

都市近郊地域의 菜蔬에 對한 重金屬 汚染에 關한 研究

第 1 報 葉根菜類의 重金屬含量에 미치는 栽培時期, 埋立後 耕作年度의 영향

朴 權 瑀* · 黃 善 九* · 金 永 植*

(1983년 6월 15일 접수)

Studies on the Pollution of Heavy Metal in Vegetable Crops Grown in Suburban Areas

Part I. Influence of Planting Time and Age of Reclaimed Fields on the Contents of Heavy Metals in Leafy and Root Vegetable Crops

Kuen Woo Park*, Sun Koo Hwang* and Young Shik Kim*

Abstract

The influence of planting time and age of reclaimed fields on the contents of heavy metals in vegetable crops in suburban areas was investigated. Investigated crops were 4 radish cultivars, Chinese cabbage, spinach, Garland chrisanthemum, and Welsh onion. Cd, Pb, Cu, and Zn were analyzed. The results obtained were as follows.

- 1) For radishes except Altari-mu and Welsh onion, the highest concentrations of heavy metals were recorded in roots whereas, for Chinese cabbage and Garland chrisanthemum, the highest concentration was appeared in leaves.
- 2) For lettuce, radishes, and spinach, the lowest concentrations of heavy metals were recorded in winter and the concentrations were the same between spring and autumn.
- 3) In lettuce difference of concentrations of heavy metals were not appeared between field age after reclamation with sewage sludge.
- 4) The concentrations of heavy metals observed was not harmful to human health.

1. 서 론

産業의 發達과 각종차량의 急增은 灌溉水와 空氣의 汚染을 증가시켜 大都市近郊 栽培作物의 重金屬汚染을

倍加시키고 있음은 잘 알려져 있으며^(6,12) 國內의 여러 報告를 通하여 그 汚染度가 높으나 人體에는 위험하지 않음이 밝혀졌다.^(4,5,10,15) 또한 서울近郊 低濕地에서 作物栽培를 目的으로 쓰레기를 埋立하여 菜蔬를 生産하는 몇 地域에 대해서도 作物의 重金屬含量이 分析

*高麗大學校 農科大學 園藝學科 (Dept. of Horticulture, College of Agriculture, Korea University, Seoul 132, Korea)

報告된 바 있다.⁽¹⁵⁾

그러나 重金屬의 植物體內的 集積은 植物의 種類나 土壤條件 그리고 栽培時期에 따라 差異가 있음에도 不拘하고⁽¹³⁾ 植物의 部位別, 栽培時期別, 埋立後의 耕作 年限에 따른 研究는 작은 편이다.

본 연구는 서울근교에서 재배되는 主要한 葉根菜類에 대해 部位나 栽培되는 時期 그리고 쓰레기를 埋立한 후 耕作年度가 거듭됨에 따라 重金屬의 含量이 어떻게 變化하는가를 調査했으며 아울러 이를 菜蔬의 品質面에서 기존연구와 比較하여 보았다.

2. 材料 및 方法

調査試料은 서울市 上溪洞쓰레기 埋立地, 난지도 그리고 高大 農大 菜蔬園(안암동)에서 수집하였으며 作物은 主要한 葉根菜類로 상치, 쪽갓, 엇갈이 배추, 시금치, 총각무우, 열무, 무우, 파였다. 지금까지 研究報告에는 栽培作物의 品種이 調査된 바 적은데 品種間의 集積의 差異도 있지만 資料의 精確성을 위해 品種을 調査하였다. 栽培는 一般耕種法에 의했다.

植物體部位에 따른 重金屬含量分析을 위해서 根菜類의 根과 葉을 分離하여 分析하였다. 栽培時期에 따른 重金屬含量變化를 調査키 위해 상치와 열무, 시금치를 選擇하여 봄 가을에 걸쳐 조사분석하였다.

埋立後의 耕作年度에 따라 重金屬 含量變化를 調査키 위해 1982년과 1983년 4월 2회에 걸쳐 埋立後 1年, 3年, 5年이 경과한 지역을 상계동에서 선정하여 상치(赤色 縮緬상치)를 재배하여, 分析調査했으며 栽培는 一般耕種에 준했다.

모든 試料은 Schuphan⁽¹²⁾의 菜蔬品質分析을 爲한 方

法에 의거하여 充分한 量의 試料을 分析에 利用하였다. 試料은 水洗後에 3 회에 걸쳐 三次증류수로 水洗하고 切斷하여 60°C에서 3일간 건조후에 105°C로 1일 건조하여 마쇄시킨 후(40 mesh)에 分析하였다.

分析調査한 重金屬은 Cu, Zn, Pb, Cd였으며, 시료는 ternary solution(HNO₃ : HClO₄ : H₂SO₄) = 10 : 4 : 1을 利用하여 分解, 調製하여 AAS(atomic absorption spectrophotometer)를 利用하여 測定하였으며 含量은 對乾物重으로 表示하였다.

3. 結果 및 考察

(1) 植物部位에 따른 重金屬의 分布

重金屬의 含量은 作物의 種類에 따라 差異를 보였다. 무우의 경우, Cu는 특별한 경향치를 보이지 않았으나 Zn, Pb, Cd는 알타리무우를 제외하고는 根部에서 높은 含量을 나타냈다(Table 1). 동일한 경향을 잎에서 볼 수 있었다. 반면에 배추에서는 잎에서 높은 含量을 나타냈다.

Laske⁽⁷⁾는 무우서 있어 Zn 含量은 잎에서 매우 높으며, Cu는 生育期에 따라 初期에는 잎에서 높으나 後期에는 差異가 없었다고 한다. Lagerwearff⁽⁶⁾은 Pb는 무우의 뿌리에 높고 Cd와 Zn은 잎에서 높은 含量을 보였다고 한다. 이와같은 경향은 本실험에서 알타리무우만 일치하고 Zn과 Cd의 含量은 다른 품종에서 일치되지 않고 있는데, 이는 品種의 差異, 재배지의 환경이나 비닐하우스 등을 이용한 때문이 아닌가 추측된다. 즉, 서울근교에서 열무나 총각무우는 vinyl house에서 재배되며 本실험도 열무와 총각무우는 온실에서 재배한 때문에 잎의 오염도가 낮은 것이 아닌가 추측

Table 1. The contents of heavy metals in different parts of leafy and root vegetables

Crop	Variety	Sampling region	Parts of plant	Contents of heavy metals (ppm/dry matter)			
				Zn	Cu	Pb	Cd
Radish	Eyul-mu	Nanjido	Leaf	36.4	4.9	trace	—
			Root	108.2	7.1	16.4	0.5
	Chongkak-mu	Nanjido	Leaf	129.3	5.0	trace	0.6
			Root	135.9	4.1	20.8	0.6
	Taewang-mu	Anamdong	Leaf	40.5	4.8	trace	—
			Root	100.1	2.0	8.8	0.6
	Altari-mu	Sangaedong	Leaf	145.0	3.8	21.0	0.6
			Root	100.0	6.0	22.0	0.4
Chinese cabbage	Seoul-batchu	Nanjido	Leaf	105.2	5.2	14.0	1.0
			Root	39.0	2.3	24.8	0.6
Welsh onion	Sukchangpa	Sangaedong	Leaf	111.0	2.5	7.0	0.5
			Root	167.0	5.5	7.0	0.5
Garland chrisanthemum	Jungyupjong	Anamdong	Leaf	103.0	7.0	trace	0.6
			Root	100.0	5.3	trace	0.5

된다. 또는 收穫期를 일반재배보다도 빨리하여 移動과 集積의 差異가 있지않나 생각되는데 앞으로 이에 관한 연구가 요구된다. 특히 토양 pH 에 따른 변화라던가, Zn 이 auxin 의 전구물질인 tryptophan 의 형성을 촉진하므로, 根菜類에서 이와 관련된 문제의 연구가 요구된다.⁽⁹⁾

배추에서는 잎에 그 含量이 높았는데 이는 양⁽¹⁵⁾의 상처에서와 일치하고 있다 Fritz⁽²⁾ 등도 일반적으로 중금속의 함량이 뿌리보다는 잎에 높다고 보고하고 있다.

일과의 경우는 지금까지 食用부위가 아닌 根分析이 없었는데 이 根部에 높은 것은 역시 栽培地와 關聯된 植物의 特性으로 앞으로 生育期나 토양條件 등에 따른 比較研究가 필요하다고 본다.

이상 네가지 작물을 比較해 볼 때 안암동에서 재배된 파와 총각무우가 비교적 낮은 重金屬의 含量을 나타내며 난지도와 상계동간에는 특별한 차이가 없었다. 이는 쓰레기 매립지에서 다소 重金屬의 含量이 높은 것을 뜻하는데 앞으로 同一品種을 同一時期에 地域別로 播種栽培하여 보다 구체적인 研究가 요망된다.

(2) 재배시기에 따른 重金屬 含量變化

상치의 경우에 겨울재배 상치가 重金屬의 含量이 낮은 傾向을 보였으며 무우와 시금치는 봄과 가을재배에서 差異가 없었다(Table 2).

상치의 경우 여름재배를 調査치 못한 것은 여름상치는 品種이 다르기 때문이었으며 무우나 상치의 경우도 여름에는 추대가 되므로 近郊에서 栽培가 이루어 지지 않기 때문이었다.

일반적으로 이와같은 季節的인 養分의 含量變化는 자주 報告되고 있는데 겨울재배의 경우 낮은 含量은 뿌리의 吸收力의 감소가 낮은 氣溫이나 地溫때문에 나타난 결과라 추측된다.⁽⁹⁾ 그러나 이와같은 傾向은 植物의 種類나 겨울철의 난방법에 따라 다르리라 예상된다. 특히 근래 많이 이용하는 기름을 使用한 난방은 공기의 오염과 함께 藥菜類에서 重金屬의 含量을 증진시킬 가능성이 있다.

봄과 가을의 含量에 큰 差異가 없는 것은 氣候의 으로 비슷한 條件에 있기 때문이며, Park⁽¹¹⁾은 무우에서 Ca, Mg, Na 등의 함량이 봄과 가을에는 큰 차이가 없음을 보고하고 있어, 移動하기 어려운 重金屬도 비슷한 傾向 때문에 그 差異가 크게 나타나지 않았다고 생각된다.

(3) 매립후의 耕作年度에 따른 重金屬 含量變化

埋立後에 1, 3, 5년된 土壤에서 상치를 대상으로 調査한 결과, 年度에 따라 큰 差異가 없었으나 Cu 와 Cd 는 多少 감소하는 傾向을 보였다(Table 3).

매립후 초년도에 作物을 재배할 때 農家에 따라 差

Table 2. The contents of heavy metals in leafy vegetables grown in different seasons

Crop	Season	Content of heavy metal (ppm/dry matter)			
		Zn	Cu	Pb	Cd
Lettuce	Spring	339.0	5.5	1.3	1.3
	Autumn	341.0	4.3	3.8	0.1
	Winter	86.3	6.7	trace	trace
Radish (leaf)	Spring	145.0	3.8	21.0	0.6
	Autumn	140.0	6.7	trace	trace
Spinach	Spring	110.0	6.9	—	0.7
	Autumn	103.0	7.0	—	0.6

異는 있으나 埋立地에 客土를 실시하는데 이로 인하여 처음 재배에도 불구하고 함량이 크게 높지 않다고 본다. 양⁽¹⁵⁾은 재배지 토양을 表土(1~10 cm), 深土(10~20 cm)로 나누어 重金屬의 含量을 調査한 결과 심토에서 높은 含量을 보였다 한다. 이는 灌水 등에 따른 移動보다는 客土나 作物이 吸收利用하는 횟수가 계속된 결과라 추측된다. 반면에 地下水를 통한 灌水로서 재배년한에 관계됨이 없이 일률적인 重金屬의 含量이 증가될 수 있어 앞으로 관개수의 분석도 요구된다.

Gionardo 와 Mays⁽³⁾의 의하면 1 ha 에 224 ton 의 쓰레기를 뿌린 후에 각종 작물을 재배한 결과, Zn 과 Cu 는 對照區에 비해 증가하나 Cd 와 Pb 는 감자, 오이, bean 에서 큰 差異가 없었다고 한다. 이와같은 결과는 作物의 吸收能의 差異 그리고 토양 pH 등과 관계가 있다고 했다.

이미 報告⁽⁹⁾된 바대로 pH 가 중성에서 약알칼리 pH (6.9~7.2)로 되면 많은 중금속의 흡수가 억제된다. 그러므로 埋立地에서는 보다 철저한 土壤管理를 통해서 重金屬의 集積을 막는 것도 耕種을 통한 한 가지 방법이므로 앞으로 이런 方向도 계속적으로 연구해보려고 한다. 즉, 이미 菜蔬栽培에서 잘 알려진 바대로 充分한 石灰質肥料의 利用으로 土壤酸度를 調整시켜 不溶性 增進과 아울러 그에 따른 金屬의 植物體內的 移動을 저지함으로써 耕種의인 面에서의 植物內的 蓄積을

Table 3. The contents of heavy metals in lettuce grown in field amended with sewage sludge for vegetable growing(average of 2 experiments)

Cultured years after reclaimed	Content of heavy metals (ppm/dry matter)			
	Zn	Cu	Pb	Cd
1	280	9.7	20.8	2.2
3	339	9.2	21.7	2.1
5	290	8.3	20.7	1.7

막는 것이다.⁽¹²⁾

(4) 重金屬의 含量과 菜蔬의 品質

이상 調査에서 나타난 結果를 보면 그 含量이 盧⁽¹⁰⁾ 등이 調査했을 때보다 다소 增加했지만, 이를 食品法이 가장 엄하다는 獨逸의 6個 菜蔬園地에서 재배된 菜蔬類의 重金屬含量을 比較해보면 위험하지는 않다. 그러나 Zn의 含量이 다소 높은 원인은 그 규명이 어려운 실정이다. 이는 쓰레기를 분류함에 있어 각종 垃圾 등이 분류 수거되지 않고 埋立되어 利用되고 상식화되었듯이 Zn과 Mn이 많이 함유된 Dithane-M-45 系統의 農藥을 많이 使用함으로써 Zn이 植物體內에 높게 檢出된 가능성도 전혀 배제할 수 없다.

어쨌든 Table 4에서 나타난 Pb와 Cd를 각각 對生體重⁽¹¹⁾으로 환산할 경우 각각 0.5 ppm과 0.1 ppm이 되어 Fritz 등⁽¹²⁾이 독일 보전당국의 규제치를 기준으로 제시한 Pb 1 ppm과 Cd 0.5 ppm⁽¹⁰⁾ 선에 미달됨을 알 수 있어 큰 문제는 되지 않는다고 보며 이 水準은 獨逸의 허용량이므로 품질적인 면에서도 나쁘지 않다고 본다. 그러나 盧 등⁽¹⁰⁾이 Cd와 Pb의 검출이 작았던데 비해 근래들어 거의 모든 채소에서 다소간에 積적⁽⁵⁾이 나타난 것은 70년대 중반부터 심화된 空氣汚染도 원인이 될 수⁽¹⁾ 있으나 앞으로 보다 低濃度 내지는 重金屬의 含量이 없는 菜蔬의 生産을 위해 耕種의이나 制度的 노력을 해야 하리라 본다. 특히 埋立地에서 無土壤栽培의 發展은 無公害食品의 生産을 可能케 하므로 이러한 觀點에서 政府와 農民의 努力이 要求된다.

Table 4. Extreme values of contents of heavy metals in vegetable crops

Country	Content	Contents of heavy metals (ppm/d.w.)			
		Zn	Cu	Pb	Cd
Korea ^a	maximum	341	9.2	22.0	2.2
	minimum	36	2.3	—	—
Germany ^b	maximum	300	78	62	4
	minimum	15	2	—	—

^aContents of heavy metals in this work
^bContents of heavs metals in vegetables grown in 6 producing areas in West Germany⁽²⁾

4. 要 約

都市近郊의 重金屬汚染의 實態를 調査하고자 일차적으로 葉根菜類인 상치, 쑥갓, 잎과, 배추, 무우(4個品種)를 선정하여 植物의 部位, 栽培時期 그리고 埋立後

의 耕作年度에 따라 重金屬(Zn, Cu, Pb, Cd)의 含量을 調査한 바 다음과 같은 結果를 얻었기에 報告하는 바이다.

- 1) 무우와 잎과는 뿌리에 높은 함량을 보이는 반면, 배추와 쑥갓에서는 잎에 重金屬含量이 높았다.
- 2) 상치의 경우 겨울에 重金屬含量이 가장 높았고 봄과 가을間에는 差異가 없었다. 무우(잎)와 시금치는 봄과 가을만 調査했는데 이들 相互間에는 含量의 差異가 없었다.
- 3) 埋立後 1, 3, 5년된 땅에서 상치를 栽培하여 重金屬의 含量을 比較한 결과 差異를 發見치 못했다.
- 4) 調査된 重金屬의 含量은 인체에 위험하지는 않았다

Literature

1. 車喆煥 (1978) : 서울市內 大氣汚染度調査研究(重金屬을 중심으로), 1977年度 政策課題 學術研究報告書, p. 45.
2. Fritz, D., Foroughi, M. and Venter, F. (1976) : Schwermetallgehalte in einigen Gemüsearten, *Landwirt. Forsch. Sonderh.*, **33**(2), 335.
3. Giordano, P. M. and Mays, D. A. (1976) : Yield and heavy metal content of several vegetable species grown in soil amended with sewage sludge, *15th Annual Hanford Life Science Symposium*, Richland, WA.
4. 鄭淵敦, 李在奭 (1981) : 菜蔬園의 栽培歷差異가 菜蔬 및 土壤에 있어서 重金屬含量에 미치는 影響, *韓國園藝學會誌*, **22**(1), 1.
5. 金明燦, 成洛葵, 沈奇煥, 李敏孝, 李在仁 (1981) : 晋州地方의 園藝作物中 重金屬含量, *韓國食品科學會誌*, **13**(4), 299.
6. Lagawerff, J. V. (1971) : Uptake of cadmium, lead and zinc by radish from soil and air, *Soil Sci.*, **3**(2), 129.
7. Laske, P. (1979) : Nährstoffentzug und Verlauf der Nährstoffaufnahme einer frühen Kultur weißer Stückrettiche unter Hochglas, *Landwirt. Forsch. Sonderh.*, **36**, 163.
8. Lisk, D. J. (1972) : Trace metals in soils, plants and animals, *Adv. Agron.*, **24**, 267.
9. Mengel, K. and Kirkby, E. A. (1978) : *Principle of plant nutrition*, International Potash Institute, p. 451-519.
10. 盧鼎培, 高仁錫, 權赫姬, 延廷奉, 兪炳天 (1974) :

食品中 有害性微量金屬에 對한 연구, 국립보건연구원보, 10, 437.

11. Park, K.W. (1981) : *Einflüsse von Jahreszeit, Nährstoffangebot und Eintetermin auf die Qualität des Rettichs*, Dissert. TU München Weihenstephan.
12. Schmid, G., Rosopulo, A. and Weigelt, H. (1975) : Schwermetallgehalte in einigen Gemüsearten, *Landwirt. Forsch. Sonderh.*, 33(2), 335.
13. Schuphan, W. (1963) : Entnahme und Vorbereitung der Proben zur Qualitätsuntersuchung, *Qual.*

Plant. Mater. Veg., 10, 319.

14. Stoewsand, G. S. (1980) : Trace metal problems with industrial waste materials applied to vegetable producing soil, In *The Safety of Foods*, Second. Ed Avi Pub. Co., p.423~441.
15. 양용준 (1981) : 도시근교 채소원의 중금속함량과 채소류에 의한 중금속의 흡수 및 축적에 관한 연구, 석사학위논문, 서울대 대학원(농대 원예학과).

<본 연구는 아산재단 연구지원비에 의하여 이루어진 것으로 재단측에 감사드린다>