

## 점토광물을 이용한 완효성 비료(K비료)개발 및 응용에 관한 연구

### II. 비료의 합성과 응용

박 권 우\*·최 진 호\*\*  
(1986. 5. 21 접수)

## Study on the development and application of slow releasing fertilizer using Korean natural clay minerals

### II. Synthesis and application of K-bentonite

Park, Kuen-Woo\*, Choy, Jin-Ho\*\*

#### Abstract

K-bentonite was made by ion exchange reaction in K\* ion saturated aqueous solution. K-bentonite had a slow releasing effect in different soils such as sand, sandy loam and clayey loam, but the effect was the best in sand.

The growth of radish and lettuce was better in the plot fertilized with K-bentonite than with KCl in sand culture in field condition. There was no effects on the growth of radish grown in pot in glass house. Vitamin C, nitrate content, thiocyanate ion content and dry weight of radish were not affected by K-bentonite and KCl in both pot and field culture.

The commercial production of K-bentonite was discussed.

#### 서 론

지금까지 개발된 주요한 완효성 원예용 비료는 그 제조과정이 대부분 특허화 되어 있으며 주로 coating 방법을 쓰고 있다. 수용성 coating materials를 이용한 대표적인 비료로는 sulfur-coated urea(SCU), osmocote, rubber-based coted fertilizer 그리고 fertilizer capsules 등이 있다. 이들의 비료는 coating type, coating의 두

께 그리고 비료 종류에 따라 다르다고 보고되고 있다<sup>(1)</sup>. 완효성 비료의 용해도는 영구위조점과 포장용수량 사이의 토양 습도에는 큰 영향을 받지 않는다고 한다<sup>(2)</sup>.

지금까지 많은 완효성 비료가 개발되었으나 제 1보에서 밝힌 바와같이<sup>(3)</sup>, bentonite를 이용한 완효성 비료 개발은 그 연구가 거의 이루어지고 있지 않아 bentonite의 충전하 밀도가 0.34임을 기초로 이에 대응하는 0.34를 화학식량단위(C.E.C. 교환능 평균가 0.915 meq/100g)로 충간에 이온 교환시킨 K-bentonite의 제

\*고려대학교 원예학과 (Department of Horticulture, Korea University, Seoul, 132, Korea)

\*\*서울대학교 화학과 (Department of Chemistry, Seoul National University, Seoul, Korea)

조를 하고자 본 실험을 실시했다. 아울러 이를 원예작물 재배에 실제 응용함으로서 원효성 효과가 있는지를 규명코자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 원효성 K-bentonite의 제조

비료의 형태에 따라 작물의 요구도가 다르지만<sup>(4)</sup> 본 연구에서는 KCl을 이용한 K-bentonite를 제조하여 실험에 사용했다. KCl은 특급시약(SHINTO PURE CH.)을 이용했으며, 먼저 KCl의 포화용액(50°C)을 만들었다. 여기에 경북 영일단에서 생산되는 일정량의 bentonite를 24hr 침적 후 원심분리하고, 다시 두번 침적과 원심분리를 반복시킨 후 마지막 분리된 bentonite를 증류수로 씻은 후 이를 건조 분리시켰다. 이렇게 함으로서 bentonite에 K<sup>+</sup> 0.34를 화학식량 단위로 이온 교환시킬 수 있었는데 증명법은 제 1 보에서 처럼 각종 기기를 이용하였다<sup>(5)</sup>.

### 2. 원효성 K-bentonite 용탈 비교시험

실험실에서 제조된 K-bentonite가 토양중에 사용되었을 때 일반 화학비료에 비교하여 어느 정도 용탈이 되는가를 보고자 본 실험을 실시하였다. 먼저 특수하게 만들어진 lysimeter ( $\phi 25\text{cm}$  plastic pot)에 산흙(SL) 그리고 모래(S)를 density 1.2 정도로 넣었다<sup>(6)</sup>. 넣기전에 여기에 KCl과 K-bentonite를 각각 K 형태로 1g 수준의 양을 섞었다. 매일 최대포장용수량(field capacity)보다 각각 100ml정도 많은 양의 물을 관수하여 여기서 흘러나오는 용탈액을 받아 매 5일마다 5회 측정하였다<sup>(4)</sup>. 반복은 3번복으로 했으며 K는 AAS를 이용 분석했다<sup>(6)</sup>.

### 3. K-bentonite의 작물 적용시험

작물에 적용시험은 한강 모래를 이용한 포장실험과 pot 실험으로 나누어, 고대 농대 원예학과 온실에서 실시했다. 먼저 포장실험은 포장에 가로 2m 세로 5m의 높이 40cm의 모래상을 설치하고 여기에 한강모래(K=0.16 me, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=10 ppm)를 채웠다.

공시작물로 알타리무우(서울종묘)와 녹색축면상치(서울종묘)를 택했다. 알타리무우는 1984년 5월 25일에 줄간격 20cm로 파종하여 7월 20일 수확했다. 상치는 5월 9일 파종하여 5월 25일에 실험상에 20×20cm 간격 정식하였다.

시비구는 N과 P 구, NPK 구 그리고 NP+K-bentonite 구를 설정하였으며 각각 양은 10a당 20-20-20kg 수준

으로 실시했다.

N은 NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>를 K는 KCl을 그리고 P는 CaHPO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O를 이용했다. 이들은 전량 밀거름으로 주었으며 기타 재배는 일반 경종법에 준했다.

Pot시험은 Wagner pot를 이용했고 황토, 산흙, 모래(분석표, Table 1)등 3가지 종류의 흙을 이용해서 soil density 1.2-1.3g/cm<sup>3</sup> 채웠다<sup>(6)</sup>. 시비구는 NP 구 NPK 구 그리고 NP+K-bentonite 구 등 3개구를 설정했는데 N은 NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>를 P는 CaHPO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O를 그리고 K는 KCl과 K-bentonite를 이용했다. 시비수준은 NPK를 각각 pot당 1g 수준으로 실시했다. 무우의 파종은 pot 당 10개 종자를 파종하여 본엽이 완전히 나온 후 비교적 고른 식물만 pot당 4개 쪽을 남기고 쓰아 주었다. 관수는 수도물을 이용하여 초기에 3mm/day 후기에 6mm/day 수준으로 실시했다<sup>(7)</sup>.

파종은 5월 25일 실시했으며, 7월 25일 수확하여 분석에 임했다. 재배된 무우는 엽폭, 엽장, 엽병길이, 전엽수, 일부개, 균장, 균폭, 균무게를 조사했고 아울러 Park과 Fritz (1983)법에 의해 dry weight (D.W.)를 측정했다. Vitamin C는 AOAC법에 의했고, thiocyanate는 Chong & Bible<sup>(8)</sup> 그리고 nitrate는 Orion electrode에 의해 측정했다<sup>(9)</sup>. 모든 시험은 4반복 분활 구 배치를 하였고 Duncan test를 실시했다.

## 결과 및 고찰

### 1. K-bentonite의 제조

K<sup>+</sup>의 충간삽입 여부는 제 1 보에서 처럼 쉽게 규명할 수 있었다<sup>(3)</sup>. 그러나 제조시 bentonite의 입자를 삽입시켜 안정화를 위한 원심분리가 매우 번거로웠기 때문에 대량생산을 위해서는 침적시간의 장기화 내지는 보다 간단한 방법의 개발이 요구되었다. 특히 washing 과정에서 약간의 K-bentonite소실이 불가피하여 이 과정의 개발도 앞으로 연구 과제로 생각된다.

그의 조작하는데 요하는 시간과 비교적 굳어지는 K-bentonite의 분쇄나 일제생산등 실제제조에 있어 공정은 계속 연구해야 실용화가 보다 가능하리라 생각되어 이 방향도 연구가 진행되어야 하리라 본다.

Table 1. Analysis of experimented soil

Clas. soil	pH	K (me)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	Total N (mg)
Clayey loam	6.5	0.38	46	42.46
Sandy loam	6.5	0.26	7	10.57
Sand	6.6	0.16	10	7.04

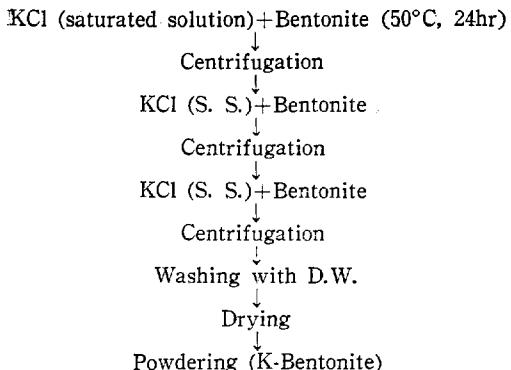


Fig. 1. Synthesis of K-Bentonite

## 2. 용탈 비교시험

인공적으로 매일 용탈시킨 용액을 5일 간격으로 비교한 결과를 보면(Fig. 2), clay가 비교적 많이 들어있는 화강암을 모암으로 하는 산흙은 그 용탈이 평행을 유지하나 모래땅의 경우 화학비료를 사용한 구에서는 그 용탈이 처음 5일 동안 19mg에서 7mg으로 12mg이 떨어지며 K-bentonite는 8mg에는 3mg으로 떨어지고 있다. 그 떨어지는 비율은 동 기간에 유사하나 그 후

모래땅에서는 K의 양이 일정 수준을 유지하는데 화학비료의 사용구에서는 다소 천천히 그 양이 하향곡선을 나타내고 있고, 결국 20-25일 경에는 거의 같은 수준에 달하고 있다. 25일 이후는 측정치 않았으나 모래땅에서 그 하향 경향이 K-bentonite보다는 KCl구에서 그 굴곡이 심한 것으로 보아 K-bentonite의 효과가 모래땅에서 천천히 나타날 가능성을 보여준다. 황토나 산흙에서 완만한 커브는 잘 알려진 바와같이 점토분이 K비료 성분을 흡착 유지시키기 때문이다<sup>(4)</sup>.

모래땅에서 초기에 K-bentonite구에서도 K의 함량이 떨어지는 것은 작은 양이나마 모래속에 있는 K성분과 K-bentonite 표층에 다소 붙어 있었을 K성분이 용탈된 것이 아닌가 생각된다. 왜냐하면 K의 치환은 bentonite 내총 뿐 아니라 외총에도 이온교환되어 흡착되기 때문이다<sup>(4)</sup>.

## 3. K-bentonite의 작물작용 시험

K-bentonite는 모래를 이용한 포장시험에서 무우 및 상치의 지상부 생육에 좋은 결과(Table 2, 3, 4)를 보이는 반면 일정량의 관수만을 실시한 온실 내 pot시험에서는 모래땅에서 자란 무우의 잎 생장에서만 유의성

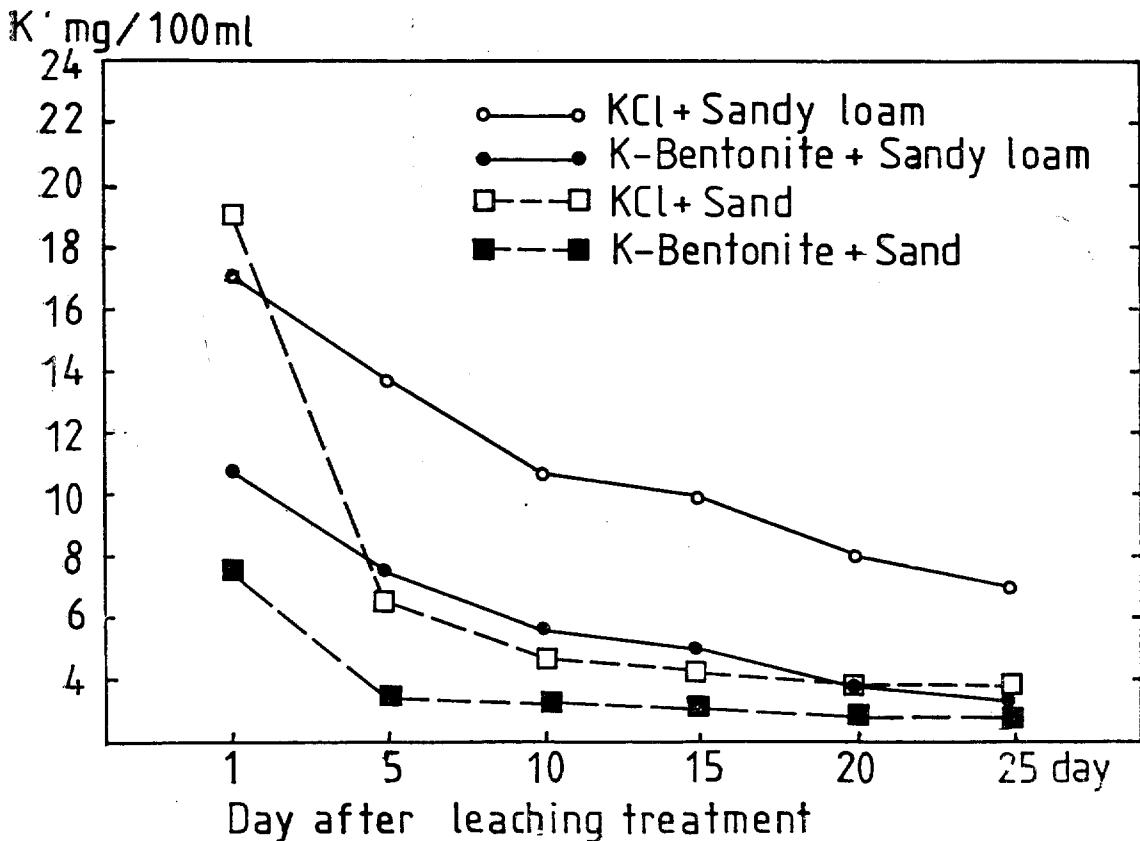
Fig. 2. Change of K<sup>+</sup> content in leached solution after artificial leaching treatment (pot experiment)

Table. 2. Effects of K-Bentonite on the growth of radish 'Altari' grown in sand bed in field.

Plot	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Petiole length (cm)	No. of leaves	Wt. of leaves (g)	Root width (cm)	Root length (cm)	Wt. of root (g)
N-P-O <sup>z</sup>	10.5 <sup>a</sup> w	27.8 <sup>a</sup>	10.3 <sup>a</sup>	7.5 <sup>b</sup>	142.2 <sup>a</sup>	2.7 <sup>b</sup>	5.9 <sup>b</sup>	58.8 <sup>c</sup>
N-P-K <sup>y</sup>	10.5 <sup>a</sup>	27.5 <sup>a</sup>	10.2 <sup>a</sup>	8.0 <sup>b</sup>	150.0 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a,b</sup>	6.3 <sup>a,b</sup>	83.9 <sup>b</sup>
N-P-K-B <sup>x</sup>	10.9 <sup>a</sup>	28.6 <sup>a</sup>	10.7 <sup>a</sup>	9.2 <sup>a</sup>	165.0 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	7.5 <sup>a</sup>	111.3 <sup>a</sup>

z: fertilized with N 20kg, P 20kg and no K

y: fertilized with N 20kg, P 20kg and K 20kg with KCl

x: fertilized with N 20kg, P 20kg and K 20kg with K-Bentonite

w: Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5%.

Table. 3. Effects of K-Bentonite on the several quality criteria of radish 'Altari' grown in sand bed in field

Plot	Dry wt		Vitamin C		Thiocyanate in root (SCN <sup>-</sup> ) (ug/g D.W.)	Nitrate	
	leaf (%)	root (%)	leaf (mg/100g F.W.)	root		Leaf (mg/g D.W.)	Root
N-P-O <sup>z</sup>	6.4	6.6	78.9	36.9	30.7	8.9	11.9
N-P-K <sup>y</sup>	6.3	6.5	79.9	39.7	35.6	5.1	12.8
N-P-K-B <sup>x</sup>	6.1	6.3	86.2	40.8	41.1	5.8	9.2

z: fertilized with N 20kg, P 20kg and no K

y: fertilized with N 20kg, P 20kg and K 20kg with KCl

x: fertilized with N 20kg, P 20kg and K 20kg with K-Bentonite

Table 4. Effects of K-Bentonite on the growth of lettuce grown in sand bed in field

Plot	Wt. of leaves (g/plant)	Wt. of roots (g/plant)	Ratio of T/R	D. W. of leaves (%)
N-P-O <sup>z</sup>	147.6 <sup>a</sup> w	4.4 <sup>c</sup>	33.5	3.36 <sup>a,b</sup>
N-P-K <sup>y</sup>	150.6 <sup>b</sup>	5.0 <sup>b</sup>	30.2	3.41 <sup>a</sup>
N-P-K-B <sup>x</sup>	248.1 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	42.5	3.17 <sup>b</sup>

z: fertilized with N 20kg, P 20kg and no K

y: fertilized with N 20kg, P 20kg and K 20kg with KCl

x: fertilized with N 20kg, P 20kg and K 20kg with K-Bentonite

w: Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5%

있는 결과를 나타냈을 뿐 속효성 화학비료 시비구와 K-bentonite구는 차이가 없었다.

이는 모래땅에서는 용탈이 심하여 K-bentonite의 효과가 있는 반면, 일정량의 관수만을 실시한 실내 pot 시험에서는 그 차이가 나타나지 않았다고 본다. 만일 온실내 시험에서도 인위적으로 강하게 pot하단으로 물이 흘러 나오게 관수했다면 포장에서와 같은 결과를 보였으리라 본다. 즉, Kofranek와 Lunt<sup>(10)</sup>는 radish에서 N(36%)과 S(17%) 성분이 들어있는 SCU완효성 비료는 모래땅에서만 큰 효과가 있었다고 보고했는데 이는 토양차에 의한 용탈의 정도 때문이라고 했다. Maynard와 Lorenz는 적황 20일 무우(radish)의 경우 생육기가

4주이므로 완효성 비료의 효과가 별로 기대되지 않는다고 했다<sup>(11)</sup>. 그러나 알타리무우는 약 2개월간 노지에서 비교 시험했기 때문에 다소 차이가 나타났다고 본다. Prasad는 상치의 경우<sup>(2)</sup>, 온실에서 완효성 효과의 큰 기대가 어려우나 단지 초기에 염류농도가 급작히 높아져서 나타나는 염류 장해에 완효성 비료가 탁월한 효과가 있다고 한다. 본 실험에서도 단기작물을 응용 시험을 했으므로 다소 완효성 비료시험에 문제는 있었다고 사료되나 모래땅의 경우, 6월과 7월 중의 강우량이 상당하여, 화학비료의 높은 용탈에 의해 K-bentonite의 낮은 용탈이 비효율을 가져왔다고 본다. 앞으로 타작물로 장기간에 걸친 비교연구 시험이 요망된다.

Table 5. Effects of K-Bentonite on the growth of radish 'Altari' grown in pot with different soils.

Soil	Treat.	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Petiole length (cm)	No. of leaves	Wt. of leaves (g)	Root width (cm)	Root length (cm)	Wt. of root (g)	D.W. of root (%)	Nitrate in root (mg/g D.W.)
Sand	N-P-O*	8.7	24.7	7.6	8.0	39.6 <sup>b</sup> *	4.4	2.3	9.3 <sup>c</sup>	6.7 <sup>b</sup>	4.74 <sup>c</sup>
	N-P-K <sup>y</sup>	9.5	24.3	8.8	8.0	40.8 <sup>b</sup>	4.7	2.4	13.5 <sup>b</sup>	6.7 <sup>b</sup>	5.82 <sup>c</sup>
	N-P-K-B <sup>x</sup>	9.1	24.1	9.9	8.5	47.7 <sup>a</sup>	4.9	2.4	12.3 <sup>b</sup>	6.7 <sup>b</sup>	4.47 <sup>c</sup>
Sandy loam	N-P-O	8.1	21.5	6.8	6.5	19.2 <sup>c</sup>	4.3	1.9	5.3 <sup>d</sup>	6.6 <sup>b</sup>	7.74 <sup>b</sup>
	N-P-K	9.0	23.5	8.7	7.2	31.7 <sup>b</sup>	4.2	2.3	9.9 <sup>b,c</sup>	6.5 <sup>b</sup>	9.54 <sup>b</sup>
Clayey loam	N-P-K-B	9.0	24.5	8.9	7.1	32.4 <sup>b</sup>	4.8	2.6	11.4 <sup>b</sup>	6.6 <sup>b</sup>	7.73 <sup>b</sup>
	N-P-O	8.0	21.1	6.6	6.5	23.6 <sup>c</sup>	4.1	1.6	6.3 <sup>d</sup>	7.2 <sup>a</sup>	10.80 <sup>a</sup>
	N-P-K	9.8	23.4	8.4	7.3	37.0 <sup>b</sup>	4.5	2.6	16.3 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	11.56 <sup>a</sup>
	N-P-K-B	9.8	22.5	7.7	7.2	35.6 <sup>b</sup>	4.7	2.5	17.7 <sup>a</sup>	7.4 <sup>a</sup>	11.41 <sup>a</sup>

z: fertilized with N 1.0g, P 1.0g and no K per pot

y: fertilized with N 1.0g, P 1.0g and K 1.0g with KCl per pot

x: fertilized with N 1.0g, P 1.0g and K 1.0g with K-bentonite per pot

w: Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5%

무우의 포장시험(Table 2, 3)에서 근부의 생체 100g당 건물중의 K-bentonite구가 KCl구 보다 다소 작은 듯 했는데 이는 뿌리나 잎 무게가 많은데 따른 회석 효과가 아닌가 생각된다. 일반적으로 동일조건에서 자란 무우는 큰 것이 건물중이 낮기 때문이다<sup>(10)</sup>.

K-bentonite를 시비한 구에서는 KCl을 시비한 구에 비하여 근부에서 보다 Vitamin C, thiocyanate성분이 높은 것은 N과 P양은 같으나 K성분이 후기까지 흡수되어 Vitamin C의 합성과 thiocyanate 전구 물질이 되는 탄수화물의 측적이 많아진데 원인이 있다고 사료된다<sup>(12, 13)</sup>.

동량의 질소를 시비했으므로 nitrate함량에는 큰 차이를 발견할 수 없었는데 이는 이미 알려진 대로 식물체의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>함량은 N 시비량에 정의 상관이 있기 때문이다<sup>(11)</sup>. pot시험에서 K비료 사용구는 전체적으로 K 무시용구에 비해 생육이 좋았으나 KCl구와 K-bentonite 구는 차이를 발견할 수 없었다(Table 5). 이는 김등<sup>(7)</sup>이 연구한 연구결과를 토대로 적당량의 판수에 따른 Wagner pot에서 용탈 비교시험처럼 인위적인 용탈을 유발시키지 않았기 때문이라고 본다. 아울러 황토계통의 clayey loam에서는 sandy loam이나 sand보다 높은 건물중과 Nitrate함량을 나타냈는데, 이는 토양비옥도 차에 따른 결과라 생각된다. 이상 포장과 pot시험의 결과를 미루어 보건대 K-bentonite는 작물의 생육에 효과가 있음을 알 수 있었다.

#### 4. K-bentonite의 생산과 이용상 문제점

생산과정에 있어서 보다 공정을 간단히 할 수 있는

방법을 앞으로 연구하여 생산비의 절감을 기해야만 실제 사용이 가능하다고 본다. 특히 국내에서 생산되는 bentonite가격을 감안해서 볼 때에 일반작물에의 이용은 실제 곤란한 점도 없지 않다. 왜냐하면 순수한 1g의 K를 주기 위해서는 실제로 약 300g 이상의 bentonite (100g에 0.914meg만 교환이 되기 때문)를 뿌리는 결과가 나오기 때문이다.

물론 bentonite는 점토 성분이므로 다른 양분의 용탈을 방지하고 아울러 포장용수량을 상승시키는 등 좋은 점이 있지만 가격이 비싸면 그 응용이 문제이다. 이런 점을 감안할 때 오히려 washing과정을 빼고 bentonite의 총간 뿐 아니라 외부에도 K<sup>+</sup>를 불인 상태로 입체를 만들어 시비하는 것을 연구코자 한다. 김등<sup>(14)</sup>은 한강 모래땅 연구시에 점토와 복합비료 수용액을 장기간 혼합시켜 두었다가 소형의 구슬같은 점토환을 만들어 모래에 시비함으로서 작물 재배에 효과를 보았다고 한다. 이를 고려해 볼 때 결국 K-bentonite는 한약처럼 입체로서 분체, 란, 베란다채소, 화훼류 등의 특수비료로 제조하여야 경제성이 있다고 본다.

K-bentonite의 국내 연구는 처음 실시하므로 앞으로 실용화를 위해서는 제조법, 경제성 문제 등의 계속적인 연구가 수행되어야 하리라 본다.

#### 요약

K-bentonite를 K포화용액에서 이온교환법에 의해 제조했다. 모래땅, 황토, 산흙에서 K-bentonite 완효성의 효과를 비교 시험했는데, 특히 모래땅에서 그 효과

가 컸다. 알타리무우 및 상치를 이용한 모래땅 재배에서 KCl시용구 보다 K-bentonite구는 상치의 지상부의 생육과 알타리무우의 근부신장을 월등히 촉진 시켰다. 그러나 적정량을 관수하면서 모래, 산흙, 황토를 이용한 온실내 pot시험에서는 생육차를 발견할 수 없었다. K-bentonite는 무우 및 상치의 Vitamin C, Nitrate, Thiocyanate, Dry wt 등의 함량변화에 영향을 미치지 않았다.

K-bentonite 실제 생산에 있어 문제점에 대해 논의하였다.

### References

1. Maynard, D.W. and O.A. Lorenz, (1979) : Controlled-release fertilizers for horticultural crops, Horticultural Review, 1, 79-140.
2. Prasad, M. (1973) : Evaluation of isobutylidene-diurea and sulfur coated urea for grass and lettuce, J. Agr Food Chem., 21, 919-922.
3. Park, J.C. J.H. Choy and K.W. Park, (1984) : Study on the development and application on slow releasing fertilizer(K) using Korean natural clay minerals, I. Characterization of Korean natural clay. Korean J. Envir. Agricul., 3(2), 50-54.
4. Mitcherlich, A. (1954) : BodenKunde für Landwirte, Fortwirte und Gärtner, Paul Parley, Berlin-Hamburg, pp. 67-70.
5. Gerard, C.J. and H.C. Mehta, (1971) : Influence of a root crop on physical properties of a medium textured soil, Agr. J., 63, 889-892.
6. Gisecke, F. (1954) : Der Vegetationsversuch. II. Der Gefäßversuch und seine Technik, Neumann Verlag, Radelbeul Und Berlin.
7. Kim, Y.C., M.J. Kang and K.W. Park, (1986) : Studies on the sand culture of radish with trickle irrigation, Theses of Agri., & For. Korea Univ., 16, 71-78.
8. Chong, C. and B. Bible, (1974) : Variation in thiocyanate content of kale varieties, J. Sci. Food Agric., 17, 70-71.
9. Park, K.W. and D. Fritz, (1983) : Influence of fertilization on quality components of radish grown in green house, Gartenbauwissenschaft, 48(5) ; 227-230.
10. Kofranek, A.M. and O.R. Lunt, (1968) : Effectiveness of urea and coated urea for production of RAPHANUS SATIVUS in two soils under two leaching regimes, Pros. Amer. Soc. Hort. Sci., 11, 50-55. (Trop. Reg.)
11. Park, K.W. (1983) : Effects of fertilization, irrigation and harvesting period on the quality of vegetable crops, J. Kor. Soc. Hor. Sci., 24 (4), 325-337.
12. Johnston, T.D. and D.I.H. Jones, (1966) : Variations in the thiocyanate content of kale varieties, J. Sci. Food Agric., 17, 70-71.
13. Kim, Y.S., Y.C. Kim and K.W. Park, (1983) : Influence of irrigation and cultivar on thiocyanate ion content in radish and chinese cabbage, J. Kor. Soc. Hort. Sci., 24(1), 9-13.
14. Kim, Y.C. and Y.W. Kwon, (1978) : Improvement of plant nutrition and root growth for cropping on sandy barrens, 학술원논문집(자연과학편), 319-329.

(본 연구는 한국학술진흥재단 연구비해 의해 수행됨)