

## 1. 서 론

토양에 축적된 중금속은 농작물을 비롯한 식물성장에 영향을 미칠 뿐 아니라, 먹이연쇄를 통해 생태계의 다양한 영양단계로 전이되어 심각한 피해를 초래하게 된다(Turner 1973). 맹독성 중금속 중 Hg는 염화비닐공장, 산업폐수, 프라스틱제조 촉매제, 유기수은제 농약, 전기제품등 다양한 산업제품 제조과정에서 발생되며, 토양중에 0.04ppm 가량 함유되어 있어 생물농축현상에 의해 배추, 무, 시금치 및 당근에 각각 0.030, 0.054, 0.052 및 0.062ppm 축적되는 것으로 알려지고 있다(송 1986).

오염지에서 서식하는 내성 식물종과 축적된 중금속함량에 대한 연구는 날로 심각해지는 환경오염 문제에 접근하는 한 방법이 될 것이며, 이에 대한 연구들이 진행되어 왔다(Wong and Bradshaw 1982, Reeves and Baker 1984). 특히 나지나 파괴지에 출현하여 초기 천이과정을 주도하는 콩과식물의 생장에 대한 중금속의 영향과 식물체를 통한 중금속의 제거효과에 대한 연구는 절실하다 하겠다. 이에 파괴지와 오염지에서 자생력이 있는 전동싸리 유식물을 대상으로 동물에 치명적일 수 있는 맹독성 중금속인 Hg를 처리하였을 때 식물체의 성장반응과 중금속의 축적 및 근류의 질소고정 활성의 변화를 분석하여 Hg 환경오염에 대한 식물체 반응의 특성을 밝히고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

## 2.1. 식물체의 생육조건과 중금속 처리

척박한 환경에서 자생하는 2년생 콩과식물인 전동싸리(*Melilotus suaveolens* Ledeb.) 종자를 골라 30℃ 항온기에서 발아시켜 화분에 5개체씩 이식하여 사경재배를 실시하였다. 성장실의 광도와 광주기는 20,000 lux, 명암 14/10 시간으로 조절하였고, 온도와 상대습도는 각각  $25 \pm 5^\circ\text{C}$ 와 70%로 유지하였다. 이식한 전동싸리는 무질소 Hoagland 배양액을 pH 4.2 와 6.5 로 분리하여 각 화분당 1주일에 2회 100 ml 씩 공급하였다. 14일간 사경재배한 유식물은 Hg( $\text{HgCl}_2$ )를 0, 30, 및 100ppm 처리한 배양액으로 성장시켰다. 각 처리구는 처리 후 14일과 28일째 생장이 균일한 3개 식물체를 채취하여 성장과 중금속분석에 이용하였다.

## 2.2. 식물체의 생장과 질소고정 및 중금속 분석

식물체의 성장분석은 신장생장을 측정후 염록소함량은 DMSO(dimethyl sulfoxide)법(Aron 1949), 질소고정 활성은 Gas Chromatograph에 의한 ARA (아세틸렌 환원법)를 사용하였다 (Patterson *et al.* 1979). 생체량은 생량과 건량을 측정하여 분석하였고, 중금속은 유도결합플라즈마(ICP, induced coupled plasma)를 이용하여 측정 하였다.

### 3. 결과 및 고찰

pH 4.2처리 28일째 뿌리의 흡수량은 0, 30 및 100ppm에서 각각 0, 110.7, 및 665.8ug/g dr.wt.였고, pH 6.5 처리시는 각각 0, 16.5 및 540.0ug/g dr.wt.로, pH가 낮을수록 흡수가 촉진되었다. pH 4.2에서 Hg처리 28일째 지상부의 이동량은 Hg 처리농도가 증가할수록 증가되었고, pH는 6.5에 비해 pH 4.2에서 높은 이동량을 보였다. pH가 낮을수록 Cd의 흡수가 증가되었다는 Williams and David(1976)의 보고와 일치하였다.

중금속 처리에 따른 전동싸리의 생장에서 대조구는 pH 6.5보다는 4.2 처리시 다소 높은 신장생장을 보였고, 30ppm Hg처리시도 유사하였으나 100ppm처리시는 pH 4.2에서 현저한 저해를 보였다. 엽록소함량의 변화도 유사한 변화를 보였다. 식물체 생체량은 30과 100ppm Hg로 28일간 처리시 pH 4.2에서 각각 대조구의 41.4와 7.8%였으며, pH 6.5에서는 각각 35.8과 15.7%로 고농도 처리시 pH 4.2에서 보다 치명적인 피해를 나타 내었다. 생체량의 기관별 분배율은 잎, 줄기, 뿌리 및 근류순 이었고, 생육초기에는 지하부에서 민감한 저해를 보였으나 생장이 진행됨에 따라 지상부의 감소도 뚜렷하였다. 중금속을 처리한 옥수수과 대두 등의 건물량 감소(차와 김 1975)와 금속의 농도를 증가시켰을때 소나무의 뿌리 및 줄기생장이 억제되었다는 보고와 유사한 결과였다(Kelly *et al.* 1979).

Hg 처리에 따른 근류의 질소고정 활성은 pH 4.2와 6.5에서 각각 117.6과 143.9  $\mu\text{mol C}_2\text{H}_4 \text{ g fr.wt. nodule}^{-1} \text{ h}^{-1}$ 였고, 30ppm 처리시는 각각 대조구의 50.3과 2.9%로 질소고정 활성이 현저한 감소를 보였고, 100ppm 처리시는 실패되었다. 근류형성량의 변화는 pH 4.2에서 대조구의 경우 근류형성이 활발하였으나, 30ppm 처리시 대조구의 37.5%로 감소했으며, 100ppm 처리시는 근류형성이 억제되었다. pH 6.5 처리시에도 유사한 경향을 보였으나, 100ppm Hg 28일 처리시 대조구의 39.3%로 근류가 형성되어, pH 4.2에서 고농도의 중금속 처리시 근류의 형성이 보다 억제되었다. 근류의 총질소고정량은 대조구의 경우 pH처리와 상관없이 증가된 근류형성과 질소고정 활성으로 인해 성장함에 따라 증가되었으나, pH 4.2에서 30ppm Hg 처리시 대조구의 18.8%로 현저한 감소를 보였고, 100ppm 처리시는 질소고정 비활성의 실패로 인해 활성이 나타나지 않았다. pH 6.5 처리시도 유사한 경향을 보였다. 고농도의 Hg 처리시 근류의 형성이 억제되었고, 질소고정 활성 또한 억제되어 중금속의 저해현상이 뚜렷하였다.

### 4. 요약

Hg에 대한 전동싸리 유식물의 생장에서 pH 4.2는 30과 100ppm Hg로 28일 처리시 신장생장, 엽록소함량 및 생체량은 각각 대조구에 비해 80.7과 21.0%, 93.5와 41.0% 및 41.4와 7.8%였고, pH 6.5에서 동일하게 처리했을 때 30 및 100ppm Hg의 경우 각각 대조구의 74.1과 41.5%, 79.4와 15.7% 및 35.8과 15.7%였다. 각 기관별 분배율은 잎, 줄기, 뿌리 및 근류순 이었고, 생육초기에는 지하부에 비해 광합성기관의 촉진된 성장 경향을 보였고, 30ppm 처리시 지상부가 감소되었으나 100ppm 처리시는 지하부의 성장감소뿐만 아니라 광합성기관의 감소로 인해 상대적으로 지하부의 비율이 증가하는 경향을 보였다.

식물체내 중금속의 축적비율은 생체량의 분배비율과는 반대로 흡수된 중금속은 50% 정도가 뿌리에 축적되었고, 광합성기관으로 이동한 것은 10% 내외였다.

pH 4.2에서 30ppm Hg로 28일 처리시 질소고정 비활성, 근류의 형성량 및 총질소고정량은 각각 대조구에 비해 50.3%, 37.5% 및 18.8%였고, pH 6.5에서는 각각 대조구의 12.9%, 45.9% 및 5.9%였다. pH 4.2의 경우 100ppm에서는 근류형성이 억제되어 활성이 나타나지 않았으나 pH 6.5에서는 대조구의 39.3%로 근류는 형성되었으나 활성은 없었다. 중금속 처리시 근류의 질소고정 활성계의 손상이 우선적으로 나타나 질소고정 활성을 현저하게 억제하였고, 근류형성도 저해되어 100ppm Hg 처리시 총질소고정량은 나타나지 않았다. Hg 처리시 전동싸리는 질소고정계가 심각하게 저해되었고, 이어 생장이 현저하게 저해되는 것으로 사려된다.

#### 참 고 문 헌

- 송승달. 1986. 환경생물학. 경북대학교출판부 p. 191-199.
- 차종환, 김병우. 1975. 환경오염방지를 위한 식물생태학적 연구. -Cadmium 처리 토양에 의한 여러 식물의 성장반응. 한국식물학회지 18: 23-30.
- Arnon, D. J. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24: 1-15.
- Kelly, J.M., G.R. Parker, and W.W. Mcfee. 1979. Heavy metal accumulation and growth of seedlings of five forest species as influenced by soil cadmium level. J. Environ. Qual. 8:361-364.
- Patterson, R.F., C.D. Raper Jr. and H.D. Gross. 1979. Growth and specific nodule activity of soybean during application and recovery of a leaf moisture stress. Plant Physiol. 64:551-556.
- Reeves, R.D. and A.J.M. Baker. 1984. Studies on metal uptake by plants from serpentine and nonserpentine populations of *Thlaspi goesingense* Halaccy(Cruciferae). New Phytol. 98: 191-204.
- Turner, M.A. 1973. Effect of cadmium treatment on cadmium and zinc uptake by selected vegetable species. J. Environ. Qual. 2: 118-119.
- Williams, C.H., and D.J. David. 1976. The accumulation in soil of cadmium residues from phosphate fertilizers and their effect on the cadmium content of plants. Soil Science 121: 86-93.
- Wong, M.H., and A.D. Bradshaw. 1982. A comparison of the toxicity of heavy metals using root elongation of rye grass, *Lolium perenne*. New Phytol. 91:255-261.