 평창토양은 H 부하량의 증가에 따른 치환성염기 및 Al과 Mn의 용탈양상은 Sigmoid curve인 $y = a/(1+exp(-c+bx))$ 모델식에 따랐다.

참 고 문 헌

- 강인구의 12인, 1991, 대기오염과 산성비에 의한 피해조사 및 평가에 관한 연구 - 대기오염도 및 산성비 현황을 중심으로 -, 국립환경연구원보, 제 13권, p. 167~191
- 김갑태, 1987, 인공산성우가 은행나무 묘목의 생장, 물리적 특성 및 토양의 화학적 성질에 미치는 영향 I, 종자발아율과 생장, 한국임학회지, 76(2) : 99~108
- 김복영, 김규식, 1988, 농작물에 대한 인공산성비의 영향, 한국토양비료학회지, 제 21권 제 2호 : 161~167
- 김준호, 1990, 산성비-식물에 미치는 영향, 식물과 환경오염, 한국생태학회·한국식물학회, '90 심포지움 및 워크샵 : 3~33
- 농업기술연구소, 1988, 토양화학분석법
- 민일식, 이수옥, 1990, 인공산성우가 산림토양의 완충능에 미치는 영향, 한국임학회지, 79(4) : 376

- 변재경, 1993, 인공산성우 처리에 의한 산림토양의 완충능과 양분 용탈 특성, 건국대학교 석사학위 논문
- 오정환, 김영걸, 채지석, 이창근, 1989, 홍릉, 울산 및 평창지역 주변 임지의 강우 pH와 성분변화에 관한 연구, 임업연구원보, 제 38호 : 133~140
- 이수욱, 민일식, 1989, 대기오염 및 산성우가 산림생태계의 토양산도 및 양료분포에 미치는 영향, 한국임학회지, 79(1) : 11~25
- 조성진, 박천서, 엄대익, 1990, 삼정 토양학, 향문사
- 최호진, 1990, 인공산성비가 콩, 들깨의 초기 생장 및 토양특성에 미치는 영향, 고려대학교 석사학위논문
- Binkley D., Driscoll, C. T., Allen, H. L., Schoeneberger, P., McAvoy, D., 1989, Acidic Deposition and Forest Soil, *Springer-Verlag*, p. 110
- Bloom, P. R., and Grigal, D. F., 1985, Modelling soil response to acidic deposition in nonsulfate adsorbing soils, *J. Environ. Qual.*, 14, 489~495
- Cosby B. J., Hornberger, G. M. and Galloway, J. N., 1985a, Modelling the Effects of Acid Deposition : Assessment of a Lumped Parameter Model of Soil water and Streamwater Chemistry, *Water Resources Research*, Vol. 21, No. 1 p. 51~63
- 大喜多敏一, 1989, 酸性雨-生態系に與える影響, ゴルフア-綠化促進協力會, p. 8~24
- 大羽裕, 1990, 酸性降下物が土壤の化學性に及する影響と本邦土壤 酸中和能の評價, p. 113~131
- 環境廳酸性雨土壤植生影響研究會編輯, 1990, 酸性雨土壤植生への影響, 公害研究對策センター, p. 12~43
- 協孝介, 1988, 「自然土壤への酸性雨の影響」, 酸性雨-生態系に與える影響 (社) ゴルフア-の綠化促進協力會, p. 193~218
- 岡崎正規, 1990, 酸性雨に對する土壤の耐性, 人間環境系研究報告 G028-N11-01, p. 132~136
- 袴田共之, 1990, 酸性雨の土壤影響豫測, 酸性雨土壤植生への影響, 公害研究對策センター, p. 31~43