

原子吸光法에 의한 沓土壤의 微量元素 定量*

黃 在 順

全北大學校 理科學

Determination of Inorganic Elements in Paddy Soils by Atomic Absorption Spectrophotometry

Jae Soon Hwang

*College of Natural Science
Jeon-bug Ntional University*

Abstract

This experiment was attempted to establish the optimal condition, e.g., the effects of pH, interferences of other elements, for the determination of the inorganic elements in the paddy soils by atomic absorption spectrophotometry.

Inorganic elements of 100 paddy soils which were sampled in Jeon bug provincial farm land were determined by atomic absorption spectrophotometer in that condition.

The results obtained in this experiment are summarized as follows:

- 1) The optimal pH for determination of inorganic elements in paddy soils is about 7.0.
- 2) It was investigated that the absorbance of potassium was increased, and that of calcium, magnesium and zinc was decreased by adding of Fe^{++} and Cu^{++} in the sample.
- 3) It was shown that paddy soils in Jeonbug provincial farm land contain the normal amounts of inorganic elements (K, Ca, Mg, Zn,). But comparing to the results of 1976 year, it was known that the contents of inorganic elements in paddy soils considerably was changed.

I. 結 論

韓國農業의 現傾向은 尿素, 磷酸, 암모니아와 같은 純化學 肥料의 使用量은 增加하고 無機元素의 主給源인 有機質 肥料의 使用은 줄어들고 있어 農耕地의 大部分이 酸性化 되어 가고 있는 實情이다. 이에 따라 政府는 每年 수십만 屯의 農用石灰를 供給하여

農耕地의 酸性化를 막고 있으나 農用石灰로 인한 pH 값이 上昇하면 必須無機元素의 有効度는 低下되며 作物은 이에 관련된 元素, 特히 無機元素를 더욱 吸收하게 된다. 그리고 水稻의 多收穫品種이 導入되고 栽培技術 向上으로 인한 生育量 增大로 말미암아 無機元素의 要求量도 增加될 것이므로 無機元素의 결핍 問題가 深刻해 질 것으로 判斷된다. 그래서 우선 原

* 本 論文은 文敎部學術研究 조성비에 의하여 이루어졌음.

子吸光分光器 (Atomic Absorption Spectrophotometer) 에 의하여 全北 完州郡 지방의 농경지를 중심으로 담토양층의 무기원소를 정량분석하여 약간의 결과를 얻었기에 그 狀況을 發表하고자 한다.

II. 材料 및 實驗方法

1. 材料

1. 시 약

1) K, Ca, Mg 의 침출용액¹⁾

conc -NH₄OH 1.33 l를 10 l로 희석하고 따로 1.17 l의 CH₃COOH를 10 l로 희석한 후 두 용액을 합쳐서 20 l로 만든 후 dil-CH₃COOH 와 NH₄OH를 사용하여 7.0으로 조절하여 사용하였다.

2) Zn 의 침출 용액¹⁾

T. E. A (Triethanolamine) 14.9 g, CaCl₂ 1.47 g, D. T. P. A (Diethylene - Triamine Penta acetic acid) 1.96 g을 900 ml 의 증류수에 용해한 다음, 6N-HCl을 써서 pH 7.30으로 조절한 후, 증류수를 넣어 1 l로 하여 사용하였다. 이 용액은 0.005 M 의 D. T. P. A 0.01 M 의 CaCl₂, 0.1 M 의 T. E. A 를 함유한다.

2. 器 機

Varian Model AA- 375 Series
Atomic Absorption Spectrophotometer

3. 試 料 (Sample)

1) Sample 채취

토양은 불균일체이므로 그 토양을 대표할 수 있는 시료를 채취하기 위하여 지그재그형으로 한 시험구

에서 보통 10 ~ 20 개의 시료 몫을 취해야 한다.

채취방법¹⁾ 은 작도층으로서 지역과 토성에 따라 차이가 있으나 보통 10 cm 깊이로 삼을 사용해서 흙덩이를 제거한 흙조각을 시료몫으로 채취한 후, 깨끗한 비닐지위에 얇게 펴서 실내 (온도 25~35 °C, 습도 20 ~ 60 %) 에서 풍건한 후, 분쇄기로 풍건한 토양을 분쇄했다. 건조 분쇄된 시료를 2 mm체를 써서 잘 친다음 시료를 균일하게 섞어 분석에 사용하였다.

토양을 채취한 장소는 전북 완주군 삼례면과 봉남면 일대의 농경지였다.

2) Sample 제조¹⁾

(1) K, Ca, Mg 의 분석

풍건세토 5g을 100 ml 삼각 플라스크에 취하고 여기에 침출용액 50 ml 을 가하여 30 분간 진탕한 후 100 ml beaker 에 여과해서 이 여액을 K, Ca, Mg 분석에 사용하였다.

(2) Zn 의 분석

풍건세토 10g을 100 ml 의 삼각플라스크에 넣고 아연 침출액 20 ml 를 가하여 침출시킨후 2 시간 동안 진탕하였다.

진탕이 끝난 용액을 Whatman 540 의 여과지로 여과하여 이 여액을 Zn 분석에 사용하였다.

2. 實驗方法

1. 검량선

각 원소의 검량선은 아래와 같이 각각 Stock Solution 을 만들어 Table 1 과 같은 원자 흡광의 조건 아래서 작성하였다.

Table 1. Conditions of Atomic Absorption

Elements Working Conditions	Ca	K	Mg	Zn
Lamp Current	3.5 mA	5 mA	3.5 mA	5 mA
Fuel	acetylene	acetylene	acetylene	acetylene
Support	nitrous oxide	air	air	air
Flame Stoichiometry	reducing	oxidizing	oxidizing	oxidizing
Wavelength	422.7 nm	766.5 nm	285.2 nm	213.9 nm
Spectral Band Pass	0.5 nm	1.0 nm	0.5 nm	1.0 nm

1) Ca-검량선³⁾

(1) 표준용액 조제

건조한 CaCO₃ 2.497 g을 질산 (1 : 4) 최소량에 용해시킨 후, 1000 μg/ml Ca 용액 1 l가 되도록

증류수로 표선을 맞추어 Stock Solution 을 만들었다.

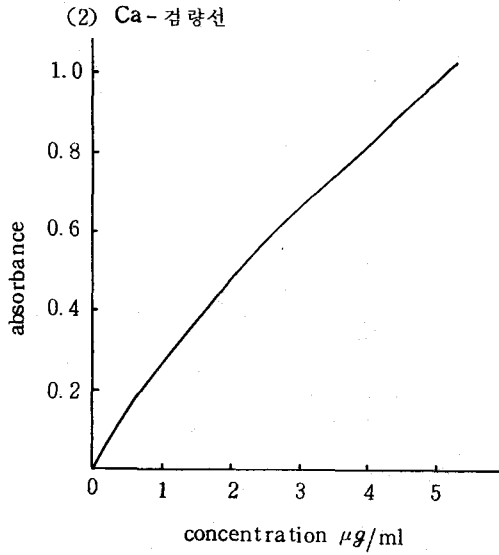


Fig. 1. Calibration Curve of Calcium

2) K - 검량선

(1) 표준용액 조제

H₂O에 건조한 Potassium Chloride (KCl) 1.907 g을 용해시킨 후, 1,000 µg/ml K 용액, 1 l가 되도록 증류수로 표선을 맞추어 Stock Solution을 만들었다.

(2) K - 검량선

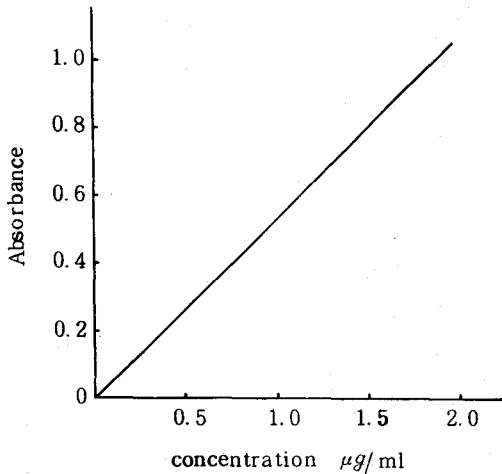


Fig. 2. Calibration Curve of Potassium

3) Mg - 검량선

(1) 표준용액 조제

1 : 4의 nitric acid (HNO₃)에 magnesium 금

속 1.000 g을 용해시킨 후, 1,000 µg/ml Mg 용액 1 l가 되도록 증류수로 표선을 맞추어 사용하였다.

(2) Mg - 검량선

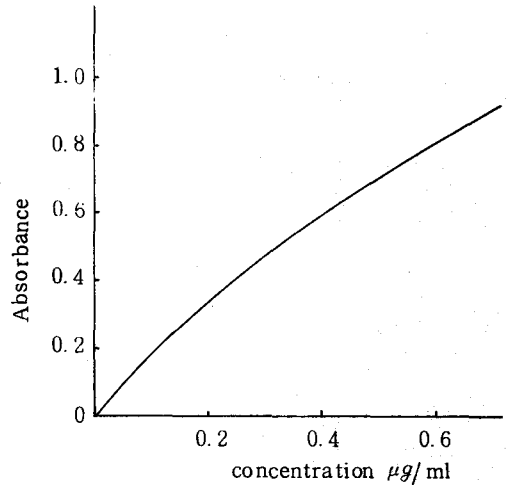


Fig. 3. Calibration Curve of Magnesium

4) Zn - 검량선

(1) 표준용액 조제

Zinc metal 1.000 g을 hydrochloric acid (1 : 40)에 용해시킨 후, 1,000 µg/ml Zn 용액 1 l가 되도록 증류수로 표선을 맞추어 사용하였다.

(2) Zn - 검량선

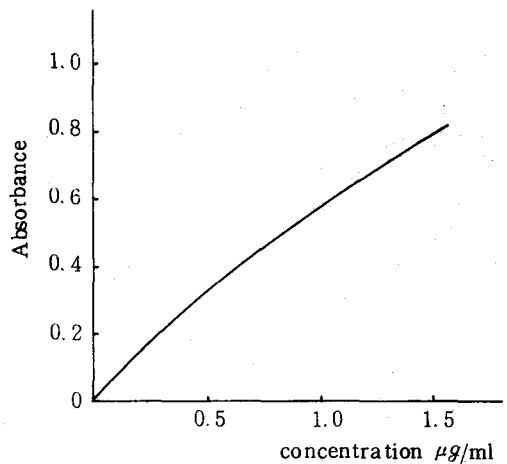


Fig. 4. Calibration Curve of Zinc

2. 원시료 분석 1)

1) 토양의 pH 측정

풍건토양과 물의 비율을 1 : 5로 즉 풍건토양 5g에 증류수 25ml를 넣고 가끔 저어 주면서 30분간 방치한 후 buffer solution pH 4.00과 6.88로 pH-meter를 맞춘 후, pH를 측정하였다.

2) K, Ca, Mg, Zn의 정량 분석

K, Ca, Mg의 Sample 용액으로 K의 흡광도를 측정한 후 이 용액을 1cc 취해 12배로 희석하여 Ca와 Mg의 흡광도를 측정하였다. 또 Zn Sample 용액을 가지고 Zn을 정량하였다.

3) pH에 따른 영향

Sample 용액 12번을 pH 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14가 되도록 0.1N-NaOH와 0.1N-HCl로 조절한 후 K, Ca, Mg, Zn의 pH의 영향에 따른 흡광도를 측정했다.

4) 다른 ion 첨가시의 영향

Sample 용액 19번에 Fe⁺⁺과 Cu⁺⁺을 첨가하여 K, Ca, Mg, Zn의 흡광도가 어떻게 변화하는가를 알아보았다. Sample 용액 5ml를 pipetting한 후, 비이커에 담고 여기에 Fe⁺⁺과 Cu⁺⁺를 포함하는 용액의 농도가 각각 50, 100, 200, 400, p.p.m이 되도록 조제하여 이 용액을 10ml씩 가한 후 흡광도를 측정했다.

III. 結果 및 考察

1. 검량선

각 검량선은 recovery 실험을 통하여 정확성을 각각 확인한 후 검량에 이용되었다.

2. 原試料 分析

토양중에 존재하는 K, Ca, Mg, Zn의 흡광도를 측정해서 Table 2와 같은 분석치를 얻었다.

단, Zn은 100개의 Sample 토양 중 30개 지역의 담토양에 대해서만 측정했다.

1) pH

이리 농촌 진흥원에서 우리나라 담토양 5089점에 대해서 조사한 화학적 성질 및 분포 %를 graph²⁾로 나타내보면 Fig. 5와 같다. 그림에서 보는 바와 같이 토양이 산성을 나타내는 원인은 서언에서 밝혔듯이 화학비료를 사용함에 그 원인이 있기도 하지만 우리나라 토양 모체가 산성인 화강암에 기인된 것이라 보며, 또한 강우에 의한 염류의 용출도 하나의 원인이 된다. ⁴⁾ 朴 (1977년) ⁵⁾의 전북 완주지역 농경지에 대한 pH 조사결과 pH 6.31로써 약산성을 띠었으나 4년이 지난 현재의 pH는 5.3 ~ 6.9 pH의

범위에 걸쳐 분포되어 있고 평균 pH가 5.77인 것으로 보아 농토는 점점 산성화 되어 가고 있다는 사실을 확실히 하였다.

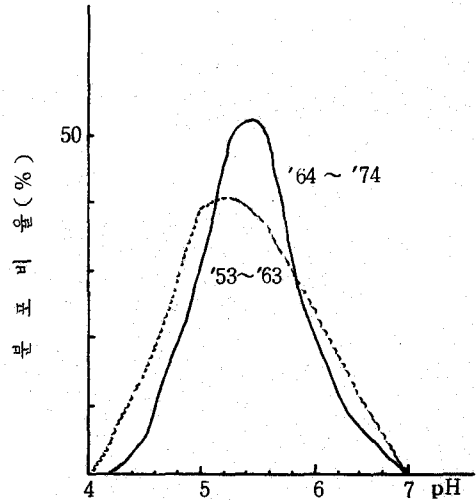


Fig. 5. 우리나라 담토양의 pH

2) Ca

우리나라 토양 1654점에 대한 조사결과 ²⁾에 의하면 Ca의 평균치는 4.5이다.

그런데 Table 2의 분석 결과를 보면 1.2 ~ 5.1의 범위에 걸쳐 분포되어 있고, 평균치는 3.2인 것으로 보아 Sample로 택한 지역의 담토양은 Ca 결핍증까지는 가지 않았으나 1977년의 결과 ⁵⁾(Ca 평균치 5.55)에 비하면 상당히 감소한 현상을 보였다.

“전 작물에 대한 미량원소 문제”에 대한 研究結果에 ⁶⁾에서 “油菜의 植物體內에서는 Ca에 비하여 B의 흡수량이 많을 수록 자실수량이 증가한다는 결과이며, Ca 흡수량이 많을수록 붕소흡수량도 많아야 하므로 석회 사용시는 붕소의 병용이 필요 ⁷⁾함을 의미하는 것이라 하겠다”고 발표하고 있다.

3) K.

우리나라 토양 5112점에 대한 조사결과 ²⁾에 의하면 K의 평균치는 0.23이다. Table 2의 분석 결과를 보면 0.16 ~ 0.64에 걸쳐 분포되어 있고 그 평균치는 0.30인 것으로 Sample로 택한 지역의 담토양에는 대체로 K의 결핍이 심한 지역은 없는 것 같다. 그리고 1977년 결과 ⁵⁾(평균치 0.27)에 비하면 약간 상승한 경향을 보였다. 우리나라 특정

Table 2. The contents of inorganic elements in paddy soils

Soil No.	pH(1:5)	Ex · cation (m . e / 100 g)			Total (p . p . m)
		K	Ca	Mg	Zn
1	5.4	0.16	1.6	0.51	44
2	5.3	0.19	1.7	0.58	10
3	5.4	0.17	1.7	0.55	60
4	5.8	0.24	2.4	0.35	8
5	6.1	0.25	2.6	0.61	36
6	5.8	0.24	2.4	0.33	2.6
7	5.7	0.20	2.1	0.33	4.6
8	5.9	0.64	2.7	0.45	4.6
9	6.1	0.21	2.4	0.35	40
10	6.2	0.27	2.6	0.61	4.4
11	6.1	0.36	2.6	0.33	10
12	6.1	0.37	3.5	0.61	24
13	5.6	0.23	2.9	0.55	48
14	5.9	0.56	3.5	0.58	26
15	5.8	0.29	2.4	0.38	20
16	6.0	0.26	2.4	0.35	46
17	5.8	0.25	2.4	0.33	36
18	6.2	0.27	3.9	0.38	10
19	6.0	0.37	3.3	0.45	42
20	6.3	0.29	3.3	0.35	36
21	5.9	0.24	4.1	0.33	10
22	6.0	0.45	3.1	0.80	8
23	6.2	0.28	3.3	0.51	36
24	5.6	0.26	2.1	0.33	46
25	5.9	0.30	3.3	0.51	8
26	5.9	0.24	3.7	0.48	12
27	5.7	0.58	2.0	0.45	60
28	5.8	0.54	2.0	0.38	10
29	5.9	0.62	4.9	0.87	12
30	6.3	0.28	4.7	0.33	14
31	6.0	0.23	2.6	0.58	
32	5.3	0.22	1.2	0.51	
33	4.9	0.21	1.2	0.58	
34	5.9	0.28	2.4	0.42	
35	5.7	0.33	2.4	0.38	
36	5.3	0.26	2.1	0.33	
37	5.8	0.34	2.7	0.51	
38	5.9	0.24	2.4	0.35	
39	5.8	0.25	2.4	0.35	
40	5.4	0.31	2.6	0.42	

Soil No	pH(1:5)	Ex - cation (m. e / 100 g)			Total (p. p. m) Zn
		K	Ca	Mg	
41	5.5	0.56	2.6	0.51	
42	5.5	0.45	3.1	0.74	
43	5.4	0.48	2.7	0.58	
44	5.7	0.36	3.7	0.64	
45	5.3	0.51	2.7	0.48	
46	5.5	0.65	3.3	0.77	
47	5.6	0.46	3.1	0.58	
48	5.5	0.81	3.5	0.96	
49	5.3	0.44	2.6	0.64	
50	5.7	0.37	3.5	0.58	
51	5.7	0.39	2.1	2.92	
52	5.7	0.31	2.7	3.24	
53	5.8	0.31	3.7	1.46	
54	5.9	0.40	4.5	1.52	
55	6.0	0.31	4.7	2.86	
56	5.5	0.38	2.6	3.02	
57	5.9	0.29	5.1	4.06	
58	5.5	0.20	2.9	3.18	
59	6.0	0.28	3.9	3.58	
60	5.5	0.26	2.0	2.95	
61	6.0	0.22	2.4	3.21	
62	5.7	0.20	3.1	2.57	
63	6.1	0.27	3.7	2.82	
64	5.5	0.35	2.1	2.73	
65	5.5	0.33	2.9	1.33	
66	5.9	0.48	3.7	1.96	
67	6.6	0.26	3.7	2.66	
68	5.5	0.26	2.1	2.57	
69	5.6	0.24	2.9	2.95	
70	5.7	0.22	2.7	2.82	
71	5.6	0.37	3.1	3.08	
72	5.7	0.31	3.3	2.92	
73	5.9	0.31	2.9	2.98	
74	5.7	0.31	3.7	3.02	
75	6.1	0.20	4.7	3.18	
76	5.7	0.17	3.3	2.57	
77	5.7	0.19	1.4	0.83	
78	5.6	0.16	1.2	0.74	
79	5.3	0.20	1.6	1.21	
80	5.5	0.23	2.4	2.50	
81	6.0	0.25	2.0	2.31	

Soil No	pH(1 : 5)	Ex - cation (m. e / 100 g)			Total (p. p. m)
		K	Ca	Mg	Zn
82	5.5	0.24	2.0	2.28	
83	5.4	0.24	1.6	1.48	
84	5.8	0.26	1.7	2.47	
85	5.9	0.17	1.4	0.93	
86	5.9	0.24	1.7	2.37	
87	5.9	0.22	1.6	1.38	
88	6.0	0.17	2.4	2.82	
89	5.8	0.17	1.2	0.74	
90	5.7	0.28	1.6	1.80	
91	6.9	0.24	2.0	2.28	
92	6.5	0.23	2.7	2.98	
93	6.0	0.27	2.6	2.63	
94	5.9	0.29	2.7	2.53	
95	5.9	0.28	2.6	4.06	
96	5.8	0.22	2.1	2.37	
97	5.5	0.22	1.7	1.76	
98	5.7	0.24	1.7	2.05	
99	5.6	0.23	2.9	2.31	
100	5.6	0.22	2.1	2.57	
Average Value	5.7 ± 0.07	0.30 ± 0.004	3.20 ± 0.005	1.46 ± 0.004	25.25 ± 0.004

수도 재배 지대에서는 소위 추락현상이 현저하게 나타나는 경우가 많아서 초기 생육은 왕성하나 후기 생육이 심히 불량해지는 경향이 있다.

이러한 심한 추락 현상이 나타나는 논에서 생육한 벼는 생육후기에 고마엽고병이 발생하며 이 병이 발생한 벼의 지엽중에는 K, SiO₂, Mn/Fe 비⁸⁾ 등의 성분흡수량이 부족하거나 불균형이 된다. 그 원인은 토양작토층의 유효성분의 부족 혹은 저해^{9, 10, 11)}로 인한 것으로 판단된다. 작토층의 Mn 및 K의 흡수량 부족은 환원철(Fe⁺⁺)이나 황화수소(H₂S) 등의 생성으로 근계를 통한 양수분의 흡수저해^{12, 13, 14)}에 기인된 것임은 널리 알려져 있다. 이러한 조건에서 흡수저해가 가장 심한 성분은 K이며, K의 흡수저해도 소위 저고 현상이 나타난다.¹²⁾ K의 흡수가 저해되면 수도 체내 대사과정에서의 peroxide의 활성이 저하됨으로써 수도근계의 산화력 또는 활성이 감퇴되고 이로 인한 K 및 Mn, SiO₂의 흡수 저해는 가중되는 것으로 해석된다.

4) Mg 과 Zn

우리 나라 토양의 화학분석 결과²⁾에 의하면 Mg의 농도는 1.8 m. e / 100 g이다. 위 실험 분석결과 Mg은 평균 1.46 ± 0.004 m. e / 100 g으로 1977년 결과⁵⁾(평균치 2.6 m. e / 100 g)와 비교해볼 때 담토양 화학 분석치가 1.2 m. e / 100 g 적게 나타났으며 Zn은 25.27 p. p. m으로 나타났다.

그런데 토양중 아연의 농도는 10 ~ 300 μg/g의 범위이며 보통 농도는 50 μg/g이다. Mg은 4년 동안에 현저하게 감소현상을 보였으며, Zn은 수도 토중에서 10 p. p. m이하의 결핍증이 생기고 1,500 p. p. m 이상에서는 과잉증이 나타난다. 본 Zn 원소분석 결과에 의하면 10개 지역의 경작지에 Zn 함량이 10 p. p. m이하로 결핍증이 예상되었다.

3. pH 영향에 따른 흙광도의 변화

Sample 용액 12번을 택하여 pH가 흙광도에 미치는 영향을 조사해 본 결과 Fig. 6, 7, 8, 9에서 보는 바와 같이 일반적으로 pH7 이하의 산성에서

보다 pH 7 이상의 알칼리성에서 K, Ca, Mg, Zn의 흡광도가 모두 높게 나타났으며 pH 7 일 때 흡광

도가 가장 높은 것으로 보아 분석의 최적 조건은 중성임을 알 수 있다.

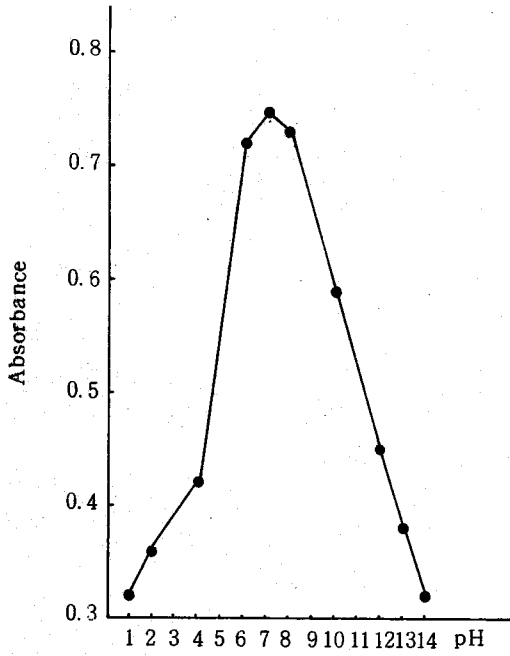


Fig. 6. pH에 따른 K의 흡광도 변화

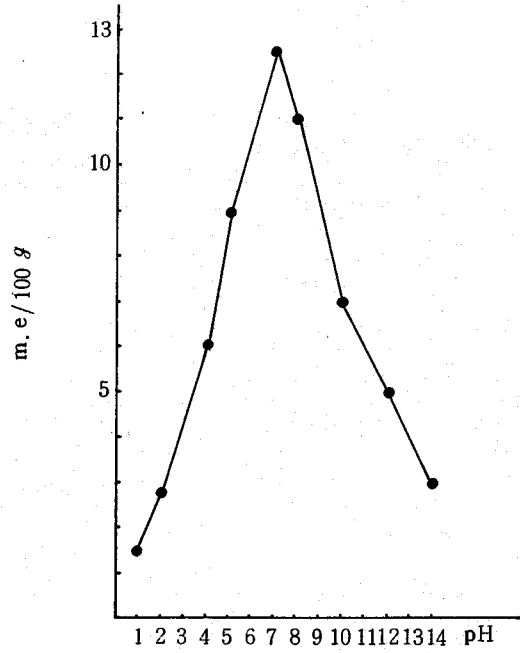


Fig. 7. pH의 변화에 따른 Ca 흡광도 변화

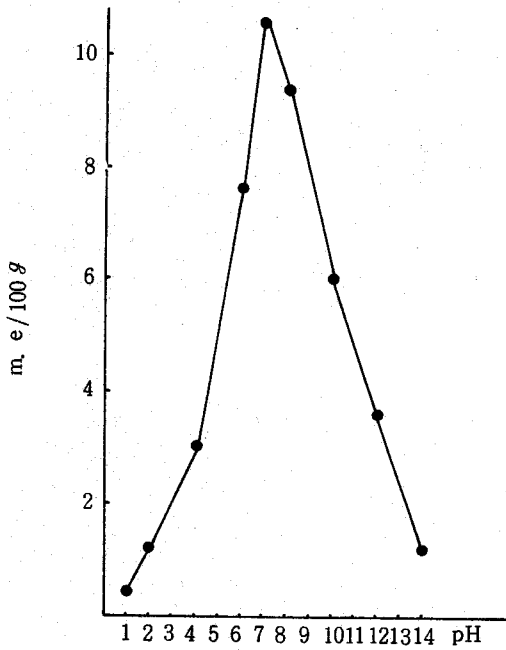


Fig. 8. pH의 변화에 따른 Mg의 흡광도 변화

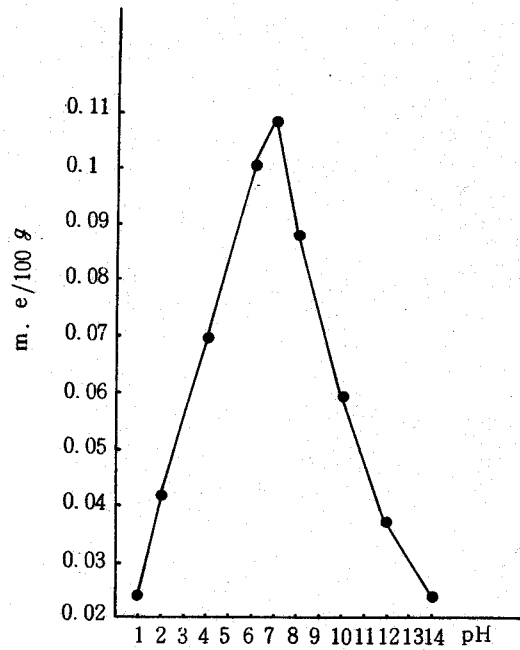


Fig. 9. pH에 따른 Zn의 흡광도 변화

4. 다른 원소의 영향

원래 Sample 담토양중에는 K가 0.22 m.e/100g, Ca이 5.88 m.e/100g, Mg이 1.9m 100g 함유되어 있는데 여기에 Cu⁺⁺를 첨가함으로써 K의 농도는 더욱 커졌고 Ca과 Mg, Zn은 감

소되었다. 그리고 Fe⁺⁺를 첨가함에 의해서도 역시 K의 농도는 커지고 Ca, Mg, Zn의 농도는 감소되었다. 이 결과로 미루어 보아 Cu⁺⁺와 Fe⁺⁺는 K의 흡수는 도와주고 Ca, Mg, Zn의 흡수는 방해한다는 것을 알 수 있었다. (Fig. 10, 11, 12, 13)

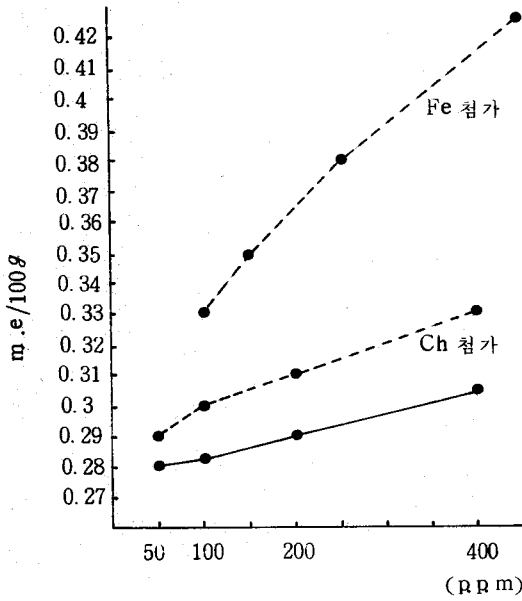


Fig. 10. Cu⁺⁺, Fe⁺⁺첨가에 따른 K의 흡광도 변화

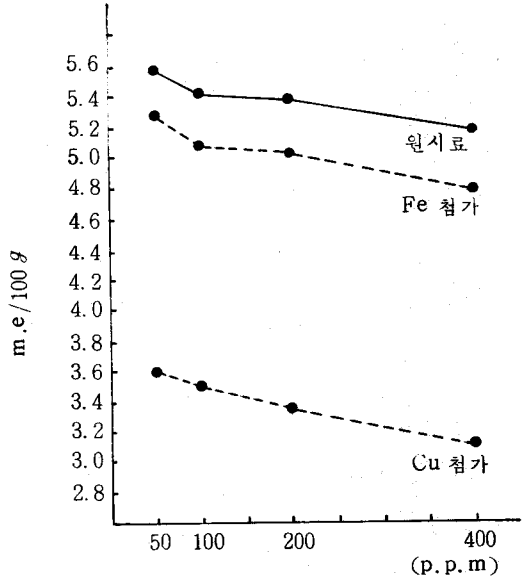


Fig. 11. Cu⁺⁺, Fe⁺⁺첨가에 따른 Ca의 흡광도의 변화

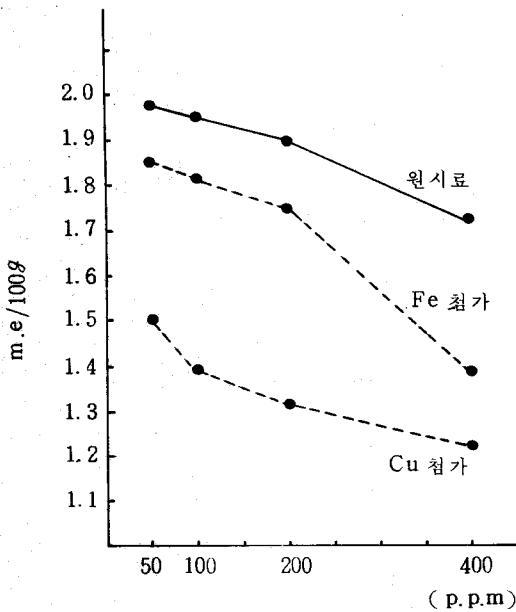


Fig. 12. Fe⁺⁺, Cu⁺⁺첨가에 따른 Mg의 흡광도 변화

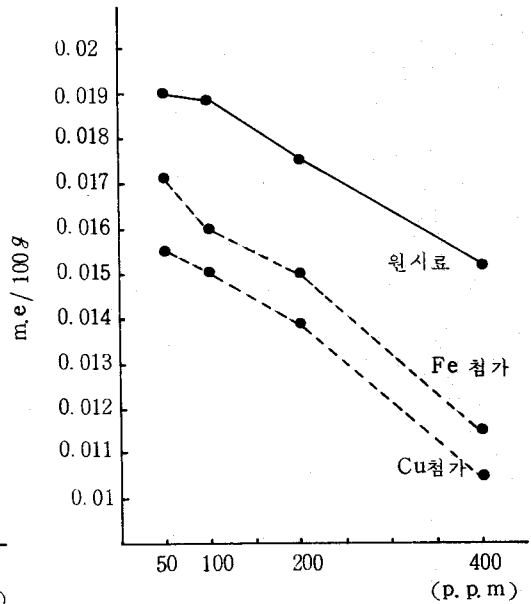


Fig. 13. Fe⁺⁺, Cu⁺⁺첨가에 따른 Zn의 흡광도 변화

sulfate, phosphate, silicate, aluminum, zirconium 등의 몇가지 공통이온들은 Ca의 흡수를 저해시키고, Sodium 이나 potassium의 적은 양은 Ca의 흡수를 증가시킨다.¹⁵⁾ 以上과 같은 실험을 기초로하여 작물에 있어서 무기원소 결핍과 과잉의 범위에 관하여 지금까지 발표된 연구 보고를 바탕으로 다각적인 연구실험을 함으로써 작물 생리 관계를 추적할 수 있고 담토양에서의 무기원소 행동을 토양의 pH, 유기물 함량, 반응성 및 온도에 따라 추적함으로써 관계수의 효율적인 관리 문제를 밝힐 수 있다.

IV. 結 論

본 연구는 원자 흡광 분광기에 의하여 전복지방의 100개 지역을 선정하여 담토양중의 K, Ca, Mg, Zn을 정량 분석하고 pH 변화에 따른 영향과 다른 이온 첨가에 따른 K, Ca, Mg, Zn의 흡광도변화를 관찰하였다. 그 결과를 보면 다음과 같다.

1. 일반적으로 pH7 이하의 산성과 pH7 이상의 알칼리성에서는 모두 pH7 인 중성에서 보다 흡광도가 낮게 나타났으며 산성보다 알칼리성에서 그 흡광도가 더 높았으며, pH 7인 중성에서 흡광도가 가장 높은 것으로 보아서 K, Ca, Mg, Zn의 분석의 최적조건은 중성이라는 것을 알았다.

2. Fe⁺⁺와 Cu⁺⁺를 첨가함으로써 K의 흡수는 도와주고, Ca, Mg, Zn의 흡수는 방해한다는 것을 알았다.

3. 1977년 발표결과(평균 pH 6.31)와 비교할 때 전북 완주군 지역의 농경지 pH는 5.5이다(1980년). 이 결과에서 농경지는 점점 산성화 되어 가고 있다는 사실을 확인할 수 있었다.

4. 본 조사 대상의 농경지의 무기 원소 함량 변화는 1977년과 비교하여 Ca, Mg, Zn의 함량은 감소하였고 K의 함량은 약간 증가하는 경향을 보였다. 결론적으로 순화학 비료의 사용이 증가하고 유기질 비료의 사용은 줄어들고 있다는 사실을 알 수 있다.

참 고 문 헌

1. 토양분석학 제 1권, 1967년, 이리 농촌 진흥원

발행.

2. 토양분석학 제 2권, 1967년, 이리 농촌 진흥원 발행.

3. Analytical methods for Flame Spectroscopy, Publication No. 85-100009 June 1978.

4. 蔡序錫, 湖南野山에 分布하고 있는 赤黃色土에 관한 研究, 한국 토비지 제 6권 제 1호, 1973.

5. 朴忠雄, 原子吸光法에 依한 查土壤의 미량원소 정량, 全北大學校 論文集 Vol 5, 1977(141~152)

6. 朴天緒, 한국농업에 있어서의 미량원소 문제.

7. 朴來正, 李圭夏, 朴天緒, 1971, 油菜에 대한 石灰 및 퇴비 施用과 봉소의 效果—韓國土肥誌 4-2: 143~147.

8. 金泳燮, 金戊謙, 1964, 水稻胡麻葉枯病 罹病과 水稻健全葉中の 無機成分에 관하여, 韓農化誌 5: 49-51.

9. Mitzui S., 1960, Inorganic Nutrition, Fertilization and soil amelioration for low land rice. 1960, Yokando Tokyo.

10. 金福鎭 等, 1968, 고농도 含鹽水로 인한 수도감수 원인에 관한 연구, 농진농사연보 11-3: 21-28.

11. 宋在夏 等, 1971, 습답에 대한 개량제의 효과와 유효개량제의 수도증수 원인에 관한 연구, 한국 토비지 4-1; 13-19.

12. TANAKA, A. and S. Yoshida, 1970, Nutritional disorder of the Rice plant in Asia, IRRI Tech, Buil, 10.

13. 趙成鎭, 新制土壤學, 鄉文社.

14. 沈相七, 1964, 수도의 미량원소 흡수에 관한 연구, 한농화지 6; 119-123.

15. 蔡序錫, 湖南野山에 分布하고 있는 赤黃色土에 관한 연구, 한국토비지 제 9권 제 1호, 1973년 3월.

16. Atomic Absortion spectrophotometer ELWELL and GIDLEY Second Edition.