

## 放射性同位體를 利用한 ×*Populus albaglandulosa*의 磷酸吸收相에 關한 追跡研究(I)\*<sup>1</sup>

— 苦土施用이 植物體內的 磷酸含有率에 미치는 影響 —

金鼎錫\*<sup>2</sup> · 李錫求\*<sup>2</sup> · 安鶴洙\*<sup>3</sup> · 宣順和\*<sup>2</sup>

### Studies on Uptake Pattern of the Phosphorus Employing Radioisotopes as Tracer on the ×*Populus albaglandulosa*(I)\*<sup>1</sup>

— The correlation between the phosphorus and magnesium contents of the plants,  
when supplying available magnesium in soil —

Chung-Suk Kim\*<sup>2</sup> · Suk-Koo Lee\*<sup>2</sup> · Hak-Soo Ahn\*<sup>3</sup> · Soon-Wha Sun\*<sup>2</sup>

The uptake ratio of supplying P<sup>32</sup> labelled double superphosphate and the hastening efficiency of the uptake by addition of magnesium sulfate to the fertilizer were studied on the ×*Populus albaglandulosa* planted with 0/1 cutting in 1975.

The results are summerized as follows.

1. Average 13% of supplying double superphosphate was absorbed into ×*Populus albaglandulosa* planted on the reddish heavy clay soil in Institute of Forest Genetics.
2. The accumulation of absorbed magnesium was more amount in leaf than in stem.
3. The uptake ratio of supplying double superphosphate was able to increase up to 16%~33% by the addition of magnesium sulfate to the fertilizer.
4. It might be possible to increase the tree growth following the acceleration of photosynthesis due to the increasing amount of magnesium known to be a component of chlorophyll in leaf as well as to hasten the efficiency of uptake of phosphorus by the addition of magnesium to double superphosphate.

1975年 ×*P. albaglandulosa*(은수원사시나무) 0/1 苗를 植栽하고 放射性同位體 P<sup>32</sup>-標識 磷酸質肥料의 吸收率과 硫酸苦土의 添加 施用에 依한 磷酸質肥料의 吸收利用促進效果를 試試한바 다음과 같이 간추릴수가 있었다.

1. ×*P. albaglandulosa*(은수원사시나무)는 構內 赤色系 重粘土에서 施用磷酸質肥料의 平均 13% 정도만이 吸收利用하고 있었다.
2. 吸收된 苦土分은 줄기보다 主로 잎에 많이 축적되었다.
3. 硫酸苦土를 添加施用하므로써 施用磷酸의 吸收率을 16~33%線까지 增進시킬수 있었다
4. 硫酸苦土를 磷酸質肥料과 併用하므로써 磷酸의 吸收, 利用率을 增進시킬뿐만이 아니라 葉綠素의 構成成分인 苦土分의 葉內 蓄積量增大는 同化量促進과 連結되어 生長量의 增大도 考慮될수가 있었다.

\*<sup>1</sup> Received for publication on January 10, 1978.

\*<sup>2</sup> 林木育種研究所 Institute of Forest Genetics, Suweon, Korea.

\*<sup>3</sup> 漢陽大學校 Hanyang Univ.

## 緒 論

황폐된 우리나라 山林의 早期 복구와 山林의 合理的 經營을 通한 所得增大라는 大命題를 早速히 達成하기 위하여서는 速成樹의 開發이 要請되는 바 마침내 林木 育種研究所에서 *×populus albaglandulosa*(은수원사시 나무)를 開發한바 있어 生長의 優秀性이 이미 널리 알려져 있으며 이 新品種의 生長을 더한층 促進하기 위하여 이제 肥培管理에 關한 研究가 必要하게 되었다.

元來 三要素中 磷酸은 細胞內의 核酸에 對한 構成元素란 點에서 植物體의 生育에 必須的 要素이고 더욱이 ATP와 같은 高 energy磷酸鹽形成에 극히 깊은 關係를 갖는 것으로도 알려져 있으며 특히 林木에 있어서는 磷酸質肥料의 施用量이 他肥料보다 월등히 많은 理由도 이러한 點을 配慮한 것으로 생각되고 있다.

그러나 磷酸質肥料는 事實上 土壤에 施用된 後에 吸着固定이라는 現象때문에 그릇된 施用으로서는 充分한 效果를 거두지 못하는 境遇가 많다.

同位體利用에 依한 林木의 磷酸吸收, 移動, 代謝 등에 關한 研究結果가 國內에서는 稀貴한 편이며 外國에서는 상당히 活發한 成果들이 여러篇 알려져 있다. (5, 6, 7, 11, 12, 16, 17) 그 中에서도 藤田는 同位元素稀釋法으로써 森林土壤 20點에 對한 磷酸吸收係數를 測定報告한 바 있고 志田과 眞鍋 등은 竹의 幹으로부터 葉까지  $P^{32}$ 의 移動이 晝夜間에 差異가 있음을 解明하였고 別途로 眞鍋는 소나무 切枝에서의  $P^{32}$ 의 吸收에 關한 研究에서 4年生의 切枝가 12年生의 切枝보다 放射性磷이 많았음을 發表한 바 있다.

또한 寺板는 삼나무插穗에 吸收된  $P^{32}$ 의 移行分布에 關한 研究를 遂行報告하였고 塘과 藤田 등은  $P^{32}$  標識 過磷酸石灰를 使用하여 삼나무와 소나무에 對한 施肥 位置를 決定한 바 있으며 또  $P^{32}$  標識過石에 依한 磷酸의 吸收에 있어서 肥料-P와 土壤-P의 吸收比率에 關하여 報告하므로써 林木의 撫育에 있어 放射性同位元素를 利用하므로써 이러한 難題들을 迅速正確하게 解決하고 있다.

우리나라에서도 一般農作物들에 對한 放射性同位體利用에 依한 報文들은 比較的 많은 편이며 (1, 2, 3, 4, 9, 10, 13, 14) 그 中에서 밭가지를 간추려 보려는 安 등이 遂行한 土壤別 磷酸의 行動 作物別 磷酸質肥料의 利用率과 A-value, 朴 등의 濟州火山灰土에서의 磷酸利用率 등도 이에 屬하며 이 以外에도 相當히 많은 報文들이 發表된 바 있다.

本人들은 우선 *×P. albaglandulosa*(은수원사시 나무)가 가지고 있는 磷酸의 代謝特性을 밝혀 보다 効率的

인 施肥方法을 究明하고자 遂行한 것이며 더욱이 苦土分의 施用이 磷酸의 効率性을 높인다는 報文도 있어 (15) 本試驗에서도 本人들은 于先 *×P. albaglandulosa*(은수원사시 나무)가 지니고 있는 磷酸의 代謝特性을 밝힘과 同時에 苦土分의 施用이 磷酸의 吸收利用率을 높인다는 點(15)도 유의하여 併施效果에 對하여 比較試驗을 實施하고 이들의 結果를 간추려 이를 報告하는 바이다.

## 材料 및 方法

### 1. 供試材料

- 1) 供試土壤: 當研究所 構內 赤色系 重粘土
- 2) 供試樹種: *×populus albaglandulosa*(은수원사시 나무) 0/1苗
- 3) 供試肥料: urea,  $P^{32}$  labelled double superphosphate, specific activities (300 $\mu$ Ci/g), potassium chloride, magnesium sulphate

### 2. 試驗方法

- 1) 處理方法 및 栽植方法  
A, B, C, D의 4處理 3反復亂塊法配置  
A: 三要素區, B: 苦土添加區, C: 苦土 3倍添加區  
D: 苗土 9倍添加區, 三要素는 一般標準施用量을 各區 共通的으로 施用하였다. (表 1 參照)

Table 1. Supplying fertilizers in each treatments

Treatments	Fertilizers	Quantity g/ind. (2. 1mCi/7g)
A	double superphosphate	50
	urea	38
	potassium chloride	12
	magnesium sulfate	—
B	double superphosphate	50
	urea	38
	potassium chloride	12
	magnesium sulfate	5
C	double superphosphate	50
	urea	38
	potassium chloride	12
	magnesium sulfate	15
D	double superphosphate	50
	urea	38
	potassium chloride	12
	magnesium sulfate	45

以上은 育林用撫育圃地에 直接 植栽했으며 各株當 距離는 3m×3m로 하였다.

2) 調査事項

(1) 生育調査: 10月 20日의 1回

3) 供試材料의 採取

生長이 中止된 10月 下旬 淸明한 날을 擇하여 根元 徑部로부터 切斷

4) 供試材料의 豫備事項

採取된 供試材料는 바로 生體量을 各部位別로 秤量後 dry oven內에서 新聞紙로 싸아 75°C로써 100時間 동안 乾燥(over-night)後 조심스럽게 乾物量을 秤量하였으며 秤量된 各試料는 mill로써 粉碎하여 各種 分析材料로 하였다.

5) 化學分析 및 放射能計測

(1) 化學分析

濕式分解物은 N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO, CaO 등 5大要素의 定量分析用으로 하였다.

이때 N는 kjehldal method(8), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는 Vanadomolybdate method(8) 그리고 K<sub>2</sub>O, CaO, MgO 등은 Atomic absorption/flame spectrometry method(8)와 chelate dilution method(8)를 併用分析하였다.

(2) 放射能測定

乾式灰化法에 依하여 放射線計測用 planchet內에 正確히 秤量된 各部位別 粉碎試料를 넣어 electric muffle furnace 內에서 처음은 door를 半開하여 放煙後 閉門 加熱(550°C~600°C)하여 完全 灰化된 것을 自然放置冷

却하고 各試料를 引出 0.5N HCl로써 分解하여 赤外線燈으로 完乾한 것에 cemedain solution (cemedain+ acetone)을 한두방울 滴下하여 計測材料로 하였다.

Tracer lab. Versamatic II, Scaler. Connected G.M-detector, type-TGC-II, micawindow, GM-tube. Operating voltage, high voltage part 1400volts. Back-ground; 258/10min. with manual sample changer 使用

3. 計 算

放射能은 自然放射能을 控除한 net count 數를 갖고 計算하였다. 計算式은 다음과 같다.

$$DF = \frac{100S.P.}{SF}$$

$$S.P. = \frac{\text{Total CPM}}{\text{Total P}_2\text{O}_5} \dots \dots \dots \text{Counted from plants}$$

DF; Derived from fertilizer (%)

S.P; Specific activity plants

S.F; Specific activity of supplying fertilizer

以上의 計算式에 依한 結果는 表 2와 같다.

試驗結果 및 考察

林木은 他作物에 比하여 磷酸質肥料의 要求量이 많은 것으로 되어 있으며 우리나라의 土壤中에는 可給態 磷酸의 含量은 적어 磷酸質肥料의 所要量은 森林의 集約의 管理추세에 맞추어 每年 增加되고 있다. 表 2는

Table 2. Up-take ratio derived from supplying double superphosphate

Treatments	Parts	Cpm/g	Ratio	Total P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/g)	Specific activities	F.D. (%)	Index
A	leaves	6,282	60	4.5	1,396	$\frac{1653}{12,482.6} \times 100 = 13.24$	100.0
	Stem	4,202	40	2.2	1,910		
	Total	10,484	100	6.7	3,306		
	Mean	5,242		3.35	1,653		
B	leaves	4,769	49	4.4	1,083.9	$\frac{1559.7}{12,482.6} \times 100 = 12.49$	94.3
	Stem	4,885	51	2.4	2,035.4		
	Total	9,654	100	6.8	2,119.3		
	Mean	4,827		3.4	1,559.7		
C	leaves	6,413	54	5.0	1,282.6	$\frac{1925.6}{12,482.6} \times 100 = 15.43$	116.5
	Stem	5,394	46	2.1	2,568.6		
	Total	11,807	100	7.1	3,851.2		
	Mean	5,903		3.55	1,925.6		
D	leaves	5,580	45	5.7	978.9	$\frac{2193.7}{12,482.6} \times 100 = 17.57$	132.7
	Stem	6,817	55	2.0	3,408.5		
	Total	12,397	100	7.7	4,387.4		
	Mean	6,198		3.85	2,193.7		

× *P. albaglandulosa*(은수원사시나무)에서 P<sup>32</sup>를 利用하여 磷酸質肥料의 吸收率과 硫酸苦土의 施用에 依한 磷酸質肥料의 吸收效率促進效果를 表示하고 있다. 卽速成樹로써 現在 가장 많이 권장되고 있는 × *P. albaglandulosa*(은수원사시나무)은 施用磷酸質肥料의 13.24%만을 吸收利用하고 86.76은 不可給態로서 土壤中에 고정 또는 흡착되고 있다는 結果가 된다.

林木에서 放射性 同位元素를 利用하여 施用磷酸의 吸收率을 調査研究한 試驗結果는 찾아볼 수 없었고 農作物에 있어서는 安等<sup>(4)</sup>의 大豆의 品種別 A-value에 關한 研究에서 品種에 따라 6.55%로부터 17.34%까지의 범위였음을 報告한바 있고 또한 그들은<sup>(1)</sup> P<sup>32</sup>를 利用하여 既存 可給態磷酸이 많은 土壤에 栽培된 水稻는 施用磷酸의 利用率이 적었으며 反對로 可給態磷酸이 적은 土壤에서는 높은 利用率을 나타냈고 中位土壤은 그 利用率 역시 中位로서 利用率의 範圍는 10~27%이였음을 報告한 바 있다. 또한 金等<sup>(10)</sup>은 水稻에 對한 磷酸 및 窒素質肥料의 効用에 關한 研究에서 우리나라 試驗地의 有效磷酸含量은 대체로 60ppm 以上이고 施用磷酸質肥料의 吸收率은 10% 內外였으며 磷酸施用量의 增加에 따른 吸收利用率 및 收量의 變化는 다른 나라에 比하여 적었으며 窒素質肥料의 吸收率은 磷酸의 施用方法에 影響을 받지 않으나 磷酸의 吸收率은 窒素의 施用方法에 따라서 다소간 差異가 있었음을 報告한 바 있다. 그리고 또<sup>(6)</sup> 磷酸質肥料의 施用時期 및 施用量의 差異가 水稻의 磷酸吸收 및 收量에 미치는 影響에 關한 研究에서 施用한 過磷酸石灰로부터 吸收된 磷酸吸收率은 全量을 일시에 施用한 것보다 分割施用한 편이 약간 높았으나 큰 差異가 없었음을 報告한 바 있고 安等<sup>(9)</sup>은 纖維植物(*Abutilon avicennae*)의 P<sup>32</sup> 標識 重過石施用效率에 對한 gibberellin處理의 影響에 關한 研究에서 gibberellin 處理區는 施用磷酸의 吸收率이 11.2%~14.4%였으나 比較區는 16.0%~24.6%로써 gibberellin處理區에서 磷酸利用率이 다소 낮은 편이였으나 유의성은 없었다고 報告하고 있다. 以上과 같은 研究例로 보아 우리나라 土壤의 경우 施用磷酸의 吸收

利用率은 植物의 種類와 立地條件에 따라 差異가 있었으나 대체로 6.55%~27% 範圍였으며 × *P. albaglandulosa*(은수원사시나무)도 이 범주를 벗어나지 못하고 있었다.

따라서 × *P. albaglandulosa*(은수원사시나무)에 對한 吸收利用率을 促進시키기 위하여 硫酸苦土를 施用한 結果 5g/本當을 施用한 것은 거의 效果가 없었고 3倍量인 15g/本當을 施用한 區에서는 施用磷酸의 吸收利用率이 15.43%로써 硫酸苦土 無施用區에 比하여 index로써 16.5%의 增加를 示顯하였고 9倍量인 45g/本當 施用했을 경우는 施用磷酸의 吸收利用率이 17.57%로써 無施用區에 比하여 index로써 32.7%나 더 많은 吸收促進效果를 가져오고 있었다.

앞으로 × *P. albaglandulosa*(은수원사시나무)의 肥培管理時에는 磷酸質肥料의 施用과 함께 苦土分의 施用을 試圖한다면 磷酸質肥料의 吸收促進效果가 있을 可能性이 엿보이는 바 15g/本當 以上 45g/本當 까지는 硫酸苦土의 施用量의 增加에 따라 比例的으로 磷酸質肥料의 吸收促進效果가 있을 것으로 생각되었다. 따라서 硫酸苦土의 施用에 依한 磷酸吸收促進效果는 × *P. albaglandulosa*(은수원사시나무)에서 充分히 認定할 수 있었으나 林木類에서의 硫酸苦土가 施用磷酸의 吸收率을 促進한다는 報告는 드물며 大鹿과 齋藤<sup>(12)</sup>는 苦土의 給與期間이 삼나무 치묘의 生育에 미치는 影響을 연구하여 苦土의 施用이 삼나무 稚苗의 生育을 현저히 促進함을 報告했고 吳<sup>(13)</sup>는 水稻작에 있어 各種磷酸質肥料 施用에 關한 報告에서 苦土分을 供給하므로써 置換性土壤鹽基를 均衡된 條件으로 유인하고 苦土分이 磷酸의 移轉(植物體內에서)나 磷酸의 吸收를 조절한다고 報告된 바 있다.

× *P. albaglandulosa*(은수원사시나무)의 體內에 含有되어 있는 N, K<sub>2</sub>O CaO 및 MgO는 表 3, Fig. 1, 2, 3, 4와 같다. 卽 N은 줄기에 0.35%~0.38%, 잎에는 0.42%~0.59%의 범위로 含有되어 있어 잎과 줄기에 거의 같은 比率로 있고 K<sub>2</sub>O는 줄기에 0.09%~0.113%, 잎에는 0.232%~0.301%가 含有되어 있어 잎이 약 3배

Table 3. Content of N, K<sub>2</sub>O, CaO and MgO in stems and leaves of × *P. albaglandulosa*

Treatments	N		K <sub>2</sub> O		CaO		MgO	
	Stems	leaves	Stems	leaves	Stems	leaves	Stems	leaves
A	0.38	0.42	0.104	0.232	0.109	0.245	0.242	0.677
B	0.36	0.48	0.090	0.288	0.112	0.278	0.294	0.635
C	0.36	0.59	0.105	0.298	0.289	0.286	0.235	0.743
D	0.35	0.45	0.113	0.301	0.120	0.235	0.296	1.150

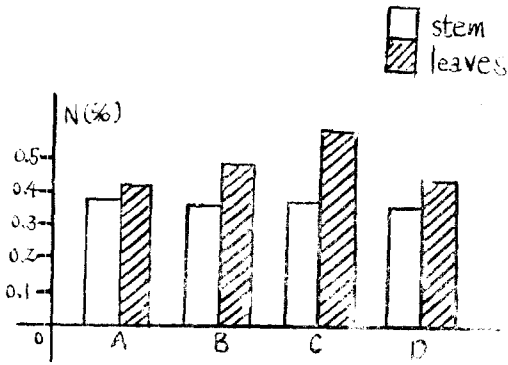


Fig. 1. Content of nitrogen in stems and Leaves of ×*P. albaglandulosa*

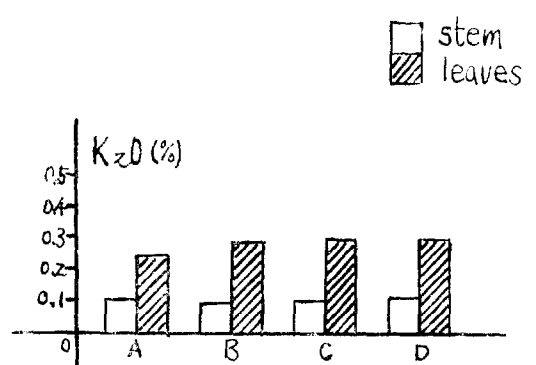


Fig. 2. Content of potassium in stems and leaves of ×*P. albaglandulosa*

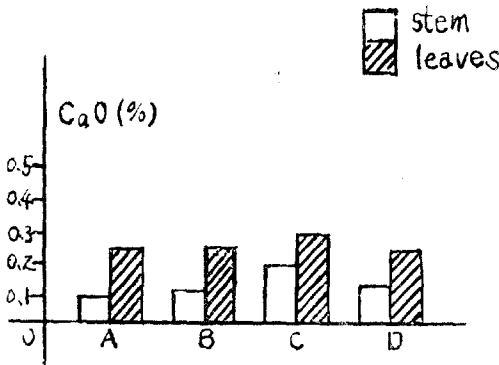


Fig. 3. Content of calcium in stems and leaves of ×*P. albaglandulosa*

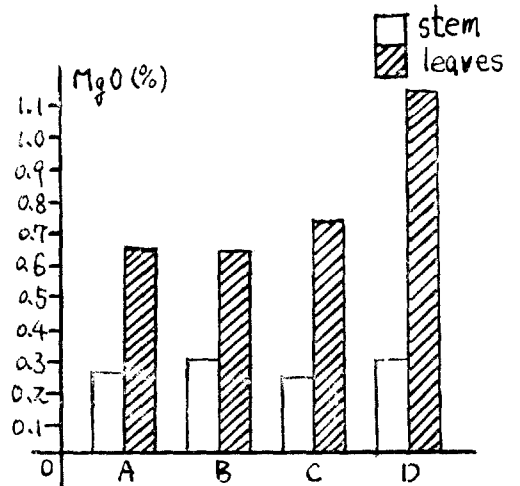


Fig. 4. Content of magnesium in stems and leaves of ×*P. albaglandulosa*

경도 많은 量을 含有하고 있으며 또한 CaO는 줄기에 0.109~0.189%, 잎에는 0.235%~0.286% 含有되어 역시 잎이 줄기의 2배정도 더 많은 CaO의 含有率을 示顯하고 있었다. 한편 MgO도 줄기에 0.235%~0.296%, 잎에는 줄기의 2~3배에 달하는 0.635%~1.15%가 含有되어 있어 잎에 含有되어 있는 含有率이 현저히 많았다. 이는 Mg가 葉綠素의 構成成分이기 때문에 吸收된 苦土分이 주로 잎에 축적된 것으로 해석되었다.

處理別로 植物體內에 含有된 成分中 N은 C處理의 잎에서 增加된 傾向이었으나 그 外의 處理에서는 잎과 줄기에서 큰 差異가 없었고 K<sub>2</sub>O 및 CaO는 處理別로 잎과 줄기 다같이 差異가 없었으나 MgO만은 處理別로 施用量의 增加와 함께 增加하고 있다.

이상 結果로 보아 ×*P. albaglandulosa*(은수원사시나무)는 本研究所構內 赤色系重粘質土壤에서 施用磷酸質肥料의 吸收利用率은 13%水準이었으며 硫酸苦土를

45g/本當 施用하므로써 施用磷酸의 吸收率을 16~18%線까지 增進시킬 수 있었고 나아가서는 ×*P. albaglandulosa*(은수원사시나무)의 잎에 MgO가 현저히 增加되었다.

따라서 現試驗材料는 幼型의 領域을 벗어나지 못하여 外觀上 뚜렷한 生長相의 大幅的인 增加는 아직 알 수 없었으나 成型의 領域에 이르면 chlorophyll 構成成分인 苦土分의 增加에 依한 同化量의 增進向上에 힘입은 生長促進이 기대되기도 한다. 한편 磷酸質肥料를 山林用으로서 施用코져 할때에는 새로운 苦土分의 配合策도 考慮되어야 할 것으로 생각된다.

### 引用 文 獻

1. 安鶴洙, 李春寧, 李殷雄. 1968. P<sup>32</sup>를 利用한 土壤에 있어서 磷酸質肥料에 關한 研究(第2報). 原

- 子力研究論文集, 8(1):97-108.
2. 安鶴洙, 李春寧, 柳順昊. 1968.  $P^{32}$ 를 利用한 土壤에 있어서 磷酸質肥料에 關한 研究. 原子力研究論文集, 8(1):91-96.
  3. 安鶴洙, 安鍾成, 李春寧, 郭判洲. 1968. 纖維植物 (*Abutilon avicennae*)의  $P^{32}$ 標識重過石施用效果에 對한 gilberellin處理의 影響에 對하여. 原子力研究論文集, 8(1):109-114.
  4. 安鶴洙, 鄭熙敦, 李春寧. 1970. 大豆의 品種別 A-value에 對하여. 韓國 농화학회지, 13(3):261-268.
  5. 寺坂富喜雄. 1963. 스키의 插穗木에 吸收された RI  $P^{32}$ 의 移行と 分布について. 日本林學會關西支部大會 講演集, 54.
  6. 藤田桂治. 1960. 同位元素稀釋法による 土壤의 磷酸吸收係數의 測定について. 第70回 日本林學會大會講演集, 179-181.
  7. 藤田桂治, 塘隆男. 1964. 標識過石による P의 吸收について(肥料-Pと 土壤-P의 吸收割合). 第75回 日本林學會大會講演集, 279-281.
  8. Horwitz, W. 1970. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. 11-23.
  9. 金浩植, 趙伯顯, 李春寧, 沈相七, 柳順昊. 1966. 磷酸質肥料의 施用時期 및 施用量의 差異가 水稻의 磷酸吸收 및 收量에 미치는 影響. 水原農大 60週年記念論文集, 107-203.
  10. 金浩植, 趙伯顯, 李春寧, 李殷雄, 沈相七, 柳順昊, 權容雄, 曹在星. 1968. 水稻에 對한 磷酸 및 窒素質肥料의 效用에 關한 研究. 韓土肥誌, 1(1):13-26.
  11. 眞鍋逸平. 1962.  $P^{32}$ による 樹竹의 養分吸收と 移行に 關する 研究(第17報). 아카마츠의 切つた 枝의  $P^{32}$ 의 吸收について. 第72回 日本林學會大會講演集, 166-167.
  12. 大鹿糠春藏, 齋藤勝郎. 1960. 林木種苗의 榮養生理에 關する 研究(第2報). 苦土의 給與期間가 스키種苗의 生育에 およぼす影響. 第70回 日本林學會大會講演集, 196-198.
  13. 吳旺根. 1968. 水稻作에서 各種磷酸質肥料의 肥効에 關한 研究. 韓土肥誌, 1(1):27-41.
  14. 朴薰, 金炯均, 李春寧. 1968.  $P^{32}$ 에 依한 濟州牧野土壤의 有效磷酸에 關한 研究. 農化學會誌, 9: 111-118.
  15. Truog, E., Goates, R.J., Gerloff, G.C. and Berger, K.C. 1947. Magnesium-phosphorus relationships in plant nutrition. Soil Science, 63:19-25.
  16. 塘隆男, 藤田桂治. 1964. 標識過磷酸石灰を用いた 스키, 아카마츠의 植栽時における 施肥位置試驗(豫報). 第75回 日本林學會大會講演集, 137-139.
  17. 上田弘一郎, 眞鍋逸平. 1960.  $P^{32}$ にする 樹竹의 養分吸收と 移行に 關する 研究(第14報). 竹の稈から 葉への  $P^{32}$ 의 移動について. 第70回 日本林學會大會講演集, 202-204.