

## 磷酸吸收와 酸性度와의 關係

車 鍾 煥 · 崔 錫 珍

(서울대학교 師範大學 生物科)

### Relation of pH value to the availability of $P^{32}$

CHA, Jong Whan and Shuk Jin CHOI

(Dept. of Biology, College of Education, Seoul National University)

#### ABSTRACT

1. The effect of the pH value on  $P^{32}$  absorption of leaves of three forest trees under the water culture is investigated.
2. The degree of the  $P^{32}$  absorption to the pH value is quite different in each forest tree.
3. The phosphorus contents are proved higher in the leaves of *Quercus acutissima* (the saw shaped oak) than in the leaves of *Pinus densiflora* (the red pine) and *Lespedeza bicolor* (bush clover).
4. Larger contents of phosphorus are found in acidity plots than in alkalinity. The leaves of treated plot of the pH 4 (red pine), of the pH 5.0 (bush clover), and of the pH 5.0-6.5 (saw shaped oak) have a higher nutrient capital as indicated by  $P^{32}$  compared with that of the other pH values.
5. It is also noticed that  $P^{32}$  absorption capacity is decreased with the higher pH values.
6. The content of P of leaves shows the lowest value in the plot of the pH 6.5 (pine), of the pH 7.5 (bush clover), and of the pH 9.0 (saw shaped oak). It is also noticed that the red pine is to do very well in acid cultivation and then follow bush clover and saw shaped oak in the order.

#### 緒 論

일찌기 林土 施肥에 關한 研究가 많이 施行되었고 無機物의 吸收가 pH에 依해 變化된다는 事實이 調査되었다.

pH(酸性度)에 따라 植物體內 磷의 吸收率은 달라진다는 것이 이미 오래전에 알려졌고 作物의 生産量도 pH에 따라 달라지는 것이다.

磷은 酸性度の 兩極에 있어서 不溶性으로 특히 대부분 綠色植物에서 酸도가 4 이하가 되면 뿌리의 生育이 阻害되어 地上部의 生育도 아울러 影響을 받는 것이다.

酸性도가 6에 가까우면 磷은 칼시움化合物로 沈澱하기 쉬워 結局 不溶性의 칼시움鹽을 形成하여 磷의 有効性은 낮게 된다. 그리고 같은 環境條件과 酸性度 밑에서도 植物의 種類에 따라 磷의 有効도에

差異가 있음을 일찌기 Truog(1916), Lilleland, Brown 및 Conrad(1942) 등에 의하여 밝혀졌다. McGeorge(1935)는 植物體에 吸收되기 쉬운 形態 및 어려운 形態로 되는 磷酸이온의 性質은 溶液의 pH에 따라 變한다고 하였다. Thompson(1950)은 耕作地와 非耕作地 土壤內의 有機磷酸, 窒素, 炭素 등의 研究에서 낮은 酸性度값을 나타내는 土壤은 높은 酸性度값을 나타내는 土壤과 比較하여 有機形態의 全磷은 높은 比率로 含有됨을 發見하였다.

無機磷의 有効性은 주로 다음의 要因들에 따라 決定된다고 볼 수 있다.

- 첫 째, 土壤 및 培養液의 酸性度
- 둘 째, 可溶性 Fe, Mn 및 Al
- 세 째, Fe, Al 및 Mn을 含有한 礦物의 有無
- 네 째, 有効性 Ca의 含量
- 다섯째, 有機物의 量과 分解
- 여섯째, 微生物의 活動 等이다.

이들 여러 項目中 첫번에 提示된 培養液의 酸性도와 無機磷의 有効性を 放射性 同位元素  $P^{32}$ 를 使用하여 追求하고자 하는데 本實驗 目的이 있는 것이다.

일찌기 Chen(1951)은  $P^{32}$ 의 導管部 移動이 有機物과 反對方向으로 移動함을 알았고 Swanson과 Whitney(1953)는  $P^{32}$ 를 爲始해서 여러 同位元素의 土壤內 分布狀況을 葉柄의 溫度 高低에 따라 영향이 있음을 調査한 바 있다. 지금까지의 結果는 大部分 土壤의 酸性도와 磷酸吸收가 많이 研究되었고 水耕栽培에서도 培養液의 酸性도에 따른 根을 통한 磷의 吸收에 對한 研究들이어서 本實驗은 줄기의 切斷에 依한 導管이 直接 水溶液에 接觸되도록 하여 培養液의 酸性도에 따른  $P^{32}$ 의 吸收關係를 樹木을 가지고 調査한 것이다.

本實驗은 第2回 放射性 同位元素 農學的 利用 講習회에 서울大學校 農科大學 放射性 同位元素室에서 沈相七 博士님과 金吉煥 博士님의 助言下에 이루어진 것이다.

### 材料 및 方法

材料植物은 서울大學 校農科大學 構內에 있는 소나무과인 소나무(약 15年生), 콩과인 싸리나무(약 12年生), 너도밤나무과인 상수리나무(약 15年生)를 選定한 것이다. 이들 材料植物들은 生育이 旺盛한 部分中 잎이 忠實한 줄기를 30cm 程度 되게 剪定가위로 各 나무에서 15개씩 잘라서  $P^{32}$ 가 包含된 三角 후라스크에 넣었다. 이때 各 줄기에 달린 잎의 數를 고르게 하였다. 處理한 酸性도는 9.0, 7.5, 6.5, 5.0, 4.0 等 다섯區이며 이들 다섯區를 三反覆으로 各 樹種마다 實驗設計를 한 것이다.

材料植物을 窺은 300cc 三角 후라스크에는 各各 總量 70mc의  $P^{32}$ 가 稀釋된 溶液을 同量 넣었다. 本實驗에 使用한 水溶液의 酸性度 調節은  $H_2SO_4$ 와 KOH로 한 것이다.

材料의 採取는 培養液에 材料植物을 8月 1日 15時 30分에 넣은지 滿 21時間이 지난 8月 2日 12時 30分에 했다. 採取된 材料植物의 葉은 生量, 乾量을 秤量하고 電氣爐에 넣어 550~600°C로 完全히 灰化시킨후 濃窒酸으로 溶解하여 片紙에 옮겨 液體를 全部 赤外線으로 蒸發시켜 乾燥시킨후 서울 農科大學 放射性 同位元素室에 있는 Geiger-Müller Counter(Vensal Matic II. Scalem)로 測定한 것이다.

### 結 果

培養液의 酸性도에 따른 一定時間(滿 21時間)內에 名 樹種의  $P^{32}$  吸收率을 表 I에서 볼 수 있다. Table I에 百分率은 各 植物中 第一  $P^{32}$  吸收率이 낮은 것을 100으로 基準잡아 計算한 것이다.

소나무에서 磷의 吸收가 가장 낮은 値를 보이는 곳은 pH 6.5區이다. 가장 높은 吸收率을 나타내는

Table I. Relation of pH value to the P<sup>32</sup> absorption.

Plant	Unit	pH					L. S. D.	
		4.0	5.0	6.5	7.5	9.0	5%	1%
Pinus densiflora	cpm/100mg Ash	413	155	97	108	107	5.20	7.30
	%	426	160	100	111	110	—	—
Lespedeza bicolor	cpm/100mg Ash	142	344	74	59	108	32.54	45.07
	%	241	583	125	100	183	—	—
Quercus acutissima	cpm/100mg Ash	1806	3775	3738	2298	744	120	154
	%	243	508	502	309	100	—	—

Back ground: 26 cpm

곳은 pH 4.0 區로 pH 6.5 區의 약 4.3 倍나 되었다. pH 7.5와 9.0은 pH 6.5에 比하여 1.1 倍의 吸收率을 보이고 pH 5.0은 1.6 倍정도 吸收率을 나타냈다. 酸性에서 높은 吸收率을 보였고 pH가 높아지면 질수록 即 알칼리性으로 變함에 따라 吸收率이 낮아지는 傾向을 보였다.

싸리나무는 약알칼리인 pH 7.5 區가 가장 吸收率이 낮은 値를 보였고 pH 5.0 區는 가장 높은 값을 나타내고 있으며 이 5.0 區는 7.5 區의 5.8 倍나 되었다. pH 4.0 區와 pH 9.0 區는 7.5 區의 2.4 倍 및 1.8 倍를 나타내고 中性 附近(pH 6.5~7.5)의 吸收率이 제일 낮은 値를 보이고 있다.

상수리나무는 pH 値가 가장 높은 알칼리 區에서 가장 吸收率이 낮고 pH 値가 낮아짐에 따라 차차 吸收率이 높아 pH 5.0 區에서는 pH 9.0 區에 比하여 5.1 倍나 많으나 pH 4.0 區에서는 좀 낮아져서 pH 9.0 區의 2.4 倍밖에 되지 않았다. 即 pH 5.0~6.5에서 제일 높은 値를 보이고 兩쪽으로 갈수록 낮아졌다.

Table 2. The absorption capacity of forest tree to pH value.

Plant	pH					
	4.0	5.0	6.5	7.5	9.0	Average
Pinus densiflora	291	45	131	183	100	50
Lespedeza bicolor*	100	100	100	100	100	100
Quercus acutissima	1272	1097	5051	389	689	1700

\* : Standard 100%

Table 2에서 酸性度에 따른 磷 吸收의 樹種間의 差異를 볼 수 있다. Table 2는 가장 吸收率이 낮은 싸리나무를 各 酸性度에서 基準으로 調査한 結果이다.

소나무의 吸收率은 싸리나무의 吸收率에 比하여 1.5 倍 程度 많으나 대개 큰 差異가 없었으며 상수리나무의 吸收率은 싸리나무나 소나무에 比하여 全體적으로 볼때 거의 17 倍 程度나 되는 結果를 보였다. 特히 싸리나무의 P<sup>32</sup> 吸收率에 比하여 상수리나무는 pH 6.5 區에서는 약 50 倍나 많음을 볼 수 있었다.

소나무는 pH 4.0에서 싸리나무 吸收率의 2.9 倍로 가장 差異가 큰 區이다.

以上에서 나타난 바와 같이 樹種에 따라 一定時間內에 吸收하는 磷의 量은 各各 다를을 알 수 있고 過去 많은 사람의 研究에서 指摘된 바와 같이 가장 많이 吸收되어지는 酸性度의 範圍가 樹種에 따라 같지 않음을 볼 수 있다.

Fig I은 各 樹木의 P<sup>32</sup>의 百分 吸收率과 酸性度와의 關係를 나타낸 것으로 소나무의 가장 높은 吸收率은 제일 높은 酸性區에서 보이고 pH가 높아짐에 따라 別 差異들이 없이 낮은 値를 보이고 있으

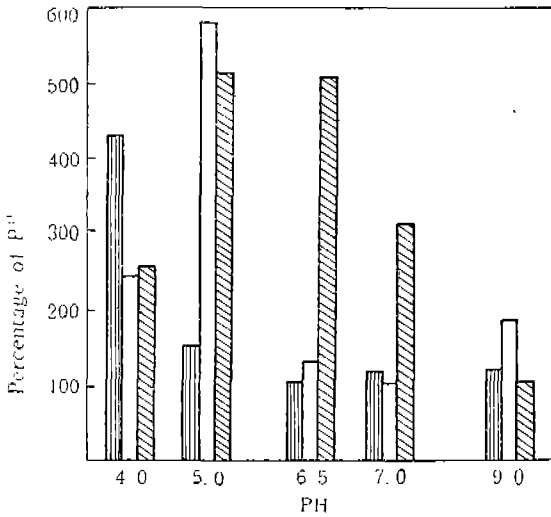





Fig 1. Relation of pH to the percentage of P<sup>32</sup> in plant leaves.

-  Pinus densiflora
-  Lespedeza bicolar
-  Quercus acutissima

을 考慮하지 않는다면 오히려 더 빨리 吸收되리라고 본다. 實際 吸收가 더 느리더라도 21時間 溶液에 넣어둔 結果이므로 充分히 吸收될 수 있으리라 보나 소나무와 싸리나무는 상수리나무에 比하여 吸收가 훨씬 느린 結果를 보이고 있다. 即 前者들은 導管의 作用이 P<sup>32</sup>를 吸收하는데 상수리나무에 比하여 活發하지 못한 結果일 것이다.

有效態의 磷과 pH와의 사이에 間接的인 關係로 土壤酸性이 增加되면 鐵이나 Al이 活性化하여 磷酸이온과 複雜한 難溶性鹽을 만든다. 따라서 pH가 떨어지면 磷의 有效도가 減少되리라고 생각되나 本 實驗은 複雜한 이온 形態를 所有한 土壤이나 水耕栽培用的 培養液이 아니므로 이 間接的인 影響은 別로 문제가 안되리라고 본다.

또 培地 및 培養液의 pH가 7以上이 되고 石灰가 豊富히 있다면 複雜한 磷酸칼시움을 만들어 磷은 難溶性이 될 것이다. 그래서 pH가 높아지면 天然의 磷이나 施肥한 磷은 顯底히 그 價値를 잃은 것이다. 그러나 이런 관계도 本 實驗의 培養液에 칼시움이 豊富히 包含된 것이 아니기 때문에 考慮對象이 안된다. 소나무, 싸리나무에서 磷吸收에 酸性度の 가장 좋은 範圍는 4.0~5.0으로 볼 수 있고 상수리나무는 이들보다 약간 높은 pH 5.0~6.5의 範圍가 가장 有效性이 크다고 볼 수 있다.

Truog(1946)에 依하면 複雜한 培地에서 pH 6.5~7.5가 가장 有效性이 크다고 했으나 本 實驗에서는 이보다 더 낮은 酸性度에서 有效性을 發見할 수 있다.

McGeorge(1935)에 依하면 磷酸이온의 性質은 溶液의 pH에 따라 變한다고 했다. 土壤이 알칼리性을 나타내면 PO<sub>4</sub> 이온의 形이 가장 많으며 이 形은 植物이 吸收하는 速度가 느리다. 또 弱酸性을 나타내면 HPO<sub>4</sub> 이온이나 H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 이온이 많아지고 強酸性에서는 거의 H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 이온이 된다고 했다. 많은 研究家에 依하면 高等植物은 이들 HPO<sub>4</sub> 나 H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 이온은 쉽게 吸收된다고 했다. 本 實驗에서도 알칼리性 보다 酸性에서 더 많은 磷을 吸收하는 것은 pH에 따른 이들 이온의 形態가 달라져서 이런 結果가 나타났으리라고 본다. 即 소나무는 pH 4.0에서, 싸리나무와 상수리나무는 pH 5.0에서 最高의 吸

며 싸리나무는 pH 5.0에서 제일 높은 値를 보이고 다음이 pH 4.0이며 中性 및 알칼리性에서는 낮은 値를 나타낸다. 상수리는 pH 5.0, 6.5區에서 제일 높고 다음 7.5區이며 兩極으로 갈수록 낮은 値를 보인다.

以上 세 樹木의 酸性度에 따른 磷의 吸收는 酸性에서 모두 가장 높은 吸收率을 보이고 있다.

### 考 察

P는 生物體의 同化作用, 異化作用을 通해서 物質代謝, Energy代謝에 對하여 重要 役割을 遂行한다.

그러면 以上の 結果를 考察해 보기로 한다. P<sup>32</sup>의 水溶液에서 뿌리에 依한 吸收는 90分에서 最高에 到達하고 그 다음 약간 溶出되다가 2時間 以上이 되면 대개 平衡을 維持한다는 實驗結果가 있다. 本 實驗은 水溶液에서 뿌리에 依한 吸收가 아니고 줄기의 切斷에 依한 導管이 直接 물과 接觸할 수 있는 機會를 가지고 있으므로 상처의 作用

收率을 나타냄은 위의 結果에 依한 酸性에서  $H_2PO_4$  이온이 많아진 까닭으로 본다.

Thompson (1950)의 學位論文 實驗結果에 依하던 耕作地 20 地點과 非耕作地 20 地點의 土壤으로 全 磷의 含量과 pH 와의 研究에서 pH 値가 5.0에서 7.5로 높아감에 따라 有效磷의 含量이 漸漸 減少되 어가는  $r = -0.465$ 의 相關係數値를 나타냈다. 本 實驗은 土壤에서 이루어진 것은 아니지만 水溶液의 pH 値가 6.0에서 7.5로 增加함에 따라 無機磷의 吸收가 有機磷의 含量減少와 같이 낮아지는 結果를 싸리 나무와 상수리나무에서 顯底히 觀察할 수 있다. 磷酸의 吸收率이 높은 酸性度는 그 範圍에서 磷酸의 新 陳代謝가 잘 된다고 볼 수 있으며 나아가서 그 酸性度 範圍가 그 植物의 生活條件에 알맞는 것으로도 間接的으로 推理할 수 있는 것이다. 소나무에서 磷吸收率이 pH 4.0에서 제일 높은 値를 나타내는 것 은 싸리나무, 상수리나무와 견주어 볼 때 酸性培地에 比較的 강한 植物임을 알 수 있다. 싸리나무도 磷 의 pH 5.0에서 높은 値를 나타내고 있는데 이 植物도 酸性培地에서 잘 살 수 있는 植物이라고 볼 수 있다. 상수리나무는 소나무, 싸리나무에 비하여 더 弱酸性이나 中性에서 잘 자라는 植物이라고 推定 할 수 있다.

### 要 約

1. 本 實驗은 pH 變化에 依한  $P^{32}$ 의 吸收率을 알기 위하여 소나무, 싸리나무, 상수리나무의 줄기로 水溶液에서 調査한 것이다.
2. 磷 吸收에 對한 酸性度反應이 植物에 따라 다르다.
3. 소나무와 싸리나무에 比하여 상수리나무는 一定時間內에  $P^{32}$ 의 吸收率이 훨씬 높았다.
4. 磷의 吸收率은 酸性溶液에서 높았다. 即 소나무는 pH 4.0에서 제일 높은 吸收率을 보였고 싸리 나무는 pH 5.0에서 제일 높은 値를, 상수리나무는 pH 5.0~6.5에서 제일 높은 吸收率을 보였다.
5. 상수리나무에서 吸收率이 가장 낮은 pH 値는 9.0이다.
6. 소나무 싸리나무는 中性附近에서 吸收率이 낮았다.
7. 比較的 酸性培地쪽에서 더 잘 살 수 있는 植物의 順位는 소나무, 싸리나무, 상수리나무이다.

### 文 獻

1. Chen, S. L. 1951. *Am. J. Botany* 38:273~281.
2. Garder, Robert, and O. J. Kelley. 1940. *Soil Sci.* 50:91~102.
3. Lilleland, Omund, J. G. Brown, and John P. Conrad 1942. *Peroc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 40: 1~7.
4. McGeorge, W. T. 1935. *Soil Sci.* 34:443~452.
5. Swanson, C.A., and J.B. Whitney, Jr. 1953. *Am. J. Botany* 40:816~823.
6. Thompson, Louis M. 1950 Ph. D. Thesis. Iowa State College.
7. Truog, E. 1916. *Wisconsin Agr. Exp. Sta. Res. Bul.* 41.
8. Truog, E. 1946. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 11:305~308.