

## 燐酸蓄積 뽕밭의 燐酸 減量施肥에 관한 연구

李杭周 · 崔榮哲 · 金三銀 · 李相夢 · 李永漢\*  
農村振興廳 蠶業試驗場, \*洪城郡 農村指導所

### Reduction of Phosphorus Fertilizer in Mulberry Fields, High in Phosphate

Won Chu Lee, Young Cheol Choi, Sam Eun Kim, Sang Mong Lee and Young Han Lee

*Sericultural Experiment Station, R.D.A., Suwon, Korea*

*\*Hongseon Gun Office of Rural Guidance, Korea*

#### Abstract

Field experiment and silkworm rearing were conducted for 4 years in an attempt to reduce phosphorus fertilizer in mulberry field with high levels of phosphate. Experiments consisted of four treatments; normal recommended P application (13 kg  $P_2O_5/10a$ ), half, null and no fertilizer on each of 3 mulberry fields, two fields with 300 ppm and one field beginning with 450 ppm of available  $P_2O_5$  content in soil. One of 300 ppm fields was used for leaf quantity and one for leaf quality test by silkworm rearing. Leaf yield in the 300 ppm field decreased after the 3rd spring in the no phosphorus treatment and in the 4th fall in the half phosphorus treatment. No yield decrease occurred in 450 ppm field for 4 years. Yield decrease did occur in the next rearing season after soil phosphate content in the 10~20 cm zone dropped below 150 ppm. Phosphorus fertilizer should be applied at this time. Though  $P_2O_5$  concentration in leaves of no phosphorus treatment was 0.18% lower than that of conventional treatment, there were no difference in cocoon quality.

Key words: Phosphorous, accumulation, mulberry

#### 序 論

燐酸은 질소와 달라서 再循環(recycling)하는데는 많은 시간이 걸려서 地殼중에 埋藏되어 있는 것에만 의존하고 있다.

採蠶 가능한 지구의 인광석 매장량은 250~360억 톤으로 추정되며, 年消費伸張率을 3.6~4.6%로 잡을 경우 50년이 지나면 枯渴될 것으로 추정되고 있다 (連水, 1986).

우리나라에서 비료의 사용량은 1970년부터 1980년 사이에 유사이래 가장 큰 증가를 보여서, 1970년 대비 삼요소시비량이 54%나 증가했다(한국농업기술사, 1983). 그 결과 밭토양에서 토양중에서 이동성이 가장 작은 인산은 1960년대의 114 ppm에서 231 ppm으로 축적을 보였다(Park, 1991).

뽕밭에서도 이러한 현상을 보여 1989년 경기도 소재 뽕밭을 분석한 결과 70%의 뽕밭이 유효인산 200 ppm 이상을 보였으며, 최고 함량 2,117 ppm까지도 검출되었다(李, 1990).

인산의 過肥는 水系 汚染의 문제를 불러 일으킨다. 인산이 토양에 과량 축적될 때, 지금까지는 질소나 칼리와는 달리 문제점이 거의 없는 것으로 인식되어 왔으나, 최근에는 이를 부정하는 연구결과들이 계속 보고되고 있다.

즉 인산이 과도하게 토양에 축적되었을 때, 토양에서는 물론 특히 植物體內에서 미량요소와 결합하여 沈澱되거나 용해도가 낮은 鹽으로 전환되어서 옥수수나 faba 콩 등의 Zn, Fe 등 미량요소의 결핍을 유발한다(Brown *et al.*, 1970; Ayed, 1970; Elskokary

et al., 1983). 벼에서는 뿌리와 줄기 중의 Zn, Re, Mn, Cu 함량을 저하시킨다는 보고도 있다(Alam, 1981).

고등식물에서 Zn는 인산의 흡수에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있고(Welch 등, 1982), 亞鉛의 결핍은 인산의 흡수와 이동물을 현저히 증가시킴이 밝혀졌으며(Cakmak & Marschner, 1986), 이렇게 하여 過剩供給된 인산은 식물세포내에서 Zn대사 기능을 妨害한다(Lindsay, 1972).

인산의 과잉공급은 식물체내에서 Zn-P를 형성, 침전되어 Zn의 결핍을 유발하며, 그 결과 葉綠素의 조성이 떨어지고, superoxide dismutase 의 활성 저하를 초래한다(Cakmak & Marschner, 1987).

그러한 P-Zn의 관계를 “인산에 의한 亞鉛缺乏(P-induced Zn deficiency)”이라고 말하고 있다.

이 연구는 인산이 축적된 壤밭에서 인산을 시비하지 않았을 경우 減收가 일어나는가를 보는 한편, 일어난다면 토양의 유효인산 함량이 어느 정도에서부터 수량의 감소가 일어나기 시작하는가를 구명하기 위하여 포장시험을 수행하였다.

### 材料 및 方法

蠶業試驗場 포장(水原市 西屯洞 소재)에서 1989년 부터 4개년에 걸쳐서 개량뽕(*Morus alba* L.)을 공시 품종으로 하고, 토양의 유효인산함량을 300 ppm 정도 2개포장(시비시험 및 누에사육시험 각각 1포장), 450

ppm 정도 1개 포장을 選定하여 인산을 관행량인 13, 반량인 6.5 kg/10a, 무인산구와 무시비구 등 4처리를 하였다. 질소질과 칼리질 비료는 관행량인 30, 18 kg/10a을 각각 주었으며, 植栽密度는 1,667주/10a(1.8 m + 0.6 m)×0.5 m)이었다.

토양시료는 연 2회, 6월초순 畝수확 후와 가을 낙엽후 11월 중에 採取하였으며, 表土는 0~10 cm 부위, 心土는 10~20 cm 부위를 채취하여 陰乾後 2 mm체를 통과한 것을 분석에 사용하였다.

토양성분 분석은 酸度는 토양 : 물 = 1 : 5의 비율로 하여 硝子電極으로, 有機物은 Tyurin법, 有效磷酸은 Lancaster법, 置換性塩基는 ammonium acetate(pH 7.0)로 침출, 原子吸光裝置(Hitachi Z-6000)에 의해 정량분석하였다.

식물체는 수확 당일 最大光葉 아래 2~3장을 채취하고, 채취한 시료를 熱風循環乾燥機내에서 75°C 24 시간 건조시킨 후 분쇄하여, 0.25 mm체를 통과한 분말을 분석시료로하고, 이 분말에 salicylic acid를 함유한 농황산과 과산화수소를 가하여 濕式分解後(Walinga 등, 1989), Murphy & Riley법(1962)에 의해 인산을 比色定量하였다.

### 結果 및 考察

#### 1. 인산시비량에 따른 연차별 수량

시험기간 동안의 처리별 수량은 표 1과 같다. 인

Table 1. The effects of phosphate fertilizer levels on mulberry yield. (kg/10a)

Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> in soil (ppm)	Treatment (kg/10a)	1st year			2nd year			3rd year			4th year			Average
		Spring	Fall	Total	Spring	Fall	Total	Spring	Fall	Total	Spring	Fall	Total	
300(B)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 13	1,210	774	1,984 (100)*	1,129A	1,010A	2,139A (100)	933A	733	1,666A (100)	793A	1,022A	1,815A	1,901 (100)
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 6.5	1,366	771	2,137 (108)	1,078AB	1,037AB	2,115A (99)	945A	717A	1,662A (100)	744A	914B	1,658AB	1,893 (100)
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0	1,301	750	2,051 (103)	1,051AB	987A	2,038AB (95)	823(B)	647AB	1,470B (88)	675B	888B	1,563B	1,781 (94)
	No fert.	1,100	605	1,705 (86)	969B	865B	1,834B (86)	759(B)	588B	1,347B (81)	568C	682C	1,250C	1,534 (81)
450	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 13	1,691A	915A	2,642A (100)	877B	909A	1,786A (100)	842A	805A	1,647A (100)	641A	1,006A	1,647A	1,931 (100)
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 6.5	1,639AB	926A	2,565A (97)	911B	916A	1,827AB (102)	856A	769A	1,652A (100)	644A	977A	1,621A	1,916 (99)
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0	1,698A	896A	2,594A (98)	989A	928A	1,917A (107)	891A	768A	1,659A (101)	681A	966A	1,647A	1,954 (101)
	No fert.	1,415B	724B	2,139B (81)	795C	666B	1,461C (82)	689	583B	1,269B (77)	504B	696B	1,200B	1,517 (79)

\*Percentage of control

산시비량을 減量시킨 결과, 토양인산 300 ppm 포장에서는 무인산구에서 3년째 봄부터, 인산 6.5 kg/10a 구에서는 4년째 가을부터, 5% 수준에서 統計的인 유의차가 인정될 정도의 감수가 일어났으며, 450 ppm에서는 4년동안 무인산구에서도 감수가 일어나지 않았다.

450 ppm 포장에서는 2년차 秋期에 무인산구에서 오히려 수량증가를 보였으나, 그 전후에 모두 인산시비구와 같은 수준을 보였으므로, 인산과잉 축적에 의한 감수라고 말하기는 어려울 것으로 판단되었다.

北野等(1988)은 무기태 인산이 359 ppm 함유한 토양에 뽕나무를 심어서 풋트시험으로 인산시비량에 따른 乾物생산량을 조사한 결과, 인산 30 kg/10a 상당량까지는 건물량이 증가하였으나, 60 kg/10a 상당량을 사용하면 감소하였다고 보고하였다. 따라서 토양의 유효인산이 450 ppm 정도인 뽕밭에서 인산관행량 시비에 의한 收量減少는 일어나지 않을 것으로 판단되었다.

**2. 인산시비량에 따른 土壤磷酸의 연차별 변화**

蠶期別 토양인산의 함량을 처리별로 분석한 결과 그림 1과 같았다.

인산 분석치가 다소 높은 변이를 보이는 것은 토양에서 인산은 移動性이 매우 불량하여, 질소의 1/33, Ca의 1/8에 불과하기 때문에(柳, 1988) 시료채취 부위에 따라 다소의 변이를 보인 것으로 판단된다.

300 ppm 포장의 경우, 표토의 인산함량은 인산 13 kg/10a구에서는 증가하는 반면, 6.5 kg구와 무인산구

에서는 대체로 일정한 수준을 보였다. 그러나 심토는 인산시비량의 감량에 따라서 경시적으로 함량감소를 보였으며, 유효인산이 150 ppm을 보이는 그다음 蠶期에는 수량이 감소하기 시작하는 것으로 나타났다.

즉 무인산구에서는 2년차 추기에 142 ppm으로 떨어진 후 3년차 춘기 수량이, 인산 6.5 kg구에서는 3년차 가을에 147 ppm으로 떨어진 후에 4년차 봄에 수량이 5% 수준에서 통계적인 유의차가 있을 정도로 낮기 시작하였다.

그러나 450 ppm 포장에서는 무인산구에서도 心土의 有效磷酸이 최저 178 ppm을 보였으며, 수량감소도 일어나지 않았다.

토양 인산함량에 따른 인산시비량과 토양중의 인산함량(Y)이 잠기별(X)로 어떻게 변하는가를 조사한 결과에서 얻은 관계식은 그림 1과 같았다. 즉 300 ppm 포장에서 인산을 연간 6.5 kg/10a를 줄 경우, 심토에서  $Y=6.429X+184.9$ 로 Y가 150 ppm으로 떨어지는 蠶期를 계산하면 5.4잠기, 즉 약 3년이 경과한 다음부터 수량이 떨어지는 것으로 나오는 것이다. 450 ppm포장의 경우, 무인산구에서는  $Y=-17.107X+306.4$ 이며 150 ppm 이하로 떨어지는 잠기는 9.1로 인산 무시비 5년째 여름부터 인산질시비가 요구되는 것으로 豫測되었다.

**3. 토양인산의 形態別 增減推移**

시험 4년차에 토양중의 인산을 형태별로 分別定量한 결과 표 2와 같았다.

토양인산중 가장 함량이 높은 성분은 Fe-P로 全磷酸의 50% 정도를 차지하고 있었으며, occluded-P, Ca-P, Al-P, saloid-P, reduced-P의 순으로 적었다.

토양중에는 Si, Al, Fe 등이 포함 90%이상을 함유하고 있으므로 인산은 주로 Fe-P와 Al-P로 고정되어 존재하게 된다(柳 等, 1977; 申 等, 1980). 이러한 형태의 인산화합물은 식물에 이용되는데 상당한 기간이 소요되는 것으로 알려져 있다.

인산시비량을 감소시킴에 따라 Ca-P는 45~204 ppm, Al-P는 79~227 ppm으로 감소하였으나, 다른 형태의 인산함량은 별로 변동하지 않은 것으로 보아서 이러한 형태의 인산이 유효인산으로 서서히 전환되어 뽕나무에 이용되었던 것으로 추측되었다.

**4. 뽕잎중의 磷酸含量**

시험기간중 매년 2회 수확조사와 함께 채취한 뽕잎을 분석한 결과, 표 3과 같이 가장 낮은 인산함량은 0.93%이었으며, 가장 높은 함량은 3.08%이었다. 또한 인산시비량에 따라서 300 ppm포장에서 4년차 춘기에

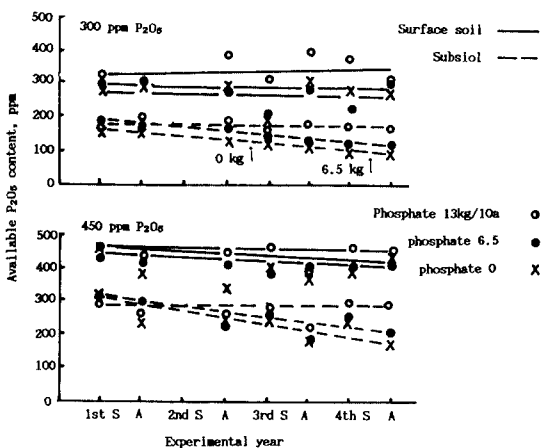


Fig. 1. Effect of with phosphate fertilizer application upon available P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in two fields with different starting P levels.

**Table 2.** Fractionation of soil phosphorus with phosphate fertilizer levels in 4th year.

Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> in soil (ppm)	Treatment (kg/10a)	Salo. P(A)	Ca-P (B)	Al-P	Occlu.-P	Redu.-P	Fe-P	A+B	Total
300(A)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 13	87	327	263	587	36	1,311	414	2,611
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 6.5	95	282	161	623	24	1,264	377	2,499
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0	95	303	145	599	33	1,285	398	2,430
	No fert.	65	288	70	595	70	1,290	353	2,378
300(B)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 13	76	470	256	624	45	1,417	546	2,888
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 6.5	76	354	165	651	24	1,395	430	2,665
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0	77	325	166	584	31	1,398	402	2,581
	No fert.	55	266	29	574	25	1,316	321	2,265
450	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 13	70	381	168	516	26	1,277	451	2,438
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 6.5	73	358	184	538	32	1,203	431	2,388
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0	59	286	159	530	36	1,237	345	2,307
	No fert.	132	381	105	578	28	1,203	413	2,427

**Table 3.** Effect of phosphate fertilizer level upon P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> concentration in leaves (% dry weight).

Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> in soil (ppm)	Treatment (kg/10a)	1st year		2nd year		3rd year		4th year	
		Spring	Fall	Spring	Fall	Spring	Fall	Spring	Fall
300(A)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 13	2.11	1.05	1.97	1.94	1.52	1.98	1.65	1.46
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 6.5	2.00	0.93	2.37	2.56	1.62	1.93	1.51	1.37
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0	1.55	1.13	1.93	2.57	1.52	1.67	1.47	1.35
	No fert.	1.92	1.16	2.86	3.08	1.97	1.89	1.94	1.68
300(B)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 13	1.59	1.34	1.91	2.15	1.85	1.59	1.47	1.73
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 6.5	1.58	1.15	1.94	2.39	1.66	1.67	1.48	1.75
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0	1.56	1.57	1.91	2.42	1.65	1.40	1.43	1.76
	No fert.	1.67	1.28	2.06	2.23	1.97	2.18	1.87	2.04
450	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 13	1.631	1.62	2.51	2.87	1.96	1.67	2.02	1.65
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 6.5	1.33	1.58	2.39	2.31	2.02	1.62	2.03	1.53
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0	1.49	1.73	2.38	2.39	1.98	1.42	1.99	1.47
	No fert.	2.00	2.22	2.71	2.90	2.63	2.10	2.49	2.19

13 kg구 대비 무인산구는 0.18% 낮았으며, 다른 포장에서도 0.03~0.04% 정도로 약간씩 낮은 경향을 보였다.

무시비구에서 인산함량이 오히려 다소 높은 것은 뽕나무의 생육이 나빠서 인산의 식물체내에서의 희석(dilution effect)이 없던 때문으로 推定되었다.

##### 5. 누에 飼育에 의한 葉質 評價

인산감량시비가 엽질에 미치는 영향을 구명하기 위하여 시험 2년차부터 4년차까지 白玉蠶를 공시품종으로 하여 봄, 가을 2회, 총 6회에 걸쳐 사육시험을 한 결과, 2, 3년차에서 인산의 감량시비에 의한 차를 전혀 보이지 않았으므로, 4년차 성적만을 표 4에서 제시하였다.

즉, 2년차 봄, 가을 사육성적을 보면 全齡經過日數, 化蛹比率, 全繭重, 繭層比率, 4령 起蠶 1萬頭當 收繭量 등 모든 것이 인산의 감량시비와 관계없이 같은 수준을 보였다.

3년차 봄에도 같은 경향을 보였으나, 가을에는 무비구에서만 다른구와 달리 4령기잠 1만두당 수견량, 화용비율, 전전중, 전중중 등이 현저히 떨어졌으며, 다른 구에서는 같은 수준을 보였다.

4년차 봄에는 13 kg구에서 전중중 및 전중비율이 통계적인 유의차가 있을 정도로 높았으나, 화용비율이 떨어져 4령기잠 1만두당 수견량이 모든 처리구에서 같은 수준을 보였다.

가을에는 오히려 13 kg구에서 5% 수준에서 통계적인 유의차가 인정될 정도의 收繭量減少가 있었다.

**Table 4.** *Silkworm cocoon quality test in the 4th year of the experiment.*  
Spring rearing

Treatment (kg/10a)	Total feeding period (day.hr)	Pupation rate (%)	Cocoon yield for 10 <sup>4</sup> silkworm (kg)	Single cocoon weight (g)	Cocoon shell weight (cg)	Percentage of cocoon shell weight (%)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 13	24.22	91.5	23.2	2.64	58.9A	22.4A
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 6.5	24.22	97.0	24.7	2.58	55.7C	21.6B
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0	24.08	98.0	24.2	2.61	55.1C	21.1B
No fert.	24.22	95.5	24.6	2.68	57.9AB	21.6B
L.S.D	N.S	N.S	N.S	N.S	2.72*	0.61**
C.V (%)	0.51	2.16	4.93	1.55	1.72	0.61

Autumn rearing						
Treatment (kg/10a)	Total feeding period (day.hr)	Pupation rate (%)	Cocoon yield for 10 <sup>4</sup> silkworm (kg)	Single cocoon weight (g)	Cocoon shell weight (cg)	Percentage of cocoon shell weight (%)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 13	21.02	94.5AB	20.3B	2.24	52.8B	23.6
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 6.5	21.02	90.0B	21.2AB	2.38	55.3A	23.3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0	20.07	96.0A	22.2A	2.31	53.7AB	23.3
No fert.	21.05	92.5AB	21.2AB	2.29	53.9AB	23.6
L.S.D	N.S	5.31*	1.71*	N.S	1.73*	N.S
C.V (%)	0.75	1.79	2.53	2.10	1.01	1.55

이러한 결과는 견충중의 감소에 기인한 것이었다. 그러나 뽕잎의 인산함량은 오히려 다른 구에 비해 약간 높은 경향을 보였으며, 다른 해에는 이보다 더 높은 인산함량을 보였음에도 하등 사육성적에서 해를 받지 않은 것으로 보아, 수견량 감소가 인산질의 過多 또는 過多 시비에 의한 것으로 판단되었다(표 4).

**摘 要**

인산이 蓄積된 뽕밭에서 인산 시비량을 조절하기 위하여, 有效인산 300 ppm 정도 포장 2개소, 450 ppm 정도 포장 1개소에서 인산 標準施肥量區(13 kg/10a), 半量區, 無인산區, 無施肥區 등을 설정하여 4년동안의 포장시험과 葉質檢定을 위한 누에 사육시험을 3년동안 수행한 결과 다음과 같았다.

1. 土壤有效인산 함량이 450 ppm 포장에서는 4년간 계속된 인산 무시비구에서도 뽕잎 收量減少가 없었으나, 300 ppm 포장에서의 無인산區에서는 3년차 봄부터, 인산 반량구에서는 4년차 가을부터 감수가 시작되었다.

2. 年次別로 토양 인산의 감소에 따른 收量減少와의 관계에 의하여 인산시비 開始時期를 조사한 결과, 土心 10~20 cm 부위에서 유효인산의 함량이 150

ppm 이하로 떨어졌을 때 인산시비를 개시하는 것이 적당한 것으로 나타났다.

3. 인산 減量施肥에 따른 뽕잎 중의 인산함량은 표준량 시비구 대비 0.18%까지 감소하였다.

4. 인산의 감량시비가 뽕잎의 質에 미치는 영향을 알기 위하여 3년간 토양인산 300 ppm 포장의 뽕잎으로 누에를 사육하여 檢定한 결과, 인산 무시비에 의해 수량이 감소하고, 葉中의 인산 함량이 최저 1.13%까지 감소하였어도, 收量 및 葉質에는 영향을 주지 않았다.

**引 用 文 獻**

Ayed I. A.(1970) A study in the mobilization of iron in tomato roots by chelate treatments. *Plant and Soil* **32**: 18-26.

Brown A. L., Lrantz B. A., and Eddings J. L.(1970) Zinc-phosphorus interactions as measured by plant response and soil analysis. *Soil Sci.* **110**: 415-420.

Cakmak I. and Marschner H.(1986) Mechanism of phosphorus-induced zinc deficiency in cotton. I. Zinc deficiency-enhanced uptake rate of phosphorus. *Physiol. Plantarum* **68**: 483-490.

Cakmak I. and Marschner H.(1987) Mechanism of phosphorus-induced zinc deficiency in cotton. III.

- Changes in physiological availability of zinc in plants. *physiol. Plantarum* **70**: 13-20.
- Elsokkary I. H., Baghdady N. H. Y. and Amer M. A.** (1983) Effect of heavy application of superphosphate and micronutrient fertilizers to highly calcareous soils on growth of corn and faba bean plants and their content and uptake of P, Fe, Mn, Zn and Cu. *Landwirtsch. Forsch.* **36**: 258-272.
- 李杭周(1980)** 낮추메기 콩나물 뿌리와 몇몇 토양화학성 분포에 관한 연구, *韓蠶學誌* **22**(1): 52-58.
- 李杭周(1990)** 경기도 뽕밭의 토양화학성, *韓蠶學誌* **32**(1): 5-7.
- 한국농업기술사 발간위원회(1983)** 한국농업기술사 p. 206.
- 北野 實(1988)** クワに施用されたリン酸の肥料効果. *日蠶雜* **57**(1): 1-7.
- Lindsay W. L.**(1972) Zinc in soils and plant nutrition. *Adv. Agron.* **24**: 147-186.
- Murphy I. and Riley J. P.**(1962) A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water. *Anal. Chemi. Acta* **27**: 31-36.
- Olson S. R.**(1972) Micronutrient interactions. - Micronutrients in Agriculture (Mordvedt J. J., Geordano P. M. and Lindsay W. L. eds). p. 243-261. *Soil Sci. Soc. Am. Inc. Madison. WI.*
- Park Y. D.**(1991) The present situation of using nitrogen efficiency in upland crops in Korea. International seminar on increasing nitrogen efficiency in upland crop situation. June 23-30, (1991). RDA-FFTC.
- 柳寬植(1988)** 灌水에 의한 施用養分の 土壤中 移動에 관한 研究. 서울대학교 대학원 박사논문집.
- 柳寅秀 · 申哲雨 · 尹禎熙 · 柳順昊(1977)** 田土壤無機態磷酸의 組成과 有效磷酸 分析方法에 관한 比較研究. *韓土肥誌* **13**(3): 93-97.
- Walinga I., von Vark W., Houba V. J. G. and van der Lee J. J.**(1989) Plant analysis procedures. Wageningen Agriculture University. p. 17-19.
- Welch R. M., Webb M. J. and Loneragan J. F.**(1982) Zinc in membrane function and its role in phosphorus toxicity. *Proc. 9th Internat. Plant Nutrition Coll.* (Scaife A., ed). p. 710-715 *Commonw. Agric. Bur. Farnham Royal Bucks.* ISBN 0-85198-505-X.