

대기오염지역에 자라고 있는 덩굴류의 중금속함량

김종갑^{1*}, 윤석락¹, 이정환², 박은희², 이충규³, 진영란¹

¹국립경상대학교 산림과학부, ²국립경상대학교 부속 농업생명과학연구원
³경상남도 산림환경연구원

Content of heavy metals on Liana dominating at the vicinity of industrial complex

Jong-Kab Kim^{1*}, Seoc-Lak Yun¹, Jung-Whan Lee², Eun-Hee Park², Chong-Kyu Lee³, and Young-Ran Jin¹

¹Division of Forest Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea, ²Institute of Agriculture & Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea, ³Forest Environment Research Institute of Gyeongsangnam-do, Jinju 660-871, Korea

1. 서론

최근 고도의 산업화·도시화로 대기오염으로 인한 생태계의 피해문제는 최근 세계적으로 환경 문제화되고 있을 뿐만 아니라, 이에 대한 조사와 연구가 지역적인 것으로부터 전 지구적 규모로 확산되고 있다.

중금속에 대해 내성을 보유한 식물은 체내 조직에 다량의 중금속을 축적하여 토양의 중금속을 제거하는데 기여하고 있다(Brown et al., 1994).

본 연구는 공단지역에 생육하고 있는 해송림이 쇠퇴되어짐으로써 상층식생이 없는 지역에서 우점 현상을 보이고 있는 덩굴식물류의 생육환경에 대하여 조사할 목적으로 우선 덩굴식물류가 생육하고 있는 토양 및 식물체에 대한 중금속분석을 통하여 덩굴식물류의 중금속 흡수능력을 살펴보고자 하였다.

2. 재료 및 방법

- 조사지역; 조사지역은 울산광역시 울산공단주변과 청정지역인 진주시 청곡사 주변에서 2004. 3월~ 2005. 7월에 토양과 식물체 분석을 실시하였다.
- 수종 : 개머루, 담쟁이덩굴, 덩댕이덩굴 등의 3개 수종
- 토양 화학적성질 및 중금속분석(토양, 식물체) 토양 및 식물체분석법(농업과학기술원, 2000)에 의거하여 시료 채취후 분석하였다.
- 중금속 축적능력 계산(식물체 축적량/토양 축적량)

3. 결과 및 고찰

3.1. 토양분석

1) 토양의 화학적 성질 분석

울산공단의 pH는 3.8~4.2이었으며, 담쟁이덩굴이 많이 출현하는 지역이 pH3.9로 가장 낮게 나타났으며, 진주지역의 pH는 6.0 ~ 6.9로 우리나라 산림토양 평균치인 pH 4.5~5.5에 비하여 양호하게 나타났다(Table 1).

Table 1. Chemical properties of soil at the industrial complex and control areas.

Areas	Sites	pH (1:5)	EC (dS/m)	O.M (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex-cation(cmol+/kg)			
						K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
Onsan industrial complex	A	4.2	0.59	19.9	18	0.27	0.17	0.1	0.11
	B	3.9	0.60	55.4	28	0.27	0.26	0.18	0.12
	C	4.2	0.60	12.0	6	0.29	0.30	0.16	0.11
Jinju Cheong-gok temple	a	6.0	0.20	34.8	9	0.22	7.78	4.89	0.13
	b	6.9	0.35	27.3	173	0.66	12.55	3.94	0.13
	c	6.3	0.27	53.4	7	0.31	10.41	5.64	0.15

note) A and a - *Ampelopsis revipedulculata* var. *heterophylla* areas

B and b - *Parthenocissus tricuspidata* areas

C and c - *Cocculus trilobus* areas

2) 토양의 중금속 분석

전반적으로 온산공단지역이 진주지역에 비하여 중금속 함량이 상당히 높게 나타났으며, Cd함량은 온산공단에서 개머루가 0.36mg/kg, 담쟁이덩굴이 0.57mg/kg, 땃쟁이덩굴이 0.28mg/kg로 나타났으며, Zn함량은 개머루가 12.73mg/kg, 담쟁이덩굴이 11.37mg/kg, 땃쟁이덩굴이 12.49mg/kg로 개머루가 가장 높게 나타났다(Table 2).

Table 2. Heavy metal contents in soil

unit: mg/kg

Areas	Sites	Items					
		Cd	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
Onsan industrial complex	A	0.36	13.73	40.1	0.08	48.32	12.73
	B	0.57	20.4	166.8	0.19	68.05	11.37
	C	0.28	9.44	26.0	0.09	52.03	12.49
Jinju Cheong-gok temple	A	0.06	1.07	28.2	0.52	1.42	1.16
	B	0.14	4.74	26.5	0.86	3.81	1.63
	C	0.1	0.92	38.5	0.68	1.62	1.87

Smith(1971)는 도로변 산림토양의 Pb함량은 교통량에 비례한다고 보고하였으며, Tatsumi(1983)도 Pb 오염은 자동차의 증가에 따른 영향이 매우 크다고 보고하였다. 일반적으로 토양중 중금속함량은 공단주변이 다른 지역에 비해 높았으며, 이는 석유화학, 비료, 제련소등 생산제조업체들의 특성에 따른 것으로 판단된다.

3.2. 덩굴식물의 식물체 중금속 분석

수종별 각 부위의 중금속을 분석한 결과(Table 3)는 온산에서 Pb의 중금속함량을 보면

개머루에서 잎 269.08ppm, 줄기 55.16ppm, 뿌리 352.53ppm, 담쟁이덩굴에서 잎 288.69ppm, 줄기 46.77ppm, 뿌리 145.70ppm, 덩댕이덩굴에서 잎 194.06ppm, 줄기 314.62ppm, 뿌리 792.47ppm으로 나타나 청정지역인 청곡사 주변보다 훨씬 높게 축적되어 있음을 알 수 있었다.

Table 3. Heavy metal contents in leaves, stems and roots of Liana at the industrial complex and control areas. units: mg/kg

Areas	Species	Part	Items						
			Cd	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn	
Onsan industrial complex	<i>Ampelopsis revipedunculata</i> var. <i>heterophylla</i>	Leaves	0.39	474.76	1.24	14.20	269.08	656.36	
		Stems	1.01	164.59	1.22	14.58	55.16	235.55	
		Roots	0.39	786.14	1.25	12.16	352.53	786.47	
	<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	Leaves	0.39	600.55	1.28	12.86	288.69	1,235.20	
		Stems	0.39	187.04	1.23	14.74	46.77	443.02	
		Roots	16.23	541.80	1.30	13.22	145.70	1,280.10	
	<i>Cocculus trilobus</i>	Leaves	2.57	301.30	1.25	12.36	194.06	761.22	
		Stems	0.39	505.82	1.23	12.86	314.62	517.41	
		Roots	0.39	1,467.76	1.34	11.25	792.47	1,321.17	
	Jinju Cheong-gok temple	<i>Ampelopsis revipedunculata</i> var. <i>heterophylla</i>	Leaves	4.50	115.67	1.34	11.81	1.75	89.39
			Stems	0.39	83.42	1.31	12.33	1.75	83.25
			Roots	2.08	105.51	1.51	11.27	14.88	64.59
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>		Leaves	27.12	94.03	1.34	12.45	13.50	93.44	
		Stems	0.39	96.63	1.34	11.83	7.93	100.76	
		Roots	9.15	113.33	1.38	12.45	16.00	96.16	
<i>Cocculus trilobus</i>		Leaves	0.39	87.14	1.26	13.34	19.23	79.30	
		Stems	0.39	115.64	1.30	11.27	7.87	71.75	
		Roots	0.39	130.48	1.44	11.96	19.67	62.50	

3.3. 덩굴식물의 중금속 축적능력

식물체의 중금속축적능력을 식물체 축적량/ 토양축적량으로 분석한 결과(Table 4) 전반적으로 잎과 뿌리부위가 줄기부위보다 중금속축적능력이 높았으며, 특히 Cu, Ni, Zn의 중금속 축적능력이 높게 나타났다.

Table 4. Accumulating capacity of heavy metals of Liana.

Areas	Species	Part	Items					
			Cd	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
Onsan industrial complex	A.	Leaves	1.08	34.58	0.03	177.50	5.57	51.56
		Stems	2.81	11.99	0.03	182.25	1.14	18.50
		Roots	1.08	57.26	0.03	152.00	7.30	61.78
	P.	Leaves	0.68	29.44	0.02	67.68	4.24	108.64
		Stems	0.68	9.17	0.02	77.58	0.69	38.96
		Roots	28.47	26.56	0.02	69.58	2.14	112.59
	C.	Leaves	9.18	31.92	0.05	137.33	3.73	60.95
		Stems	1.39	53.58	0.05	142.89	6.05	41.43
		Roots	1.39	155.48	0.05	125.00	15.23	105.78
Jinju Cheong-gok temple	A.	Leaves	75.00	108.10	0.05	22.71	1.23	77.06
		Stems	6.50	77.96	0.05	23.71	1.23	71.77
		Roots	34.67	98.61	0.05	21.67	10.48	55.68
	P.	Leaves	193.71	19.84	0.05	14.48	3.54	57.33
		Stems	2.79	20.39	0.05	13.76	2.08	61.82
		Roots	65.36	23.91	0.05	14.48	4.20	58.99
	C.	Leaves	6.50	81.44	0.04	25.65	13.54	68.36
		Stems	3.90	125.70	0.03	16.57	4.86	38.37
		Roots	3.90	141.83	0.04	17.59	12.14	33.42

4. 적요

덩굴식물의 대기오염 내성을 알아 보기 위하여 토양의 화학적 특성, 토양 및 식물체의 중금속을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 토양의 화학성 분석에서는 pH가 온산공단의 경우 pH3.9~4.2이며, 진주지역이 pH6.0~6.9이며, 치환성이온 함량에서는 Ca > Mg > K > Na 순으로 나타났다.
- 2) 토양 속 중금속 분석에서 Fe, Zn, Cd, Cu, Pb의 함량에서 공단지역과 진주지역간의 차이가 12~24배 차이가 나타났으며, 이는 온산공단지역이 석유화학 및 비료, 제련소 등의 대공장들이 가동되고 있어 그 영향이 큰 것으로 생각된다.
- 3) 식물체의 기관별 중금속 함량 및 흡수량은 중금속에 따라 지역간에 다양하게 나타났으며, 대체적으로 줄기부위보다는 잎이나 뿌리부위에서 검출량이 많게 나타났으며, 식물체의 축적능력 경향을 보면 줄기부위 보다는 잎과 뿌리부위에서 비교적 높은 수치가 나타났다.

인용문헌

- 농촌진흥청, 2000: 토양 및 식물체 분석법. 농업과학기술원.
- 이수래, 송기준, 1985: 온산공단 주변토양의 중금속 농도조사. 한국환경농학회지 4(2), 88~94.
- 이수욱, 민일식, 1989: 대기오염 및 산성우가 산림생태계의 토양산도 및 양료분포에 미치는 영향. 한국임학회지 78, 11~25.
- Brown, S. L., R. L. Chaney, J. S. Angel, and A. F. M. Baker, 1994: Phytoremediation potential of *Thlaspo caerulesens* and bladder campion for zinc- and cadmium- contaminated soil. *J. Environ. Qual.* 23:1151~1157.
- Smith, W. H., 1981: *Air Pollution and Forests - Interaction between Air Contaminants and Forest Ecosystems*, Springer-Verlag, New York. 379pp.
- Tatsumi, Y., K. Yoda, and A. Ikeda, 1983: Effects of soil pollution by heavy metals on annual plants in Sakai City. *Japan J. Ecol.* 33, 293~303