한국환경농학회지 제19권 제4호(2000)
Korean Journal of Environmental Agriculture
Vol. 19, No. 4, pp. 345~350

경기도 하남시 토양의 중금속 함량 분포 조사

김계훈* · 김권래
서울시립대학교 환경원예학과

Distribution of Heavy Metals in the Soils of Hanam City.

Kye-Hoon Kim* · Kwon Rae Kim (*Dept. of Environmental Horticulture, The University of Seoul, Seoul, 130-743, Korea, E-mail: *johnkim@uoscc.uos.ac.kr*)

ABSTRACT : The objectives of this study were to find out distribution of heavy metal contents in the soils of Hanam city and to provide base-line data towards development of an eco-city Hanam. One hundred surface soil (0-20 cm) samples were collected from rice paddy field, cultivated upland, forest, riverside and other areas. The samples were air-dried, sieved to pass through 2 mm sieves, followed by analyses for As, Cd, Cu, Pb and Zn by the standard method set by the ministry of environment. All the average heavy metal contents were close to background level and were much lower than concern level of the Soil Environment Conservation Act of Korea. However, some individual heavy metal contents were higher than the action level. Since natural environment including soil environment of Hanam city is being destroyed rapidly and the number of the sampling points allocated to Hanam city based on the soil contamination monitoring network of the ministry of environment is only 6, an in-depth soil survey for contamination of Hanam city is highly recommended.

Key words : Heavy metals, Base-line data, Eco-city

서 론

최근 과학 문명의 발달과 산업활동의 급증으로 여러 가지 자연환경에 변화를 일으키고 있다. 특히 도시 중심의 산업발달은 여러 가지 오염물질을 발생시키는 산업자원을 도시권역으로 집중시키고 있으며 이로 인해서 발생되는 가스 또는 폐수 등은 도시주변 대기와 수질은 물론 토양 중에서도 환경오염 물질의 농도를 높이는 결과를 가져오고 있다.

중금속의 경우도 도시 중심의 여러 가지 산업발달과 자동차 수의 증가로 인하여 폐수, 매연 및 분진의 형태로 토양에 집적되어 토양 중 중금속의 농도가 증가되고 있다. 또한 농경지에서는 여러 가지 화학비료 및 농약의 계속적인 사용으로 이들에 함유되어 있는 중금속이 토양에 집적되는 경우도 있다. 이러한 중금속들은 유기물이나 무기염류와는 달리 쉽사리 자연조건에서 제거되지 않은 채 토양에 흡착, 축적되며 토양 중에서 일어나는 여러 가지 반응에 관여하게 된다.

지금까지 산업발달에 의한 토양 중 중금속 함량변화는 대부분 공단지역을 중심으로 그 연구가 이루어지고 있었으며 고속도로변 중금속 함량 변화에 대한 연구도 보고된 바 있다. 그러나 도시권역을 중심으로 이루어진 연구는 별로 많지 않았다.

하남시는 1971년 전체면적 87.82 km^2 중 98.4%가 개발제한구역(그린벨트)으로 지정되어[1] 최근까지 도시화나 산업화의 영향을 많이 받지 않은 상태로 보존이 되어왔다. 그러나 2000년에 들어서면서 건교부가 개발제한구역 조정작업을 본격화하면서 앞으로 점진적인 도시화 및 산업화가 이루어질 것으로 생각된다. 본 연구는 하남시 토양 중 중금속 농도를 측정하여 현재 하남시가 실행하고 있는 지속가능한 생태도시 건설을 위한 통합적인 준거틀에 관한 연구에 도움을 주며 향후 오염 여부를 판단하기 위한 기초자료를 확보할 목적으로 실시하였다. 실제로 대부분이 외지인 소유인 하남시 개발제한구역 중 도로가 건설되어 접근이 가능한 지역에는 이미 토지형질 변경을 염두에 둔 가축 없는 축사가 모두 들어서 있는 실정이다.

재료 및 방법

시료채취

본 연구를 위한 시료의 채취는 경기도 하남시 전지역을 대상으로 논(16지점), 밭(25지점), 산림(20지점), 하천유역(15지점), 기타지역(도심, 나대지, 시외곽 마을 등, 24지점)에서 0~20cm 깊이의 토양시료를 2000년 5월 13일~19일 기간에 채취하였다. 시료 채취 지점은 Fig. 1과 같다.

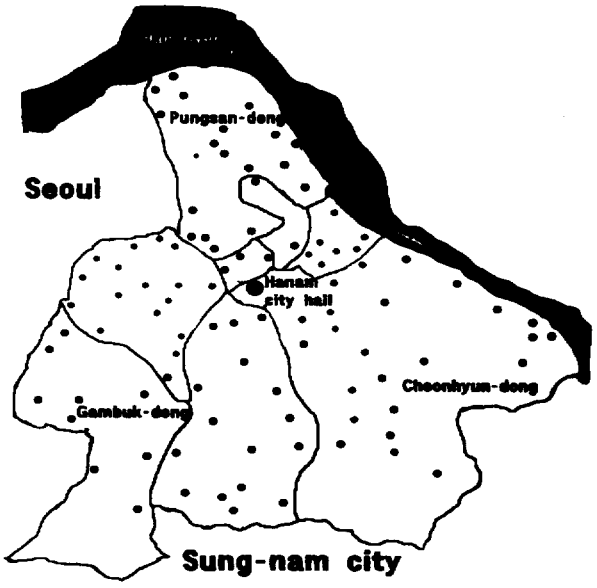

Fig. 1. Location of the sampling sites.

시료의 분석

채취된 토양 시료는 풍건 후 2mm체를 통과한 것을 분석시료로 사용하였다. 중금속 중 Cd, Cu, Pb, Zn은 토양환경보전법상 공정시험법[2]에 따라 풍건토양 10g을 250mL 삼각플라스크에 넣고 0.1 N HCl 50mL를 넣은 후 용기에 마개를 하고 30℃ 항온에서 1시간 동안 100rpm으로 왕복 진탕한 후 Whatman no. 42 여과지로 여과하고 여액중 Cd, Cu, Pb, Zn의 농도를 원자흡광광도계(AAS, Shimadzu 6800, japan)를 이용하여 분석하였다. As도 공정시험법[2]에 따라 분석용 시료 10g을 1 N HCl 용액 50mL로 침출하고 여과하여 여액중 As의 농도를 ICP(Inductively Coupled Plasma, 1000IV, japan)를 이용하여 측정하였다.

결과 및 고찰

하남시 토양의 중금속별 함유량의 분포범위와 평균치를 우리나라 자연준위(background level)[3),4),5)]와 Taiwan 도시지역 토양의 중금속 함량[6)] 및 환경부가 제정한 토양환경보전법 상의 우려기준[7)]과 비교한 결과는 Table 1과 같다.

Table1. Concentrations of heavy metals extracted with 0.1 N HCl in soil from Hanam city

		As	Cd	Cu	Pb	Zn
		ppm				
Rice paddy	Range	0.11~0.40	0.01~5.09	1.14~14.33	0.07~8.29	2.04~57.99
	Average	0.23	0.40	4.13	2.49	15.36
Cultivated upland	Range	0.09~1.08	0.04~0.43	0.72~26.41	0.00~6.88	2.51~116.73
	Average	0.25	0.11	4.92	1.79	33.84
Forest	Range	0.11~0.56	0.00~0.14	0.45~9.45	0.73~12.85	2.10~70.20
	Average	0.21	0.03	2.05	5.24	9.79
Riverside	Range	0.13~0.50	0.01~0.14	1.62~10.99	0.00~8.37	0.82~54.34
	Average	0.27	0.09	4.21	3.11	10.00
Others	Range	0.08~1.11	0.01~0.21	0.05~19.23	0.00~14.34	1.50~113.67
	Average	0.24	0.10	3.15	2.80	16.37
Total	Range	0.08~1.11	0.00~5.09	0.05~26.41	0.00~14.34	0.82~116.73
	Average	0.24	0.14	3.69	3.03	18.31
Background level in Korea	Rice paddy	0.56	0.13	4.52	4.62	3.90
	Cultivated upland	0.43	0.16	3.11	2.96	13.73
	Forest	-	0.01	1.98	6.11	4.08
Taiwan	Range		0~0.38	0~17.8	0~21.4	0~34.3
	Average		0.09	5.98	9.01	9.90
Concerned level		6	1.5	50	4	100

조사 대상 중금속의 지역별 평균값에서는 토양환경보전법상 우려기준을 초과하는 중금속은 없었으며 우려기준에 비해 As는 약 1/30, Cd는 약 1/17, Cr은 약 1/6, Cu는 약 1/20, Pb는 약 1/44 정도의 낮은 농도를 나타내어 우려할 수준은 아니었다. 또한 우리나라 자연함량과 비교해 볼 때 논토양의 경우 As, Cd, Cu, Pb는 자연 함량에 비해서 다소 낮은 값을 보였으나 Zn은 14.49ppm으로 자연 함량에 비해서 3.8배 정도 높은 값을 보였다. 밭토양에서도 As, Cd, Cu. Pb는 자연함량에 비해서 다소 낮은 값을 보였으나 Zn은 21.09ppm으로 자연 함량의 약 1.5배 값을 나타내었다. 산림토양의 경우 Cu, Zn의 값이 각각 2.05 ppm, 9.79ppm으로 자연 함량에 비해서 다소 높은 값을 나타내었는데 이는 산림지역을 비오염지역이라고 생각할 때 이 지역의 토양 중 Cu 및 Zn의 자연 함량이 다른 지역에 비하여 다소 높음을 알 수 있었다. 그 외 하천 유역의 토양이나 기타 도심지, 나대지 및 시외곽 마을의 토양 중 중금속 함량도 자연함량에 비해서 다소 낮은 수치를 나타내었다.

본 조사결과를 Chen 등[6]이 측정한 Taiwan의 도시지역에 대한 중금속 함량과 비교해 볼 때 논토양 및 밭토양의 Zn 함량이 각각 1.5배, 2.1배 높았으며 그 외 중금속에 대한 값은 Taiwan의 도시지역에 대한 중금속 함량보다 낮은 값을 보였다. 그러나 조사된 값들의 범위에선 하남시 토양이 다소 넓은 범위를 나타내고 있는데 이는 극히 일부의 조사지점에서 높은 값을 보인 것으로 조사지점의 토양이 국부적으로 어떤 오염원에 의한 영향을 받은 것으로 생각된다.

Table 2, Table 3, Table 4, Table 5 및 Table 6은 각각 하남시 토양중 As, Cd, Cu, Pb, Zn의 함량을 일정한 급간을 두어 그 분포 양상을 나타낸 것이다.

As의 농도는 전체 조사 지점 중 85%가 0.1~0.4ppm의 범위내에 분포하였으며 전체의 94%가 0.5ppm 이내로 우리나라 자연함량보다 낮은 값을 나타내었으며 밭토양과 나대지 토양에서 각각 1.08, 1.11ppm의 다소 높은 값을 나타내었다.

Cd의 급간별 분포 양상을 보면 전체 조사 지점 중 85%가 0.15ppm이하로 우리나라 자연함량과 비슷하거나 다소 낮은 값을 나타내었으며 98%가 Taiwan의 Cd 함량 범위 내의 값을 나타내었다. 논 토양에서 채취한 한 점의 시료는 5.09ppm으로 토양환경보전법상 농경지에 대한 우려기준(1.5ppm) 뿐 아니라 대책기준(4ppm)도 초과한 높은 값을 나타내었는데 이는 채취지점이 어떤 오염원의 영향을 받은 것으로 생각 할 있으며 이 지역에 대한 좀 더 상세한 조사가 필요할 것으로 생각된다.

Cu의 함량은 전체 조사 지점 중 84%가 6.00ppm 이하의 값을 나타내었으며 여러 지점에서 우리나라 자연함량보다 다소 높은 값을 나타내었다. 특히 논토양과 밭토양에서 일부 높은 수치를 나타내었는데 이는 Cu가 제련공장 및 농약 등에서 유입될 수 있다는 것을 생각할 때 이 지점이 이들 원인에 의한 집중적인 영향을 받았을 것으로 생각된다. 그러나 이러한 정확한 원인을 알기 위해서는 보다 상세한 조사가 필요할 것이다.

Pb의 급간별 분포양상을 보면 83%가 5ppm 이하로 우리나라 자연 함량 수준의 값을 나타내었으나 산림토양에서 대부분의 조사지점이 5ppm 이상의 수치를 나타내었으며 평균 또한 5.24ppm으로 자연 함량보다 다소 높았다. 산림토양을 비오염지역이라고 생각 할 때 이는 이 지역의 산림토양이 다른 지역에 비해서 토양중 Pb의 자연함량이 다소 높은 것으로 생각된다.

Table 6에 나타낸 Zn의 급간별 분포양상을 보면 전체의 73%가 20ppm 이하로 자연 함량과 비슷한 수치를 나타내었으며 몇몇 지점에서 자연함량에 비해서 상당히 높은 값을 나타내었다. 특히 밭토양의 52%가 20ppm 이상으로 높은 수치를 나타내었는데 이는 어떤 오염원에 의한 영향으로 생각할 수 있으나 이를 위해서는 좀 더 상세한 조사가 필요하다.

이상의 결과를 토대로 볼 때 하남시 전체의 중금속 오염 정도는 평균적으로 모두 환경부에서 제정한 토양환경보전법상의 우려기준을 초과하지 않아 우려할 수준은 아니었다. 그러나 이번 조사

Table 2. Distribution of As concentration in soil from Hanam city

Range(ppm)	Rice paddy		Cultivated upland		Forest		Riverside		Others		Total	
	Freq.	Ave.	Freq.	Ave.	Freq.	Ave.	Freq.	Ave.	Freq.	Ave.	Freq.	Ave.
0.00~0.09	-	-	1	0.09	-	-	-	-	4	0.09	5	0.09
0.10~0.19	6	0.15	10	0.16	14	0.14	5	0.16	8	0.15	43	0.15
0.20~0.29	6	0.23	8	0.22	3	0.21	4	0.23	8	0.24	29	0.23
0.30~0.39	3	0.32	4	0.34	-	-	4	0.35	2	0.35	13	0.34
0.40~0.49	1	0.40	1	0.40	-	-	1	0.42	1	0.45	4	0.42
0.50~0.59	-	-	-	-	3	0.53	1	0.50	-	-	4	0.52
>1.0	-	-	1	1.08	-	-	-	-	1	1.11	2	1.10
Tatal	16	0.23	25	0.25	20	0.21	15	0.27	24	0.24	100	0.24

Table 3. Distribution of Cd concentration in soil from Hanam city

Range(ppm)	Rice paddy		Cultivated upland		Forest		Riverside		Others		Total	
	Freq.	Ave.	Freq.	Ave.	Freq.	Ave.	Freq.	Ave.	Freq.	Ave.	Freq.	Ave.
0.00~0.049	4	0.03	3	0.04	17	0.02	1	0.01	5	0.03	30	0.02
0.05~0.099	5	0.08	10	0.07	1	0.05	7	0.07	7	0.06	30	0.07
0.10~0.149	4	0.11	6	0.11	2	0.14	7	0.12	6	0.12	25	0.12
0.15~0.199	2	0.17	4	0.17	-	-	-	-	5	0.17	11	0.17
0.20~0.249	-	-	1	0.22	-	-	-	-	1	0.21	2	0.22
0.43	-	-	1	0.43	-	-	-	-	-	-	1	0.43
5.09	1	5.09	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5.09
Total	16	0.40	25	0.11	20	0.03	15	0.09	24	0.10	100	0.14

Table 4. Distribution of Cu concentration in soil from Hanam city

Range(ppm)	Rice paddy		Cultivated upland		Forest		Riverside		Others		Total	
	Freq.	Ave.	Freq.	Ave.	Freq.	Ave.	Freq.	Ave.	Freq.	Ave.	Freq.	Ave.
0.00~2.99	8	2.07	13	1.89	17	1.49	6	2.33	17	1.38	61	1.70
3.00~5.99	4	3.87	6	4.48	2	3.16	7	3.58	4	4.11	23	3.92
6.00~8.99	3	6.53	3	7.82	-	-	2	10.58	1	7.49	9	7.97
9.00~11.99	-	-	1	9.39	1	9.45	-	-	1	9.02	3	9.29
12.00~14.99	1	14.33	1	12.39	-	-	-	-	-	-	2	13.36
15.00~17.99	-	-	-	-	-	-	-	-	1	19.23	1	19.23
18.00~20.99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26.41	-	-	1	26.41	-	-	-	-	-	-	1	26.41
Total	16	4.13	25	4.92	20	2.05	15	4.21	24	3.15	100	3.65

Table 5. Distribution of Pb concentration in soil from Hanam city

Range(ppm)	Rice paddy		Cultivated upland		Forest		Riverside		Others		Total	
	Freq.	Ave.	Freq.	Ave.	Freq.	Ave.	Freq.	Ave.	Freq.	Ave.	Freq.	Ave.
0.00~2.99	10	1.19	19	1.09	7	1.67	8	1.21	18	1.49	62	1.30
3.00~5.99	5	3.88	5	2.83	7	5.14	5	4.33	4	4.19	26	3.38
6.00~8.99	1	3.88	5	2.83	3	7.08	2	7.63	1	7.17	8	7.36
9.00~11.99	-	-	-	-	2	10.46	-	-	1	14.34	3	11.75
12.00~14.99	-	-	-	-	1	12.85	-	-	-	-	1	12.85
Total	16	2.49	25	1.79	20	5.24	15	3.11	24	2.80	100	3.03

Table 6. Distribution of Zn concentration in soil from Hanam city

Range(ppm)	Rice paddy		Cultivated upland		Forest		Riverside		Others		Total	
	Freq.	Ave.	Freq.	Ave.	Freq.	Ave.	Freq.	Ave.	Freq.	Ave.	Freq.	Ave.
0.00~19.99	12	7.54	12	658	19	6.61	13	5.70	17	5.07	73	6.24
20.00~39.99	3	32.44	6	27.64	-	-	1	21.53	1	27.94	15	28.29
40.00~59.99	1	57.99	1	59.58	-	-	1	54.34	1	53.35	4	56.32
60.00~79.99	-	-	2	69.75	1	70.20	-	-	-	-	3	69.90
80.00~99.99	-	-	2	84.35	-	-	-	-	-	-	2	84.35
100.00~119.99	-	-	2	116.67	-	-	-	-	1	113.67	3	115.67
Total	16	15.36	25	33.84	20	9.79	15	10.00	24	16.37	100	18.31

결과에서 나타난 바와 같이 Cd와 같은 중금속은 일부 조사지점에서 다른 지점보다 매우 높은 값을 보였으며 또한 일부 논토양과 밭토양 중 Cu 및 Zn 함량은 우리나라 토양중 중금속 배경준위에 비하여 다소 높은 값을 보였다. 이런한 결과를 종합하면 하남시 토양은 부분적이기는 하나 농경 및 산업활동으로 중금속에 의한 오염이 어느 정도 진행되었다고 볼 수 있어 정확한 분포와 원인 규명을 위해서는 광범위한 조사가 이루어져야 할 것이다. 현재 하남시에는 환경부에서 운영하는 전체 3,000지점의 토양오염 측정망[7]을 위한 시료채취지점 중 6개 지점만이 존재하며 하남시의 많은 지역에서 환경이 급속도로 파괴되고 있으므로 생태도시를 지향하는 하남시는 독자적인 토양오염 방지대책에 근거하여 토양오염에 대한 현황파악과 토양오염 방지 및 오염 토양에 대한 제염 활동을 수행해야 할 것으로 생각된다.

요 약

하남시 토양 전체를 대상으로 논, 밭, 산림, 하천유역 및 기타 지역(도심지, 나대지, 시 외각 마을)을 대표할 수 있는 지점을 선정하여 총 100점의 시료를 채취하고 As, Cd, Cu, Pb, Zn의 함량을 분석하여 우리나라 자연함량, Taiwan의 도시 토양 중 중금속 함량, 환경부가 정한 토양환경보전법상의 우려기준과 비교한 결과는 다음과 같다.

분석한 중금속 As, Cd, Cu, Pb, Zn의 평균농도는 각각 0.24, 0.14, 3.69, 3.03, 18.31ppm로 환경부가 제정한 토양보전법상의 우려기준보다 모두 낮은 값을 나타내었으며 우리나라의 자연준위와 비슷한 수준이었다. 그러나 Cd의 경우와 같이 일부 지점에서는 토양환경보전법상의 우려기준은 물론 대책기준을 초과하는 높은 값을 보여 정밀 조사가 필요할 것으로 생각된다.

감사의 글

이 연구는 UNDP(United Nations Development Programme)와 하남시가 시행중인 하남시의 생태도시 건설을 위한 통합적인 지침과 준거틀에 관한 연구의 일환으로 UNDP의 연구비 지원에 의한 결과입니다.

참 고 문 헌

1. Ministry of Legislation (2000) Special law on designation and management of a limited development district. Ministry of Legislation, Seoul. vol. 6241.
2. Ministry of Environment (1996) Standard methods of soil analysis. Manual for soil environment conservation service (Government Reg. No. 12000-67630-67-9613). Ministry of Environment, Seoul.
3. Kim, B.Y., B.K. Jung, J.W. Choi, E.S. Yun, and S. Choi (1995) Heavy metals in paddy soil of Korea. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 28(4):295-300.
4. Kim, B.Y., K.H. So, K.S. Kim, J.K. Cho, I.H. Cho, and K.D. Woo (1990) Survey on the natural heavy metal contents in upland soil and crop grains in Korea. Research reports of RDA. 32(2):57-68.
5. Kim, K.H., J.Y. Yun, and S.H. Yoo (1995) Distribution of Cs-137 and K-40 in Korean soils. J. Korean. Soc. Soil Sci. Fert. 28(1):33-40.
6. Chen, Z.S., D.Y. Lee, C.F. Lin, S.L. Lo, and Y.P. Wang (1996) Contamination of rural and urban soils in Taiwan. In

Naidu, R., R.S. Kookuna, D.P. Oliver, S. Rogers, and M.J. McLaughlim (ed.) Contaminants and the soil environment in the Australasia-Pacific region. Kluwer Academic Publishers. London, Great Britain. p. 691-709.

7. Ministry of Environment (1999) Annual report of operation of soil contamination monitoring network in 1998 (Government Reg. No. 38000-67630-66-64). Ministry of Environment, Seoul.