

# 사과 果樹園土壤과 그 葉中의 重金屬 含量間의 相關關係에 관한 研究

金東昊\* · 林秀吉\* · 權五慶\*\*

## Studies on the Correlation between Heavy Metal Contents of Apple Orchard Lands and its' Leaves.

Dong Ho Kim\*, Soo Kil Lim\*, Oh Kyeong Kwon\*\*

### Abstract

This study was performed to reveal the heavy metal contents in apple leaves, and to estimate the correlation between contents of heavy metals of orchard lands and those of apple leaves. For this experiment, the apple leaves were collected from 58 apple orchards in Korea.

The results were as follows :

1. The average heavy metal contents in apple leaves were 26.44(6.23-182.85) ppm in Cu, 0.34 (0.07-0.61) ppm in Cd and 9.47 (0.00-225.50) ppm in Pb.
2. On the simple correlation coefficients between contents of heavy metals of orchard lands and those of apple leaves, all three copper cadmium and lead were positive but cadmium was insignificantly, correlated.

There was no difference among varieties (Ralls, Jonathan, etc) in these results.

3. The 0.1N HCl extraction proved was more suitable than the 1N-NH<sub>4</sub>OAC extraction for describing the relation-Ship between heavy metal contents of apple leaves and those of orchard lands.

### 緒 論

土壤汚染은 農作物의 生育抑制 뿐만 아니라 오염된 토양에서 재배된 作物을 섭취한 人畜에 病害를 일으키는 重金屬을 含有하게 된다.

土壤汚染物質로는 重金屬, 農藥, 放射能物質 등이 있는데, 이들中 重金屬은 殘留期間이 길고, 毒性이

크며 動·植物體에 蓄積되는 특성이 있다. 일반적으로 토양중금속 汚染原으로는 工場廢水, 都市下水, 醬山폐기물, 농약 및 비료 등이 있으며 지역에 따라서는 차량의 배기가스도 들 수 있고 사과 과수원의 경우는 석회보르드액을 다량 산포하기 때문에 토양중 Cu의 오염이 일부보고 되고있다.

土壤과 農産物의 중금속오염에 대한 연구는 주로

\* 高麗大學校 農化學科 (Dept. of Agricultural Chemistry, College of Agriculture, Korea University, Seoul)

\*\* 農村振興廳 農藥研究所 (Agricultural Chemicals Research Institute, R.D.A., Suwon, Korea)

토양과 농작물 중의 중금속 함량조사<sup>1,2,3)</sup>, 농작물의 생육저해<sup>4,5)</sup> 및 농작물의 중금속흡수에 미치는 토양 조건<sup>6,7)</sup>에 대해 이루어져 왔다. 우리나라에서는 주로水稻의 중금속오염에 대해 연구해 왔으며, 토양中 중금속함량과 농작물中 중금속함량間의 相關關係를 밝힌 연구는 柳<sup>8)</sup> 등이 玄米를 대상으로, 金<sup>9)</sup> 등은 배추를 대상으로 실시한 바 있다.

따라서 本 研究에서는 全國 58개 과수원의 사과나무를 대상으로 사과잎中의 중금속함량을 측정하고, 그 과수생육지의 토양中 중금속함량과의 상관관계를 조사하여 사과 및 과수원 토양의 重金屬汚染에 대한 基礎資料를 마련하고자 하였다.

材料 및 方法

本 研究에 사용된 植物體試料는 전국 58개 과수원 (경기도7, 충북8, 충남11, 경북16, 경남5, 전북5 그리고 강원도 6개 과수원)에서 채취한 사과잎으로 총 151점 (국광56, 홍옥51, 인도21, 골덴13, 후지3, 스타킹3, 축2 왜금1, 대국광1점)이다.

식물체시료는 金<sup>9)</sup> 등이 1978년 6월 20일 부터 7월 15일 사이에 채취하여 조제한 것이고, 각 중금속은 Ternary solution ( $HNO_3 : H_2SO_4 : HClO_4 = 10 : 1 : 4, V/V$ )으로 분해하여 원자흡광분석기로 측정하였으며<sup>10)</sup>, 조사대상 중금속성분은 Cu, Cd 및 Pb이었다. 사과 잎中 중금속함량과의 상관관계 분석을 위해 사용한 토양中 중금속함량은 1N  $NH_4OAC$ (pH 7.0)와 0.1 N HCl을 침출액으로 사용한 結果이다.<sup>11)</sup>

結果 및 考察

1. 사과잎中 重金屬含量

58개 과수원 사과잎中의 3種 중금속의 最大, 最少 및 平均含量은 表1과 같다. 각 중금속의 平均함량은 Cu 26.44, Cd 0.34 그리고 Pb 9.47 ppm 이었으며, 이들 平均함량의 비교로 부터 우리나라 사과잎 중에는 Cu함량이 가장 많고 Pb, Cd순서임을 알 수 있었다. 이는 사과과수에는 석회보르트액을 다량살포하기 때문에 Cu가 가장 많을 것으로 사료된다.

表1에서 각 중금속의 最小, 最大함량은 Cu 6.23-182.85, Cd 0.07-0.61 그리고 Pb 0.00-225.50 ppm으로 변화의 폭이 컸는데 이는 각 지역의 토양특성, 지역 환경 및 오염원의 특성이 다르기 때문인 것으로 생각되며 추후 상세히 검토 연구하여야 할 것으로 사료된다. 이들 각 요인들과 사과나무에 의한 중금속의 흡수에 관하여는 1N  $NH_4OAC$ (pH 7.0)와 0.1N HCl 침출액을 사용하여 측정된 本 과수원 토양의 중금속

Table 1. The heavy metal contents in apple leaves of 58 apple archards in Korea

Classification	Cu	Cd	Pd
	ppm		
Maximum	182.85	0.61	225.50
Minimum	6.23	0.07	0.00
Mean	26.44	0.34	9.47

Table 2. The heavy metal contents in soils of 58 apple orchards in Korea

Extractant		Cu	Cd	Pb
		ppm		
1N $NH_4OAC$ (pH 7.0)	Maximum	101.48	0.41	3.78
	Minimum	0.00	0.00	0.34
	Mean	2.61 (4.8)	0.11 (32.4)	1.50 (8.1)
0.1 N HCl	Maximum	214.73	1.77	107.32
	Minimum	0.20	0.04	1.77
	Mean	53.88 (100)	0.34 (100)	18.53 (100)

( ) : Percentage to mean value of 0.1N HCl extractant

함량은 表2와 같다. 本 과수원 토양에서의 0.1N HCl 침출성 중금속함량은 金동<sup>12)</sup>이 조사한 非汚染地 畝土壤의 0.1N HCl 침출성 중금속함량 보다 높았고, 本 조사 사과畝 中 중금속 평균함량이 Cu 26.44, Cd 0.34, 그리고 Pb 9.47ppm으로 Allaway<sup>5)</sup>가 통상 식물체에 존재하는 중금속함량(common range)은 Cu 4-15, Cd 0.2-0.8 그리고 Pb 0.1-10ppm 범위 이라고 한 것과 비교해 볼때 Cu만이 약간 높으며 Cd와 Pb는 Allaway<sup>5)</sup>의 범위 내이므로 평균값을 근거로 한다면 本 조사 사과畝는 중금속으로 오염되었다고 단정할 수는 없다. 물론 최대 중금속함량이 Cu 182.85 으로 높은 지역이 있었는데 이는 석회 보르드액을 다량 사용시에 첨가된 유산등이 원인 인것으로 사료되며, 확실한 근거조사는 되지 않았으나 과원이 도로변에 위치하여 자동차 배기가스에 의한 납의 오염이거나 또는 특정 한 오염원이 존재했던 것으로 思料된다.

表3은 사과 品種別 중금속 평균함량을 나타낸 것

이다. 9개 품종中 국광과 홍옥은 58개 사과원 모두에 分布하였으며 그 外 7개 품종은 시료수가 적어 기타 품종으로 묶어 비교하였다. 국광(Ralls) 中의 평균중금속함량은 각각 Cu 23.56, Cd 0.40, Pb 12.86ppm 이었고, 홍옥(Jonathan)은 Cu 32.01, Cd 0.29, Pb 14.70 ppm으로 Cd함량만 국광이 높았고, 나머지 Cu Pb 함량은 홍옥이 높았다. 또한 이 두품종에 비하여 기타 품종中的 중금속함량은 모두 낮았다.

Table 3. The average contents of heavy metals in leaves of different apple varieties.

Variety	ppm		
	Cu	Cd	Pb
Ralls (n=56)	23.56	0.40	12.86
Jonathan (n=52)	32.01	0.29	14.70
The others (n=44)	9.82	0.32	4.32

(n : Sample numbers)

2. 土壤과 사과畝中的 重金屬含量間의 相關關係

表4는 0.1N HCl과 1N NH<sub>4</sub>OAC (pH 7.0)를 침출액으로 사용한 토양과 사과畝中的 중금속함량간의 單純相關關係를 나타낸 것이다. 土壤中 0.1N HCl 침출성 Cu는 사과畝中的 Cu와 1%수준의 有意性있는 正의 상관을 보였지만, 1N NH<sub>4</sub>OAC (pH 7.0) 침출성 Cu는 상관이 없었다.

두 침출액 침출성 토양中 Cd은 사과畝中 Cd과 有意성은 없었으며, 이 사실은 柳와 朴<sup>13)</sup>이 두 침출액 (0.1N HCl과 0.1N NH<sub>4</sub>Oxalate)을 사용하여 玄米와

土壤中 Cd함량간에 有意性있는 正의 상관을 얻은 결과와 차이가 있었고, Pb은 0.1N HCl침출액에서 1%수준의 有意性있는 正의 상관을 보였지만, 1N NH<sub>4</sub>OAC (pH 7.0) 침출액은 有意性이 없었는데 이 또한, 柳와 朴<sup>13)</sup>이 두 침출액을 사용하여 玄米와 土壤中 Pb함량사이에 0.1N HCl은 有意性이 없었고, 0.1N NH<sub>4</sub>Oxalate에서만 5%수준의 有意性있는 正의 상관을 보였다는 사실과 차이가 있었다.

이상의 Cd과 Pb의 경우 植物體와 土壤中 含量間의 상관관계에서 本 조사 결과와 柳와 朴<sup>13)</sup>의 結果에 차

Table 4. Simple correlation between heavy metal contents in apple leaves and those extracted with two solutions in soils

Heavy metal	Extractant	Correlation Coefficieient (r)	Regression equation
Cu	0.1N HCL	0.5472**	Y = 0.4502 × + 2.1654
	1N NH <sub>4</sub> OAC	-0.0185	Y = -0.0454 × + 20.3600
Cd	0.1N HCL	0.0345	Y = 0.0263 × + 0.3451
	1N NH <sub>4</sub> OAC	0.0017	Y = 0.0046 × + 0.3553
Pb	0.1N HCL	0.5080**	Y = 1.034 × - 4.6715
	1N NH <sub>4</sub> OAC	-0.0031	Y = -0.0200 × + 10.5892

\*\*\* : Significant at 5% and 1% probability Level

이가 있는 것은 식물체의 부위가 잎과 날알이라는 사실 외에 식물종류, 토양특성 및 오염원 등의 여러 요인이 다르기 때문으로 사료되어진다.

本 조사에서 사과잎과 1N NH<sub>4</sub> OAC(pH 7.0) 침출성 토양中 중금속함량간에는 유의성 있는 상관 관계가 없었고, 0.1N HCl침출액은 유의성있는 正의 상관을 나타내어 과수원토양과 사과잎中の 중금속함량간의 상관관계 분석에 있어서는 1N NH<sub>4</sub> OAC(pH 7.0) 보다는 0.1N HCl 침출액을 사용하는 것이 더 적합하다는 사실을 알 수 있었다.

또한 0.1N HCl과 1N NH<sub>4</sub> OAC (pH 7.0) 침출액을 사용하여 本 과수원 토양의 중금속 함량을 나타낸 表 2에서 1N NH<sub>4</sub>OAC(pH7.0)는 0.1N HCl에 의한 침출량에 비해 각각 Cu는 4.8%, Cd은 32.4%, Pb은 8.1% 밖에 침출해 내지 못한다는 결과와 또한 0.1N HCl 침출법으로 측정된 Cd함량이 玄米中 Cd함량과 상관

관계가 높아 日本의 공해공정시험법에서 이방법을 채택하고 있다는 사실들<sup>2)</sup>을 종합해 볼 때 0.1N HCl 침출법으로 측정되는 토양중금속이 1N-NH<sub>4</sub> OAC 침출법에 비하여 植物의 可給態에 더 가까움을 추론할 수 있다.

表5는 사과잎中の 중금속함량과 0.1N HCl을 침출액으로 사용하여 조사한 토양중 중금속 함량간 상관관계를 국광, 홍옥 그리고 기타품종을 대상으로 비교 분석한 것이고, 表6은 토양침출액이 1N NH<sub>4</sub> OAC(pH 7.0)일 경우이다.

表5에서는 국광과 홍옥품종의 경우 品種을 구분하지 않은 表4의 전체상관관계 분석에서와 같이 Cu Pb은 1% 수준의 有意性있는 正의 상관을 보였고, Cd은 유의성있는 상관이 없었으며, 국광과 홍옥의 유의성 수준은 같았다. 그러나 기타품종의 경우는 세 중금속 모두에서 유의성이 없었다.

Table 5. Simple correlation between heavy metal contents in apple leaves and those extracted with 0. 1N HCl solution in soils

Heavy metal	Variety	Correlation Coefficient (r)	Regression equation
Cu	Ralls	0. 5848**	Y = 0. 3951 X + 4. 4347
	Jonathan	0. 5580**	Y = 0. 5725 X + 1. 1440
	The others	0. 0487	Y = 0. 0105 X + 9. 3540
Cd	Ralls	-0. 0063	Y = -0. 0048 X + 0. 4119
	Jonathan	-0. 0501	Y = -0. 0324 X + 0. 3617
	The others	0. 1515	Y = 0. 1301 X + 0. 2566
Pb	Ralls	0. 5398**	Y = 1. 1249 X - 5. 9492
	Jonathan	0. 5467**	Y = 1. 2562 X - 6. 9982
	The others	-0. 2500	Y = -0. 0773 X + 6. 1432

\*\* : Significant at 1 % probability level

표6에서는 Cu와 Cd 및 Pb의 토양 및 식물체中の 함량간의 관계에 있어서 단지 국광품종의 Cu에서만 1%수준의 유의성있는 正의 상관을 나타내었을 뿐이었다. 그러나 이 Cu 결과도 지역적인 특성, 오염원 등의 차이에 기인한다고 思料되나 추후에 더 조사할 필요가 있겠다. 결국 表5와 6을 종합하여 볼 때 토양과 사과잎中 중금속함량간의 상관관계에 있어서 국

광은 홍옥품종 및 기타 품종 모두에 있어서 큰 차이가 없다는, 즉 품종에 관계없다는 사실을 알 수 있었다.

要 約

사과잎中の 重金屬含量을 측정하고, 과수원토양과

Table 6. Simple correlation between heavy metal contents in apple leaves and those extracted with 1N NH<sub>4</sub>OAC (pH7.0) in soils.

Heavy metal	Variety	Correlation Coefficient (r)	Regression equation
Cu	Ralls	0.6100**	Y = 9.8172 X - 0.2239
	Jonathan	-0.0434	Y = -0.1031 X + 30.3289
	The others	-0.0064	Y = -0.5172 X + 0.4652
Cd	Ralls	-0.2087	Y = -0.3886 X + 0.2822
	Jonathan	0.1607	Y = 0.0866 X + 0.2878
	The others	0.0458	Y = 0.0866 X + 0.2878
Pb	Ralls	0.2539	Y = 9.9527 X - 0.9911
	Jonathan	-0.0294	Y = -0.1449 X + 13.6627
	The others	-0.1423	Y = -0.4789 X + 5.8806

\*\* : Significant at 1 % probability level

사과잎中의 중금속함량間의 相關關係을 규명하기 위해서 우리나라 58개 과수원에서 채취한 사과잎 시료中 Cu, Cd 및 Pb을 分析하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 사과잎中의 중금속 평균함량은 Cu 26,44 (6.23-182.85) ppm, Cd 0.34 (0.07-0.61) ppm, pb 9.47(0.00-225.50) ppm 이었다.

2. 土壤과 사과잎中의 중금속함량間의 상관관계 分析에서 Cu와 Pb은 有意性있는 正의 상관을 보였고, Cd은 有意性은 없었다. 또한 사과 두品種 국광과 홍옥 및 기타품종을 분류 비교한 결과 품종간의 차이는 인정되지 않았다.

3. 토양과 사과잎中의 중금속함량間의 상관관계를 조사한 결과 IN NH<sub>4</sub> OAC (pH 7.0) 침출액 보다는 0.1 N HCl 침출액을 토양침출액으로 사용하는 것이 더욱 높은 有意性있는 正의 상관을 보여서 0.1N HCl이 더 적합한 것으로 밝혀졌다.

參 考 文 獻

- 김동준(1981) : 유기농산곡물 중의 잔류 중금속 측정 및 이의 허용량 검토, 한국생물과학연구원 논총, 제27집, 221-226
- 서윤수외 4人 (1982) : 토양중의 중금속 자연함유량에 관한 조사연구(답토양을 중심으로), 국립환경연구소보, 제4권, 199
- 유순호 (1983) : 아연광산 인근담의 토양 중 중금속함량과 현미중 함량과의 관계, 한국환경농학회지, 2(1), 18-23
- Baumhardt, G.R., and Welch, L.F. (1972) : Lead uptake and corn growth with soil-applied lead, *J. Environ. Qual.*, 1(1), 92-94
- Allaway, W.H. (1968) : *Adv. Agron.* 20, 235-271, in Leeper, G.W. 1978, *Managing the heavy metals on the land.* Marcel Dekker Inc. 39-41
- Hinesly, T.D., Redborg, K.E., Ziegler, E.L., and Alexander, J.D. (1982) : Effect of soil cation exchange capacity on the uptake of cadmium by corn, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46,490-496
- Bingham, F.T., Page, A.L., and Strong, J.E. (1980) : Yield and Cadmium content of rice grain in relation to addition rates of cadmium, copper, nickel, and zinc with sewage sludge and liming, *Soil Sci.* 130(1), 32-38
- 김재봉외 6人 (1980) : 중금속에 의한 토양오염과 농작물내 함량의 상관관계에 관한 연구, 국립환경연구소보, 제2권, 203-211
- 김성복, 서윤수, 정정환, (1979) : 사과원의 년령별 엽분석에 관한 조사, 고려대학교 농림논집, 제19집, 25-30
- 농업기술연구소, 토양화학분석법, 265-275
- 권오경 (1983) : 한국 사과원 토양의 중금속함량

과 이의 흡착 및 탈착에 관한 연구, 고려대학교 석사학위논문

12. 金福榮, 金奎植, 趙在規, 李敏孝, 金善寬, 朴英善, 金福鎮, 1982, 韓國 논 土壤 및 玄光中 重金屬의 天然賦存量에 關한 調查研究. 農事試驗 研究 報告

24(土肥): 51~57.

13. 유순호, 박무언(1985): 현미중 중금속함량 예측을 위한 토양침출액의 비교, 한국환경농학회지, 4(1), 25-36