

# 온산공단 주변 산림토양의 화학적 성질

## Chemical Properties of Forest Soils in the Vicinity of Onsan Industrial Complex

박은희 · 문현식\* · 조민기 · 김종갑<sup>1</sup>

경상대학교 농업생명과학연구원, 경상대학교 산림과학부<sup>1</sup>

### I. 연구목적

최근 들어 고도의 산업화로 인한 화석연료의 수송급증과 광범위한 오염물질의 확산으로 공단지역에 인접한 산림의 경우 SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, O<sub>3</sub> 등과 같은 대기오염물질에 의해 생태계가 점차 파괴되고 있는 실정이다. 자연생태계를 파괴시키는 대기오염물질은 식물의 생식기관에 피해를 주어 식생에 직접적으로 영향을 미치기도 하고 토양의 산성화 및 산림의 쇠퇴를 초래하기도 한다. 산림생태계에 있어서 대기오염물질에 의한 지상부의 직접적인 피해와 토양 산성화에 따른 토양의 이차적인 반응도 중요한 의미를 가진다. 따라서 본 연구는 최근 들어 공업단지의 규모가 확대됨에 따라 기존 산림지역의 면적이 상대적으로 축소되고 각종 오염물질의 막대한 배출로 인한 환경오염이 심각한 사회문제로 대두되면서 산림생태계의 피해가 앞으로 심해질 것으로 예상되는 온산공단 지역을 대상으로 대기오염물질로 인한 산림토양의 화학적 성질의 변화를 파악하는 것이 목적이다.

### II. 재료 및 방법

본 조사는 공단지역으로 오염이 심한 경기화학1(이하 A), 경기화학2(이하 B), 공단주변지역인 오산(이하 C)과 오염물질의 영향이 미비하다고 판단되는 가지산(대조구로서 이하 D) 지역을 대상으로 하였다. 경기화학1(A) 지역은 과거 상층에 해송이 우점하고 있었지만 지금은 대기오염에 의해 쇠퇴되어 나지화된 지역이며, 경기화학2(B) 지역은 졸참나무, 해송, 노린재나무가 상층을 형성하고 있다. 오산(C) 지역은 해송과 밤나무가 상층을 구성하고 있으며, 가지산(D)은 참나무류를 중심으로 하는 낙엽활엽수림으로 환경오염에 의한 가시적인 피해를 현장조사 시 직접 확인할 수 없는 지역이었다.

각 조사지 산림토양의 A층을 대상으로 지역별로 7개의 토양시료를 2005년 6월에

채취하였다. 채취된 토양은 비닐 봉투에 밀봉하여 실험실로 운반하여 음건하였다. 분석 항목 중 토양 pH는 pH meter, 유기물함량은 Tyurin법, 전질소는 Kjeldahl법, 유효인산은 Lancaster법,  $Ca^{2+}$  과  $Mg^{2+}$ 은 EDTA적정법,  $K^+$ 과  $Na^+$ 은 염광분석법으로 측정하였다 그리고 알루미늄 함량은 Barnhisel과 Bertsch에 의해, 황 함량은 의 방법에 따라 정량하였다

### III. 결과 및 고찰

본 조사지역을 공단지역, 공단주변 지역과 비교적 청정한 지역(대조구)으로 구분하여 조사한 결과, 공단지역의 pH는 A지역이 4.1, B지역이 4.2, C 지역이 4.3 그리고 D 지역이 5.2로 나타나 공단지역에 가까울수록 산림토양의 pH는 강산성을 나타내는 경향이였다(Table 1) 공단지역으로부터 30km 정도 떨어져 비교적 오염물질의 영향이 적을 것으로 판단하여 대조구로 선정한 낙엽활엽수림의 토양 pH도 5.2로 나타나 우리나라 산림토양 A층의 평균 pH(5.48)보다도 낮은 것으로 분석되었다. 이것은 공단지역으로부터 상당한 거리에 떨어져 있는 산림에까지도 산성강하물이 장기간에 걸쳐 바람의 영향으로 확산, 집적됨으로 인해 나타나는 결과라고 추정된다. 유기물 함량은 A 지역과 B 지역이 각각 17.4%와 17.7%로 나타났으며 C 지역이 11.9% 그리고 대조구인 D 지역이 9.7%로 나타나 공단에 인접해 있는 A와 B 지역이 D 지역보다 약 2배 가까이 높은 것으로 분석되었으며 공단지역에 가까울수록 토양내 유기물 함량이 높은 것으로 나타났다(Table 1) 이처럼 일반 산림토양에 비해 공단지역이나 그 주변 산림토양의 유기물 함량이 높은 것은 토양 pH와 밀접한 관계가 있는 것으로 추정된다 전질소 함량은 A 지역이 1.58%, B 지역이 0.91%, C 지역이 1.03%, D 지역이 0.36%로 공단지역이나 공단주변 지역의 전질소 함량이 대조구에 비해 3배 이상 높은 것으로 나타났으며(Table 1), 우리나라 산림토양 A층의 평균 전질소 함량 0.19%보다도 아주 높은 것으로 분석되었다. 본 조사지역의 전질소 함량은 공단지역에 가까울수록 높은 함량을 나타낸 토양 유기물 함량과 밀접한 관계가 있는 것으로 보여진다 유효인산(Table 1)은 A 지역 19.4, B 지역 28.5, C 지역 47, D 지역 28g/mg으로 공단지역과 주변지역의 산림토양 중 유효인산 함량이 대조구보다 아주 높은 것으로 나타났다 산림토양 내 유효인산의 함량은 토양 pH나 유기물 함량과 밀접한 관계가 있으며 pH가 낮을 경우 인산의 난용성화에 기

인하여 유효인산의 함량이 낮게 나타나는 것으로 알려지고 있다. 공단지역에서 유효인산의 함량이 높게 나타난 것은 주변 화학비료 공장의 영향에 의한 것으로 추정되나 산림토양 중 인산의 거동에 대해서는 보다 세밀한 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

Table 1 Soil pH and contents of organic matter, total N and available P in the investigated sites

Site	pH(H <sub>2</sub> O)	SOM(%)	TN(%)	Available P(g/mg)
A	4.1(0.4)	17.4(1.42)	1.58(0.24)	19.4(3.21)
B	4.2(0.3)	17.7(2.61)	0.91(0.31)	28.5(2.34)
C	4.3(0.3)	11.9(1.57)	1.03(0.19)	4.7(0.48)
D	5.2(0.9)	9.7(1.34)	0.36(0.09)	2.8(0.17)

Table 2. Contents of exchangeable cation in the investigated sites

Site	Exch. cation(cmol <sup>+</sup> /kg)			
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>
A	0.7(0.16)	0.27(0.07)	0.19(0.06)	0.03(0.01)
B	0.5(0.12)	0.12(0.04)	0.24(0.04)	0.07(0.02)
C	2.3(0.38)	0.54(0.16)	0.52(0.09)	0.04(0.01)
D	8.8(2.28)	4.90(1.21)	1.42(0.28)	0.40(0.06)

조사지역의 Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> 및 Na<sup>+</sup>의 함량은 A 지역이 각각 0.7, 0.27, 0.19, 0.03 (cmol<sup>+</sup>/kg), B 지역 0.5, 0.12, 0.24, 0.07(cmol<sup>+</sup>/kg), C 지역 2.3, 0.54, 0.52, 0.04(cmol<sup>+</sup>/kg), 대조구인 D 지역 8.8, 4.9, 1.41, 0.4(cmol<sup>+</sup>/kg)으로 공단지역과 주변 지역의 치환성양이온 함량은 대조구 지역에 비해 아주 낮은 것으로 나타났다(Table 2) 공단지역의 낮은 치환성양이온 함량은 토양 pH가 저하되고 중금속 용해도가 증가되어 상대적으로 Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>과 같은 양이온의 용탈이 발생했기 때문인 것으로 판단된다.

각 조사지의 Al과 S 함량을 Fig. 1에 나타내었다 토양 내 Al 함량은 온산공단에 접해 있는 A와 B 지역이 각각 평균 369, 294(mg/kg), 공단 주변인 C 지역이 평균 179(mg/kg), 대조구인 D 지역이 평균 98(mg/kg)로 공단지역(A와 B 지역)은 주변

지역과 대조구에 비해 토양 중 Al의 함량이 아주 높게 나타났으며, 공단지역에서 외곽지역으로 갈수록 Al 함량이 점차 감소하는 경향이였다. 이처럼 공단과 주변지역의 산림토양 내 가용성 Al의 함량이 아주 높게 나타난 것은 토양 pH와 높은 상관성이 있는 것으로 추정된다. 식물생육에 필수적으로 요구되는 다량원소인 황의 각 조사지의 평균 함량은 A 지역이 75, B 지역이 62, C 지역이 38 그리고 D 지역이 19(mg/kg)으로 나타났다(Fig 1). 대조구인 D 지역에 비해 공단지역과 주변지역인 조사구는 2~4배 정도 황 함량이 높은 것으로 나타나 공단에서 배출되는 오염물질에 많이 포함되어 있는 황산화물의 지속적인 유입에 의한 것으로 판단된다

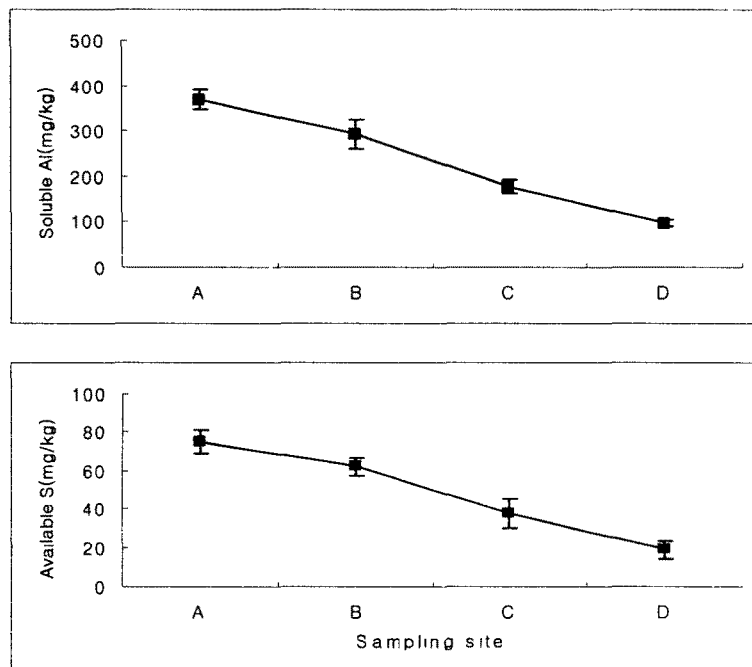


Fig. 1. Contents of Al(upper) and S(below) in forest soil in the vicinity of Onsan industrial complex