

## 만경강유역 농작물의 중금속함량에 관한 연구

유일수\* · 최창진\* · 황은희\*\*

\*원광대학교 문리과대학 화학과

\*\*원광대학교 가정대학 식품영양학과

(1986년 1월 18일 접수)

## Studies on the Contents of Heavy Metals in Crops at the Mankyung River Area

Il-Soo You, Chang-Jin Choi\* and Eun-Hee Hwang\*\*

*\*Department of Chemistry*

*\*\*Department of Food and Nutrition*

*Won Kwang University, Iri 510, Korea*

*(Received January 13, 1986)*

### Abstract

Authors investigated the analysis heavy metals in crops at the Mankyung river area. Samples were digested with Conc. nitric acid and Conc. hydrochloric acid and analyzed by Varian 875 Atomic Absorption Spectrophotometer in 1984.

The results were as follows: The contents of heavy metals in rice were in the range of 0.41~5.15, 1.12~5.18, 10.65~14.54, 24.15~35.41ppm for Pb, Cu, Mn, Zn respectively. Those in barley were in the range of 0.48~0.81, 1.39~2.81, 9.69~14.89, 30.14~34.84ppm for Pb, Cu, Mn, Zn respectively. Those in kidney bean were in the range of 0.06~0.13, 3.65~6.25, 7.65~12.15, 51.25~65.69 ppm for Pb, Cu, Mn, Zn respectively. Those in corn were in the range of 0.59~0.89, 2.15~2.83, 6.01~10.15, 29.31~36.15ppm for Pb, Cu, Mn, Zn respectively.

We might be concluded that the above values of heavy metals contained in crop at the sites near to Mankyung river were serious partially.

### I. 서 론

萬頃江의 水質汚染은 全州市民, 裡里市民의 生活下水 및 全州工業團地, 裡里工業團地の 廢水에 의하여 날로 深化되어가고 있으며 最近 産業의 發達에 의하여 汚染은 더욱 惡化되어가고 있다. 이러한 汚染은 萬頃江물에 의하여 耕作되어지고 있는 주위 農作物에도 많은 影響을 주고 있을 것으로 생각되어 本研究에서는 이에 관심을

갖고 實驗에 임하였다.

本實驗에서는 農作物의 汚染中 특히 重金屬의 含量을 調査하였는데 이는 農作物의 重金屬含量은 農作物生理上 存在하는 天然含有量외에 土壤, 灌溉水, 肥料, 殺蟲製, 産業廢棄物 및 燃燒物 등으로 부터 由來되며, 土壤에 存在하는 重金屬은 Lisk<sup>1)</sup>에 의하면 크게 4가지로 區分되었는데 그중 灌溉水에서 녹아들어오는 양도 상당한 影響을 받으리라 생각되며 이러한 重金屬이 人體에 주는

被害가 크다는 여러 報告들에 의하여 研究對象으로 하였다.

Underwood<sup>2)</sup>는 人體 및 動物에 필요한 微量元素은 Cu, Zn, Fe, Mn, B, Si, Cu 및 Mo등이라고 하였는데 汚染物質로서 重金屬의 性質은 必要量以上の 濃度에서는 長期的인 生物學的 濃縮現象을 일으키는 것이다. 이로 인한 被害에 관해서는 많은 지식이 쌓였고 汚染源으로부터 人體에 蓄積되는 社會的 測面, 生化學的 經路에 대해서도 많이 알려져있는 실정이다.

우리나라에서는 高<sup>3)</sup>등이 食品衛生管理上의 汚染與否와 許用基準量을 規定하고자 1972년과 1973년에 非汚染地域에서 採取한 15種의 農産物中에 들어있는 Cu를 비롯하여 6種 重金屬의 天然含有量을 調査한 바 있으며 그외에 各種 農産物<sup>4-8)</sup>, 통조림<sup>9)</sup>, 一般常用食品<sup>10-12)</sup>, 水産物<sup>13-15)</sup>의 重金屬含量이 報告·發表되었다.

本 調査에서는 이러한 重金屬이 萬頃江周圍의 農作物에 얼마나 含有되어 있는가를 알기 위하여 비교적 汚染된 地域을 選定하여 公害 公定試驗法<sup>16)</sup>에 準하는 實驗方法으로 試料를 前處理하여 元子吸光分析法(Atomic Absorption Spectrophotometry)에 의하여 調査分析하였기에 그 結果를 報告하는 바이다.

## II. 實驗 材料 및 方法

### 1. 實驗 材料

萬頃江 流域에서 採배된 쌀, 보리, 강남콩, 옥수수에 含有된 Pb, Cu, Mn, Zn의 含量을 調査하였다.

### 2. 汚染 調査地點

重金屬含量에 變化가 있으리라 豫想되는 地點을 三川과 全州川의 合流地點을 基點으로 A~L까지 12곳을 選定하였고, 江물로부터 農作物에 重金屬이 확산되어가는 程度를 측정하기 위해서 a~d地域을 定하였으므로 그 위치는 Fig.1과 같다.

- A. 全州川과 三川의 合流地點.
- B. A地點에서 1km떨어진 地點.
- C. 全州川과 全州工業團地 廢水路와 合流하는 地點.
- D. C地點에서 1km떨어진 地點.
- E. C地點에서 2km떨어진 地點.
- F. 全州川과 高山川의 合流地點.
- G. F地點에서 2km떨어진 地點.
- H. F地點에서 5km떨어진 地點.
- I. F地點에서 10km떨어진 地點.
- J. 裡里工業團地 廢水路와 萬頃江이 合流하는

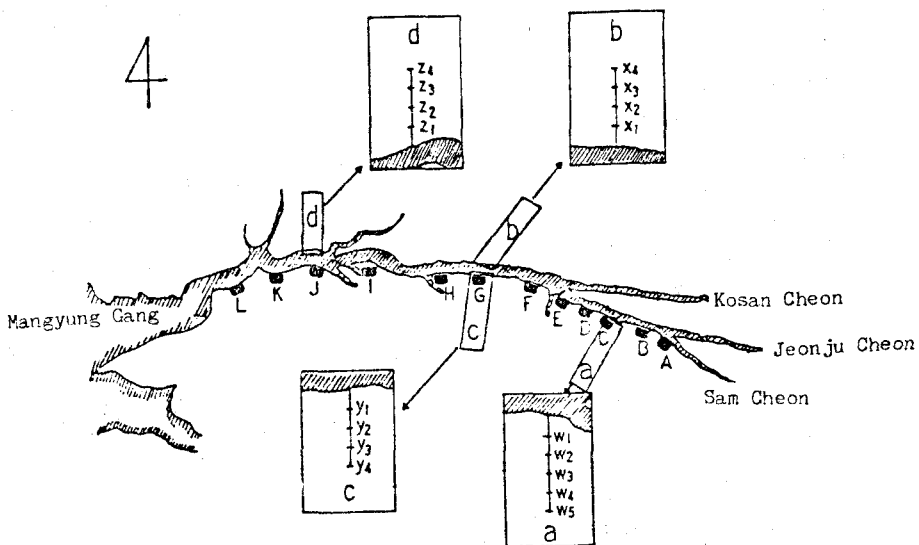


Fig. 1. Sampling sites along the Mangyung river area.

地点에서 0.5km 떨어진 地点.

K. J地点에서 1km 떨어진 地点.

L. J地点에서 2km 떨어진 地点.

또한 河川으로부터 內陸地域으로의 重金屬의 확산여부<sup>17), 18)</sup>를 알기위해서는, C地点에서 完州郡 助村面 長洞里方向으로 1km간격으로 W<sub>1</sub>, W<sub>2</sub>, W<sub>3</sub>, W<sub>4</sub> 및 W<sub>5</sub>로 정하여 C地点을 포함한 W<sub>1</sub>~W<sub>5</sub>를 (a)地域이라 하고, G地点에서 益山郡 王宮面 温水里方向으로 1km간격으로 X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub> 및 X<sub>4</sub>로 정하여 G地点을 포함한 X<sub>1</sub>~X<sub>4</sub>를 (b)地域이라 하였다. 또한 G地点에서 위의 (b)地域과 반대方向을 1km간격으로 Y<sub>1</sub>, Y<sub>2</sub>, Y<sub>3</sub> 및 Y<sub>4</sub>로 정하여 G地点을 포함한 Y<sub>1</sub>~Y<sub>4</sub>를 (c)地域이라고 정하였고, J地点에서 益山郡 五山面 五山里方向으로 1km간격으로 Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub>, Z<sub>3</sub>, 및 Z<sub>4</sub>로 정하여 J地点을 포함한 Z<sub>1</sub>~Z<sub>4</sub>를 (d)地域이라 하였다.

3. 實驗 方法

試料은 수확적기에 있는 各各의 農作物을 採取<sup>19)</sup>하여 立穀形態로 한후 異物質을 제거하여 105℃에서 恒量이 될 때까지 乾燥시켜 사용하였으며 各各의 試料 5g을 取하여 Conc. Nitric acid 20ml, Perchloric acid 8ml 및 Conc. Sulfuric acid 2ml를 첨가하여 濕式灰化法<sup>20~24)</sup>에 의하여 蒸發乾固시킨 후 6N-Hydrochloric acid로 沈出하여 그 濾液을 Varian 875 Absorption Spectrophotometer를 사용하여 重金屬의 含量을 測定하였다.

III. 結果 및 考察

農作物의 汚染度와 관계가 깊은 水質의 汚染度를 1984년 3월~9월에 걸쳐 萬頃江의 全地域을 8곳으로 區分하여 測定한 結果는 Pb이 0.08~0.218 (평균0.039) ppm, Cu가 0.09~0.153(평균 0.44) ppm, Cd이 0~0.153 ppm, Zn이 0.035~0.131(평균 0.072)ppm 및 Mn은 0.118~0.651(평균 0.210) ppm으로서 現行 環境保全法 施行規則 第7條 規定에 의한 環境基準중 水質(1)河川 및 湖沼의 生活環境 基準과 사람의 健康基準인 pb(0.1mg/ℓ이하)含量에 비하면 平均치는 낮으나 地域에 따라 基準量을 초과하고 있다.

(1) 作物 採取 地点別 Pb含量

Fig.2에서 보는 바와 같이 水質의 납含量이

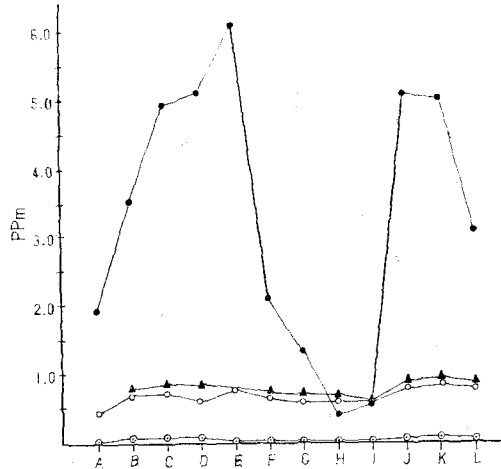


Fig. 2. The contents of Pb in corps of respectively sites.

rice; ●, kidney bean; ⊙, corn; ▲, barley; ○

0.109ppm으로 측정되어 가장 汚染이 심한 C~F 사이 즉 全州川과 全州工業團地 廢水의 合流地点의 農作物중 특히 쌀의 鉛含量이 4.0ppm以上으로 크게 나타났다.

쌀의 鉛含量은 平均 3.211ppm으로서 高登<sup>3)</sup>, 盧登<sup>4)</sup>, 金登<sup>23)</sup>, 孫登<sup>26)</sup>, 許<sup>27)</sup>의 調査에 의한 各各 0.21, 0.26, 0.114~0.604, 0.42, 0.18ppm보다 훨씬 높은 수치로 나타났다. 보리의 鉛含量은 平均 0.721ppm으로서 高登<sup>3)</sup>, 盧登<sup>4)</sup>에 의해 조사된 0.33, 0.16ppm보다 높히 測定되었고 江南農의 경우 平均 0.06ppm으로서 高登<sup>3)</sup>의 調査에 의한 0.03ppm보다 많이 나타났다며 옥수수는 平均 0.853ppm으로서 高登<sup>3)</sup>의 측정치보다 많이 함유된 것으로 나타났다.

쌀의 경우 영국의 일반식품중 耐貯용량인 2.0 ppm보다는 많고 일본의 허용기준인 1.0~5.0ppm의 수준안에 들어 있는데 다른 농작물은 이러한 허용기준보다 낮게 측정되었다.

(2) 作物 採取 地点別 Cu含量

Fig.3에서와 같이 C, D, E, J 및 K地点의 農作物이 다른 地点보다 많은 양으로 測定되었는데 이 地域 水質의 Cu含量도 平均 0.104ppm으로서 다른 地域보다 높은 數值이다.

쌀의 구리含量은 平均 3.221ppm으로서 高登<sup>3)</sup> 孫登<sup>26)</sup>, 金登<sup>25)</sup>에 의한 各各 0.96, 0.55~2.85,

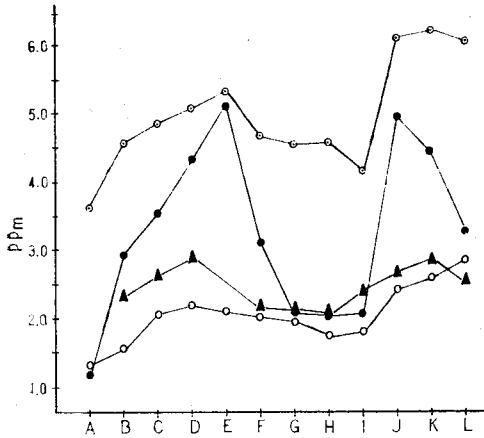


Fig. 3. The contents of Cu in corps of respectively sites.

rice; ●—, barley; ○—  
kidney bean; ●—, corn; ▲—

1.6ppm보다 높히 測定되었고 보리는 평균 2.110 ppm으로 高登<sup>3)</sup>이 調査한 1.23ppm에 비하여 다소 높게 나타났다. 강남콩은 평균 4.752ppm으로서 本實驗에 사용한 農作物중 가장 많았고 옥수수는 평균 2.431ppm으로 나타났다.

高登<sup>3)</sup>은 우리나라 非汚染 地域의 農作物의 구리 含量을 0.05~3.13ppm으로 報告하였는데 本調査에서 강남콩은 이보다 높게 측정되었다. 孫登<sup>26)</sup>에 의하면 쌀의 生産地에 따라 구리의 含量에 상당한 差異를 나타내어 土壤, 水質 및 外部的 要因에 따라 구리의 含量은 크게 影響받는 것으로 사료된다.

(3) 作物 採取 地点別 Mn含量

各作物의 망간함량은 Fig.4에서와 같이 가장 높은 測定值를 보인 것은 쌀이 B地点에서 14.54, 보리가 L地点에서 14.89, 강남콩은 E地点에서 12.15, 옥수수가 L地点에서 10.15ppm으로서 이 地域水質의 망간함량은 0.310ppm으로 測定되었다.

이 最高值들은 高登<sup>3)</sup>에 의한 非汚染 地域에서 生産된 農作物의 망간함량인 0.05~9.0ppm에 비하면 많은 양이며, 孫登<sup>26)</sup>에 의한 한국산 玄米의 망간함량이 22.67 ppm, 金登<sup>25)</sup>이 調査한 우리나라 玄米와 밀양계통쌀의 30.1~38.2, 67.506~115.292 ppm에 비해서는 낮은 양이다. 보리, 강남콩 및 옥수수의 망간함량은 非汚染 地域에서

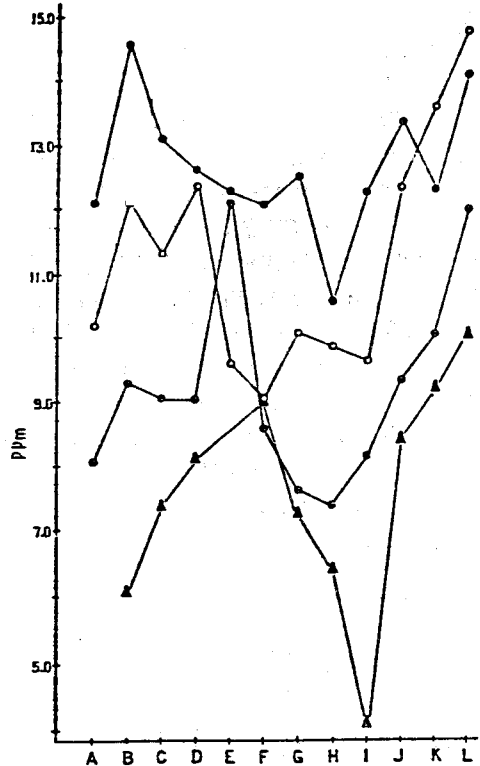


Fig. 4. The contents of Mn in corps of respectively sites.

rice; ●—, barley; ○—  
kidney bean; ●—, corn; ▲—

生産된 것보다 높은 測定值를 보였고 各 作物採取地点에 따른 망간의 含有量은 一般性을 찾기가 어려웠다.

(4) 作物 採取 地点別 Zn含量

아연함량은 Fig.5에서와 같이 쌀에서 24.15~35.41, 보리에 30.14~34.84, 강남콩 51.25~65.69, 옥수수 29.31~36.15 ppm으로 測定되었는데 各地点에 따라 비교적 고른값으로 나타났고 네가지 農作物중 강남콩의 아연함량이 평균 55.10 ppm으로서 가장 많이 含有되어 있었다.

쌀의 아연함량 평균 28.0 ppm으로서 金登<sup>25)</sup>에 의한 玄米에 8.4~14.8 ppm, 밀양계통 玄米에 30.828~39.250ppm, 孫登<sup>26)</sup>에 의한 玄米에 15.48 ppm, 김포산 玄米에 13.5ppm으로 측정된 것에 비하면 아연함량이 많은 밀양계통쌀보다는 적으나 다른 測定值보다 많은 양임을 알 수 있다.

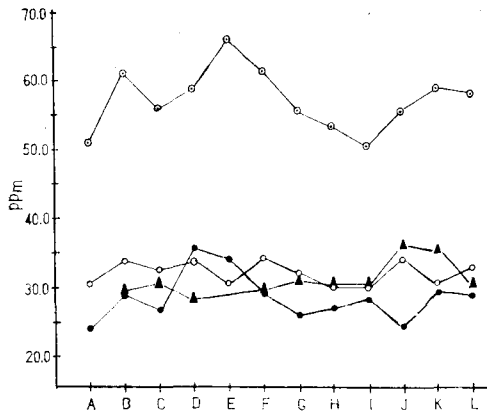


Fig. 5. The contents of Zn in corps of respectively sites.

rice; —○—, barley; —○—  
kidney bean; —●—, corn; —▲—

非汚染 地域에서 生産된 쌀, 보리, 콩 및 옥수수  
수의 아연함량이 各各 22.8, 25.3, 45.2, 26.4  
ppm으로 報告되었는데<sup>3)</sup> 이에 비해서는 本調査에

서의 測定値가 높으나 영국의 一般食品중 許容量  
인 50 ppm, 그리고 일본의 食品中常在含量인 72  
~73 ppm보다는 낮은 수준을 나타내고 있다.

2. 各 地域別作物的 重金屬含量

(1) (a)地域 作物的 重金屬 含量

Table.1에서 보는 바와 같이 各 作物的 重金屬  
含量은 水質 汚染이 심한 C地点에서 가장 많은  
값으로 나타났으며 C地点으로부터 1km 떨어진 W<sub>1</sub>  
地点을 지나면서 현저히 감소되었다.

쌀의 납함량은 C地点에서 4.95 ppm, C地点의  
內陸地点인 W<sub>4</sub>地点에서 0.21 ppm으로 나타났는  
데 이 C地点水質中 鉛함량이 0.109ppm으로서 가  
장 높이 測定되어 水質과 農作物的 汚染度는 관  
계가 있고 河川의 內陸地方으로 갈수록적어짐을  
알 수 있다.

보리의 重金屬含量은 쌀에 비하여 汚染이 심하  
지 않은 것으로 나타났으며 汚染이 심한 C地点  
으로부터 1~2km 떨어진 지점을 지나면서 汚染은  
급격히 감소되고 있었다.

Table 1. The contents of heavy metals of(a) area.

중금속	거리 농작물	200m이내	1km	2km	3km	4km	5km
		C 지점	(W <sub>1</sub> )	(W <sub>2</sub> )	(W <sub>3</sub> )	(W <sub>4</sub> )	(W <sub>5</sub> )
Pb	쌀	4.95	1.48	0.31	0.22	0.21	0.23
	보리	0.73	0.45	0.41	0.36	0.31	0.34
	강남콩	0.13	—	0.06	0.03	0.04	0.03
	옥수수	0.86	—	0.63	—	0.51	0.50
Cu	쌀	3.51	1.56	1.13	0.95	0.94	0.98
	보리	2.12	1.48	1.41	1.26	1.35	1.24
	강남콩	7.85	—	3.35	3.45	3.18	3.21
	옥수수	2.61	—	1.82	—	1.65	1.63
Mn	쌀	13.15	9.61	8.35	10.00	9.96	9.02
	보리	11.35	7.91	6.95	7.13	7.69	7.05
	강남콩	9.15	—	5.85	6.15	5.35	5.62
	옥수수	7.35	—	5.75	—	4.53	4.51
Zn	쌀	26.35	23.95	22.01	21.90	22.15	22.41
	보리	32.51	27.35	26.15	26.35	23.61	26.01
	강남콩	56.36	—	43.15	41.61	48.15	46.05
	옥수수	31.43	—	26.98	—	26.91	26.15

Unit; ppm

Table 2. The contents of heavy metals in crops of (b) area.

중금속	거리 농작물	200m 이내	1km	2km	3km	4km
		G 지점	(X <sub>1</sub> )	(X <sub>2</sub> )	(X <sub>3</sub> )	(X <sub>4</sub> )
Pb	쌀	1.30	1.19	0.46	0.35	0.25
	보리	0.62	0.45	0.41	0.35	0.33
	강남콩	0.08	0.04	0.03	0.03	0.03
	옥수수	0.71	—	—	0.53	0.51
Cu	쌀	2.15	1.25	1.05	1.05	0.96
	보리	1.98	1.95	1.78	1.36	1.25
	강남콩	4.51	3.81	3.48	3.39	3.35
	옥수수	2.18	—	—	1.75	1.65
Mn	쌀	12.51	12.31	11.65	10.13	9.13
	보리	10.15	8.51	8.05	6.51	7.01
	강남콩	7.65	6.65	6.05	5.91	7.65
	옥수수	7.20	—	—	4.91	4.53
Zn	쌀	26.35	24.51	24.21	22.35	23.15
	보리	32.15	30.15	27.35	26.15	25.95
	강남콩	55.31	46.18	42.35	48.65	55.31
	옥수수	31.51	—	—	27.35	27.12

Unit: ppm

강남콩의 납함량은 C地点에서 0.13ppm으로서 C地点의 가장 內陸地方인 W<sub>5</sub>지점에서 0.03ppm의 測定値에 비하면 4.33배나 오염이 심했는데 아연은 C地点과 W<sub>5</sub>地点 사이에 별差異가 없었다.

옥수수의 중금속함량은 C地点에서 많은 값으로 나타났으나 그 외의 地点에서는 큰 差異가 없었다.

#### (2) (b)地城 作物의 重金屬 含量

(b)地城 作物의 중금속 함량은 Table 2와 같다.

쌀의 납함량은 G地点에서 1.30ppm, X<sub>4</sub>地点에서 0.25ppm으로 각각 나타났으며 Cu, Mn 및 Zn함량도 G地点에서 X<sub>4</sub>地点으로 갈수록 점차적으로 감소되었다.

보리의 Pb, Cu함량은 G地点에서 X<sub>4</sub>地点으로 갈수록 감소하였으나, 쌀의 감소폭보다는 적었으며 Mn은 쌀과 비슷한 비율로 감소하였고 Zn은 쌀에 비하여 보리의 감소폭이 더 컸다.

강남콩의 Pb, Cu 및 Mn함량은 G地点에서 X<sub>4</sub>地点으로 갈수록 감소하고 있었으나 Zn함량은 G地点과 X<sub>4</sub>地点 사이에 차이가 없었다.

옥수수의 중금속 함량은 G地点에서 Pb, Zn함

량이 각각 0.71, 31.51ppm으로 나타나고 G地点에서 X<sub>4</sub>地点 사이에 一定한 差等關係를 보이지 않았다.

#### (3) c地城 作物의 重金屬 含量

(c)地城 作物의 重金屬 含量은 Table 3과 같다.

쌀의 납함량은 Y<sub>3</sub>地点, 구리는 Y<sub>1</sub>地点을 지나면서 각각 현저히 감소되고 있음을 알 수 있으며 망간함량은 Y<sub>3</sub>地点과 Y<sub>4</sub>地点 사이에 같은 값으로 나타났으나 아연은 各 地点 사이에 일정한 차이를 발견할 수 없었다.

보리의 납함량은 Y<sub>1</sub>지점, 구리는 Y<sub>2</sub>지점을 지나면서 급격히 감소됨을 볼 수 있었다.

강남콩의 납함량은 G地点에서 0.08ppm, Y<sub>4</sub>地点에서 0.03ppm으로 나타났으며 구리함량은 Y<sub>3</sub>地点, 망간 및 아연의 함량은 Y<sub>4</sub>地点에서 제일 적게 測定되었다.

옥수수의 중금속 함량은 납, 구리, 망간, 아연 모두 Y<sub>2</sub>地点으로 부터 감소되고 있었다.

#### (4) (d)地城 作物의 重金屬 含量

(d)地城 作物의 重金屬 含量은 Table 4와 같다.

Table 3. The contents of heavy metals in crops of (c) area.

중금속	거리 농작물	200m이내	1km	2km	3km	4km
		G 지점	(Y <sub>1</sub> )	((Y <sub>2</sub>	(Y <sub>3</sub> )	(Y <sub>4</sub> )
Pb	쌀	1.30	1.13	0.91	0.43	0.26
	보 리	0.68	0.45	0.41	0.40	0.33
	강남콩	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03
	옥수수	0.71	—	0.59	0.51	0.49
Cu	쌀	2.15	1.21	1.15	1.05	0.93
	보 리	2.05	1.81	1.48	1.36	1.25
	강남콩	4.51	4.81	3.91	3.05	3.15
	옥수수	2.18	—	1.80	1.71	1.66
Mn	쌀	13.51	10.16	11.35	9.00	9.00
	보 리	9.12	7.65	7.25	7.31	7.21
	강남콩	7.65	7.65	7.15	6.05	5.56
	옥수수	7.20	—	4.99	4.81	4.65
Zn	쌀	26.35	28.35	27.55	26.31	23.91
	보 리	34.84	26.51	24.35	26.21	25.31
	강남콩	55.31	51.55	47.35	48.15	47.15
	옥수수	31.51	—	27.15	26.35	26.41

Unit: ppm

Table 4. The contents of heavy metals in crops of (d) area.

중금속	거리 농작물	200m이내	1km	2km	3km	4km
		J 지점	(Z <sub>1</sub> )	(Z <sub>2</sub> )	(Z <sub>3</sub> )	(Z <sub>4</sub> )
Pb	쌀	5.12	1.35	1.05	0.48	0.24
	보 리	0.78	0.53	0.46	0.38	0.32
	강남콩	5.12	1.35	1.05	0.48	0.24
	옥수수	0.78	0.53	0.46	0.38	0.32
Cu	쌀	4.98	2.21	1.35	1.15	1.05
	보 리	2.41	1.65	1.48	1.35	1.23
	강남콩	4.98	2.21	1.35	1.15	1.05
	옥수수	2.41	1.65	1.48	1.35	1.23
Mn	쌀	13.65	10.69	9.25	9.36	9.25
	보 리	12.35	8.65	6.01	7.35	7.01
	강남콩	13.15	10.69	9.25	9.36	9.25
	옥수수	12.35	8.65	6.01	7.35	7.01
Zn	쌀	24.15	23.61	26.01	24.30	24.01
	보 리	34.15	26.38	21.65	28.35	25.90
	강남콩	24.15	23.61	26.01	24.30	24.01
	옥수수	34.15	26.38	21.65	28.35	25.90

Unit: ppm

J地点의 중금속 함량이 많은 것으로 나타났고 J地点에서 Z<sub>4</sub>地点으로 갈수록 作物의 汚染度는 감소되었다.

쌀의 납함량은 J地点에서 5.12ppm으로 나타났으며 Z<sub>4</sub>地点에서 0.32ppm으로서 河川의 內陸地方으로 갈수록 차차 적게 測定되었다. 구리의 함량도 차차 감소했으나 망간은 차이가 크지 않았고 아연의 함량은 J地点과 Z<sub>4</sub>地点 사이에 거의 동일한 값으로 調査되었다.

보리의 납과 구리의 함량은 Z<sub>1</sub>지점부터 감소하고 있었으며 망간과 아연함량은 J地点과 Z<sub>4</sub>地点 사이에 별 차이가 없었다.

강남콩의 납함량은 J地点에서 0.12ppm, Z<sub>4</sub>地点에서 0.04ppm으로 나타났으며 구리, 망간 및 아연은 Z<sub>4</sub>地点에서 가장 적은 測定值를 보였다.

옥수수의 납 및 구리함량은 J地点에서 Z<sub>4</sub>地点으로 갈수록 점차적으로 감소하였고 망간과 아연의 함량은 Z<sub>2</sub>地点에서 제일 적은 값으로 測定되었다.

#### IV. 結 論

農作物의 重金屬 汚染은 C地点과 F地点 사이와 J地点으로 부터 3km 이내 地点사이에서 汚染이 심한 것으로 나타났다. 특히 쌀의 汚染이 기타 作物보다 汚染이 심한 것으로 測定되었는데 이는 農業用水와 密接한 관계가<sup>28,29)</sup> 있는 것으로 생각된다.

萬頃江의 흐름방향에 수직방향으로 農作物의 重金屬 汚染程度는 一般的으로 萬頃江으로 부터 內陸地域으로 갈수록 重金屬含量이 적었는데 특히 쌀의 감소율이 컸고 아연함량은 河川과 內陸地域에 걸쳐 차이를 보이지 않는 경향이였다.

#### 參 考 文 獻

1. Lisk, D.J.: *Advances in Agronomy*, **24**, 267~325, 1972
2. Underwood, E.J.: *Trace Element in Human and Animal Nutrition*, New York, Academic Press, 429, 1962
3. 고인석, 노정배, 송철, 권혁희, 김길생, 정국희, 주창백; 국립보건연구원보, **9**, 389~406, 1972
4. 노정배, 송철, 김길생, 심한섭, 유병천: 국립보건연구원보, **11**, 171~180, 1974
5. 송철, 김길생, 이홍재, 원경풍, 노정배: 국립보건연구원보, **12**, 153~162, 1975
6. 송철, 김길생, 권유창, 이홍재, 원경풍, 김오한, 노정배; 국립보건연구원보, **13**, 249~255, 1976
7. 김명린, 심기환, 하영래; 한국식품과학회지 **10**(3) 299, 1978
8. 홍영숙, 신정래; 한국영양학회지, **8**(1) 39, 1975
9. 이재관, 권우창, 원경풍, 박인신, 김화현, 김오한, 송철: 국립보건연구원보, **15**, 421~425, 1978
10. 박종계: 한국영양학회지, **7**(1), 31, 1974
11. 홍영숙, 신정래: 한국영양학회지, **4**(4), 69~72, 1971
12. 한민희: 숙명여자대학교 대학원 석사학위논문, 1978
13. 조용계, 김춘근: 한국수산학회지 **4**(2), 61~65, 1971
14. 송철: 보건장학회보 논문집 **6**(1)(2), 1~19, 1973
15. 김장량: 한국수산학회지, **5**(3), 88~96, 1972
16. 환경청: 공해공정시행법 (대기분야) (수질분야), 서울, 환경청, 1991
17. Fujik, M. and Tajima, S.: *New Methods in Environmental Chemistry and Toxicology*, International Academic Printing Co, Japan, 217, 1973
18. Gavis, J. and Ferguson, J.F.: *Water Research*, **6**, 989, 1972
19. Alexander, M.: *Advan. Appl. Microbiol.*, **14**, 44, 1975
20. Morgan, J.M.: *Tissue Calcium Concentration in man*, *Arch. Int. Med.*, **123**, 405, 1969
21. 農林水産技術會議事務局: 土壤および作物體中の分析法(1)(2)(3), 日本土肥誌 **43**(7)(8)(9), 1972
22. Jukio, T.J.: *Hugis of Japan*, **14**, 193, 1973
23. Lererton, R.M. and Leichsenring, J.M.: *J. Nutri.*, **74**, 33, 1961
24. Seeling, M.S.: *J. Clin. Nutri.*, **14**, 342, 1964
25. 김명린, 심기환, 정덕화: 한국농화학회지, **10**, 52, 1978
26. 손동현, 허인희: 중대논문집 **19**, **20**, 75, 63, 1974, 1975
27. 허유행: 서울보건전문대학논문집, **1**, 27~31, 1981
28. 노재식: 서울농약, **4**(3), 1, 1978
29. 전세열: 한국식품과학회지 **3**, 135, 1971