

未耕地의 酸性土壤에서 施用磷酸의 浸出性에 미치는 石灰의 影響

柳 順 昊·李 沆 周*·朴 性 五**

서울대학교 農科大學 農化學科

農村振興廳 蠶業試驗場* 서울女子大學**

(1977년 2월 28일 수리)

Effect of Liming on the Extractability of Phosphate Added to Uncultivated Acid Soil

Sun-Ho Yoo, Won-Chu Lee*, Sung-O Park**

Department of Agr. Chemistry, College of Agriculture, Seoul University

Sericultural Experiment Station, ORD.* Seoul Woman's College.**

(Received Feb. 28, 1977)

ABSTRACT

A laboratory study was made of liming on the extractability of phosphate added to the uncultivated acid soils differing in clay content. The experiments were conducted with different rates of calcium carbonate and triple superphosphate at field capacity and 50% field capacity. The concentration of extractable phosphate was greatly reduced by simultaneous addition of calcium carbonate in the loam soil. When samples of the loam soil were preincubated for ranging from 0 to 50 days in the presence of calcium carbonate prior to phosphate application, the extractable phosphate concentration increased with preincubation time, and more phosphate was extracted from the soil maintained at 50% field capacity during the incubation. However, the extractable phosphate concentration in the sandyloam soil did not change with preincubation time and was not affected by moisture status. It may be concluded that the extractability of added phosphate was influenced by not only liming time but physical properties of soil.

結 言

우리나라 토양은 그의 母材, 기후적 조건 및 窒素質肥料의 多用으로 인하여 酸性을 띄우고 있다.

산성토양에서는 活性鐵, 또는 알루미늄이 많이 존재하게 되며 이들이 磷酸과 結合하여 磷酸의 固定이 일어나게 되므로^(1,2,11,12,16) 토양 중의 인산이나 비료로 가해진 인산의 유효도는 감소한다.

산성토양에 대한 石灰의 施用은 酸度を 교정하므로써 토양인산과 施用磷酸의 有効度を 높히며 植物의 인산흡수를 증가시킨다는 것은 널리 알려져 있는 사실이다.

토양의 인산은 pH 6.5~7.0에서 유효도가 가장 높다.⁽⁴⁾ 그러나 過量의 石灰를 施用한 경우에는 磷酸의 有効도가 떨어진다.⁽⁶⁾

우리나라 토양은 pH 5.1~5.6의 산성토양^(3,7,10)

으로서 有效磷酸의 含量이 낮다. 이것을 調整하기 위하여 석회와 인산을 시여한 경우 때로는 석회와 인산의 效果가 기대한 만큼 향상되지 않는 例도 있었다. (14,15,17) 特히 最近에 정부가 추진하고 있는 대단위 야산개발정책에 따라 土壤肥料學의 研究가 활발히 進行되고 있으며 그 결과 野山의 土壤改良에 磷酸質肥料의 增施와 石灰物質의 施用이 強調되고 있다. 磷酸質肥料 또는 그의 原料는 모두 外國에 依存하고 있는 實情이므로 磷酸質肥料의 有効度를 높이는 것은 重大한 문제가 아닐 수 없다.

本 實驗은 室內實驗으로서 점토의 含量을 달리 하는 未耕地의 磷酸土壤에서 施用한 石灰와 磷酸의 交互作用, 石灰의 前處理가 施用磷酸의 浸出性에 미치는 影響을 調査하기 위한 目的으로 수행되었다.

材料 및 方法

供試土壤은 서울대학교 농과대학 연습림(水原市 西屯洞)에서 粘土의 含量을 달리하는 2개 지점으로부터 채취한 未耕地의 深土로서 攪拌 후 10 mesh체에 통과시켜 시료로 사용하였다.

시험 전 토양의 pH는 土壤:水를 1:2.5로 하여 초자전극으로 측정하고 유효인산의 정량은 Bray 第一法에 의하였으며 유기물의 정량은 Tyurin法으로 하였다. 粒徑分析은 Hydrometer法으로 하였으며 1/3氣壓下에서의 水分含量을 圃場容水量으로 하였다.

磷酸施用量은 磷酸吸收係數⁽⁵⁾를 基準하여 決定

하였으며 토양과 균일하게 혼합시키기 위하여 中和試液을 다쇄한 후 100mesh체를 통과한 분말을 사용하였다.

石灰施用量의 결정⁽¹³⁾은 10g씩의 토양에 7단계로 ml수를 달리하여 0.15% Ca(OH)₂용액을 50ml의 한도에서 가하고 토양과 물의 비율을 1:5로 맞춘 다음 1시간 진탕기로 진탕하여 pH를 측정한다. 실험에 사용한 석회는 시약용 CaCO₃로서 100 mesh 이하의 분말을 사용하였다.

石灰와 磷酸의 施用이 土壤의 pH와 浸出性 磷酸의 濃度에 미치는 影響을 보기 위하여 토양에 石灰와 重過石을 均一하게 混合한 후 포장용수량으로 하는데 필요한 수분을 첨가시키고 Vinyl봉지에 넣어 25±1°C로 조정된 항온기에 1주일 방치한 후 pH를 측정하고 Bray 第一法의 浸出性 磷酸을 定量하였다.

酸度矯正을 위한 石灰의 처리 時期가 施用磷酸의 浸出性에 미치는 影響을 보기 위하여 인산 시용 50, 30, 20, 10, 0일 전에 中和當量의 石灰와 磷酸吸收係數의 5%에 相當하는 磷酸을 가하고 포장용수량과 50%포장용수량의 2개 수분 조건에서 1週日間 恒溫(25±1°C)에 둔 후 Bray 第一法 磷酸과 pH를 측정하였다.

結果 및 考察

供試土壤의 理化學的 性質 중 조사된 것은 표 1과 같다.

供試된 토양의 pH는 모두 5.5로서 酸性이며 有

Table 1. Chemical and physical properties of the soils

Soil	pH 1:2.5	OM %	Avail. P ppm	P-absorp. coef. P ₂ O ₅ mg/100g	Particle size*			1/3 atm. H ₂ O %
					Sand	Silt	Clay	
L	5.5	2.1	11.1	966	33.9	40.0	25.6	27.8
SL	5.5	1.1	14.5	506	68.6	25.0	6.4	22.4

* U.S.D.A. System.

効磷酸含量이 낮고 磷酸吸收係數는 두 토양 사이에 倍의 차가 있다. 有機物含量과 粘土含量이 높은 壤土에서 1/3氣壓水分含量과 磷酸吸收가 높은 값을 나타내고 있다.

中和當量의 石灰와 磷酸吸收係數의 5%에 相當하는 인산을 동시에 사용하고 相異한 水分狀態에서 24시간 사이에 pH의 經時的인 變化를 測定하

고 同一 條件에서 石灰를 처리하지 않았을 때의 것과 比較한 바 그림 1과 같다.

石灰를 처리하지 않은 토양의 pH는 水分條件에 관계 없이 24시간 사이에는 變化가 없으며 시험 전 토양의 것 과도 같은 값을 나타내고 있어서 적어도 이기간동안은 시용된 인산이 pH 변화에 影響을 주지 못하고 있음이 분명하다. 그러나 石灰의

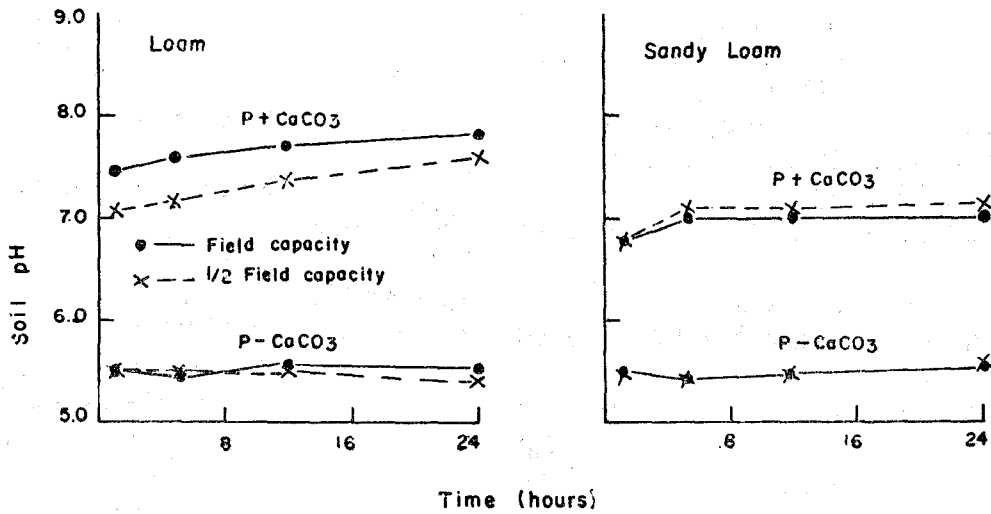


Fig. 1. Change in soil pH during incubation in the presence of phosphate and calcium carbonate, and in the absence of calcium carbonate under different moisture conditions.

施用으로 인한 pH의 변화는 뚜렷하며 그 변화의 경향은 水分條件 및 土壤에 따라서 相異하다. 供試土壤 중에서 비교적 점토의 함량이 많은 壤土에서는 水分含量이 낮은 50% 圃場容水量에서 보다는 圃場容水量에 있을 때의 pH가 높고 時間과 함께 pH가 높아지고 있으나 점토의 함량이 낮고 모래의 함량이 높아서 透水性이 좋으리라 믿어지는 砂壤土에서는 石灰의 施用으로 pH는 일단 기대했던 pH로 上昇하지만 그 이후에는 변화하지 않으며 水分含量에 의한 차이도 뚜렷하지 않다. 壤土

에서의 pH는 기대했던 값 보다 높은 값을 나타내고 있는데 이는 石灰中和當量を 測定하는 方法上の 問題 또는 正確한 中和當量の 石灰를 처리했다 하여도 土壤의 物理的 性質의 차이로 인하여 反應의 完結에 要하는 時間의 차이에서 오는 問題라고 생각할 수가 있다.

그림 2와 그림 3은 石灰와 磷酸을 同時に 土壤에 施用하여 포장용수량의 同一 水分條件에서 1주일간 恒온에서 反應토록한 후 pH와 浸出磷酸의 濃度を 測定한 것이다.

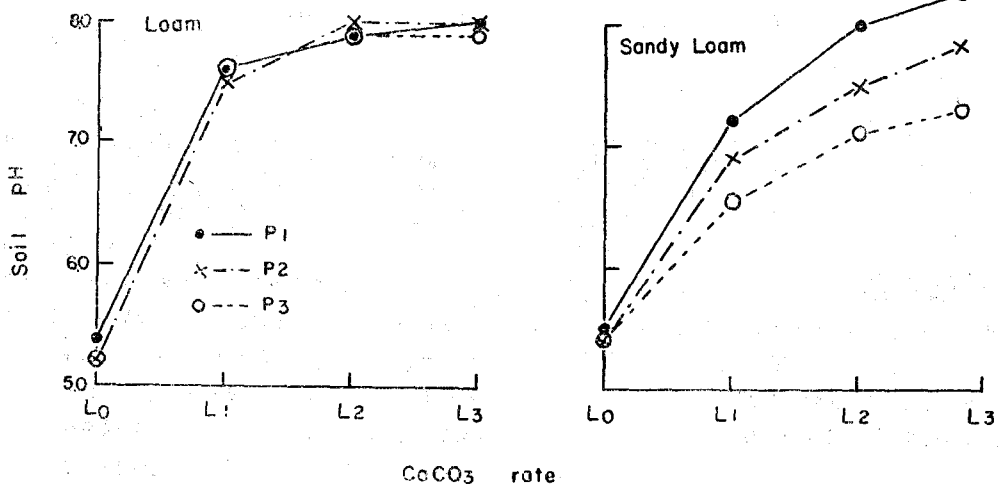


Fig. 2. Effect of calcium carbonate rate on the soil pH. pH was determined after 1-week incubation in the presence of calcium carbonate and phosphate.

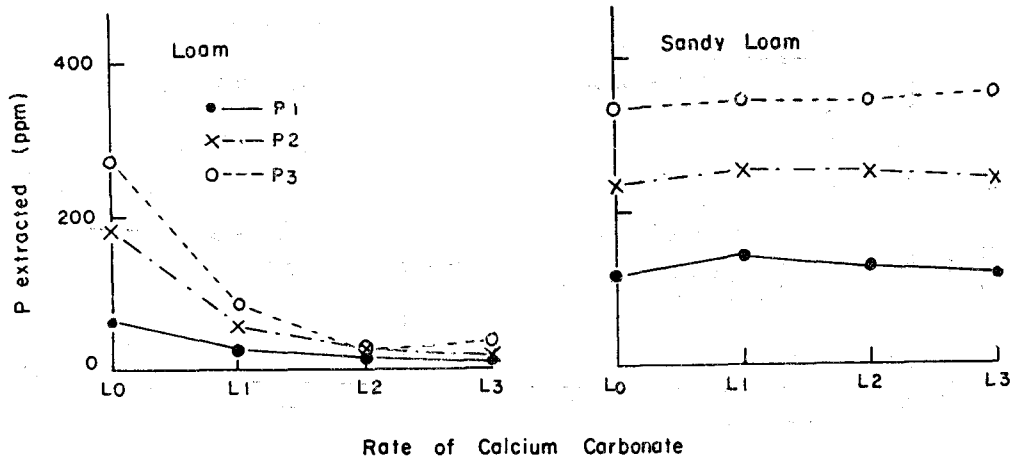


Fig. 3. Effect of calcium carbonate on the extractability of added phosphate. The extractable phosphate was determined after 1-week incubation in the presence of phosphate and calcium carbonate.

그림 2에서 石灰의 수준이 토양의 pH에 미치는 영향을 보면 壤土에서는 石灰의 無處理(L₀)에 비하여 中和當量(L₁)의 石灰施用으로 pH는 높게 올라갔으나 中和當量の 2배(L₂), 또는 3배(L₃)로 石灰의 施用量을 增加시켜도 pH의 증가율은 크지 않으며 石灰의 效率에 미치는 인산의 영향이 보이지 않는다. 壤土와는 대조적으로 砂壤土에서는 石灰의 増施에 의한 pH의 변화율이 클 뿐 만 아니라 인산의 시용이 石灰의 效率에 미치는 영향도 뚜렷하다.

그림 3에서 石灰의 수준이 浸出性磷酸의 濃도에 미치는 영향을 보면 두 土壤에 그 양상이 판이하다. 壤土에서는 中和當量の 石灰를 施用하는 것으로도 浸出性磷酸의 濃도는 현저하게 떨어지는 데 반하여 砂壤土에서는 石灰의 施用으로 浸出性磷酸의 濃도가 떨어지지 않으며 石灰의 施用率 間에도 그 차가 보이지 않는다. 表 2에서 보는 바와 같이 壤土는 그 自體가 加한 인산의 相當量을 固定시킴으로써 浸出되는 比率이 낮으며 石灰의 施用은 더욱 그 比率을 떨어뜨리고 있다. 그러나 砂壤土에 加한 磷酸은 石灰의 施用율에 관계 없이 그대로 浸出되며 土壤 自體에 의한 固定도 보이지 않는다.

施用한 石灰의 中和量과 磷酸吸收係數의 5% 相當量은 각각 Ca과 P로서 壤土에 對하여 202.4와 21.1mg/100g이며, 砂壤土에 對하여 25.6과 11.0 mg/100g이다. 즉 Ca/P는 壤土에서 9.6, 砂壤土에서 2.3으로서 두 土壤 間에 그들 比에 있어서 4배

Table 2. Recovery of P added to Soils(%)

Soil	CaCO ₃ rate	P rate		
		P ₁	P ₂	P ₃
L	L ₀	28.1	41.6	42.9
	L ₁	6.8	12.1	12.5
	L ₂	2.9	5.0	3.3
	L ₃	2.6	4.7	5.9
SL	L ₀	93.6	100.9	95.8
	L ₁	114.7	111.3	99.3
	L ₂	102.0	108.3	98.8
	L ₃	92.2	103.8	103.3

이상의 차이가 있다. 따라서 石灰과 磷酸을 同時에 施用할 경우 石灰가 土壤의 反應 또는 磷酸의 浸出性에 미치는 영향이 두 土壤에 對하여 다르게 나타나는 것은 石灰과 磷酸의 相對인 量과 土壤의 物理性에 一部 基因하는 현상으로 보인다. 즉, 壤土에서는 土壤의 置換性 水素와 反應을 完結하지 못한 상태에서 一時的으로 過量으로 存在하게 되는 石灰가 土壤의 pH를 기대치 이상으로 上昇시키는 한편 施用된 磷酸과 直接 反應한 결과 浸出性磷酸의 濃도를 낮춘데 反하여 砂壤土에서는 施用되는 石灰과 磷酸의 量에서 본 Ca/P가 낮아서 磷酸이 石灰粒자를 Coating^(8,9)하기 때문에 同一한 石灰의 施用率에서 磷酸의 施用率이 증가할수록 石灰의 酸度矯正效率이 감소하였으나, 石灰를 Coating하였던 磷酸은 外部表面에 存在함으로 쉽

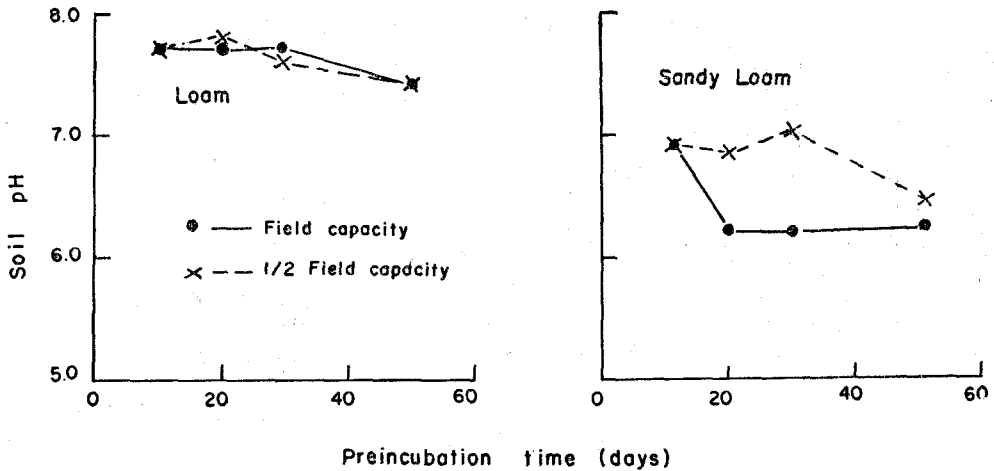


Fig. 4. Soil pH after 1-week incubation in the presence of phosphate. Samples had been preincubated in the presence of calcium carbonate.

게 浸出되었던 것으로 보인다. 이 推論으로 보면 磷酸을 施用하기 前 石灰의 施用時期가 土壤에 따라서 施用磷酸의 有効度에 상이한 影響을 미치리라는 것을 짐작할 수 있다.

中和當量の 石灰를 處理하고 圃場容水量과 50% 圃場容水量의 相異한 水分條件에서 磷酸을 施用할 때까지 恒溫에 두는 期間을 달리하였을 때 이 期間이 土壤의 pH 및 磷酸의 浸出性에 미치는 影響을 調査한 바 그림 4, 그림 5와 같다. 여기서 pH 및 浸出性磷酸의 濃度測定은 磷酸을 施用한 날로부터 7日후에 하였다.

壤土에서의 pH 변화는 石灰와 인산을 同時에 處理하였을 때의 변화율(그림 1)과는 달리 水分狀態에 依한 차이가 없으며 또한 石灰와의 反應期間이 길수록 下降하는 傾向을 보이고 있다. 한편 砂壤土에서의 pH 변화율은 水分狀態에 따라 다르다 즉 圃場容水量에서는 20日 이상의 石灰처리 期間은 pH 변화에 影響을 주지 못하고 있으나 50%圃場容水量의 水分條件에서는 處理期間이 길어짐에 따라서 下降하는 傾向을 나타내고 있다. 이 實驗의 結果 만으로는 砂壤土에서 10日부터 50日 사이의 pH가 水分條件에 따라서 다른 理由를 해석하

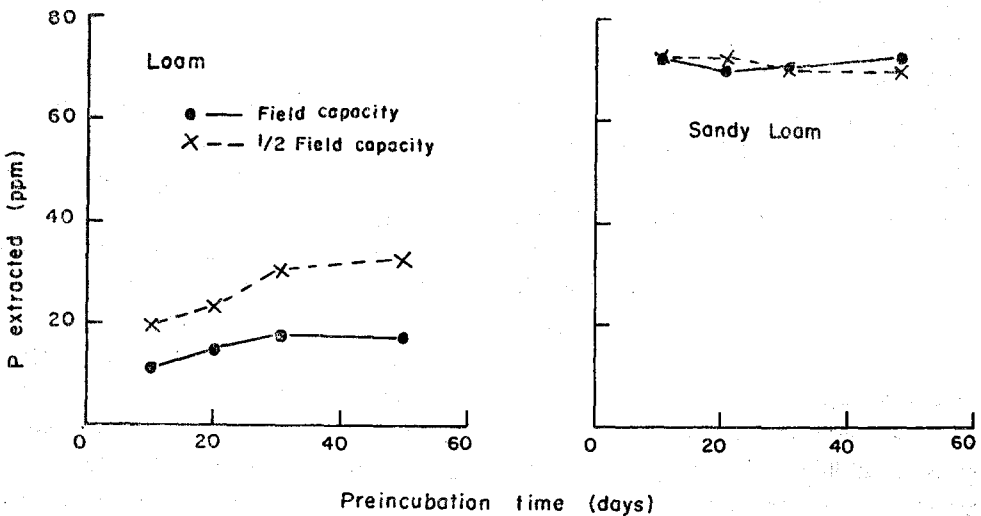


Fig. 5. The amount of phosphate extracted after 1-week incubation in the presence of phosphate. Samples had been preincubated in the presence of calcium carbonate.

기가 곤란하다.

그림 5에서 浸出性磷酸의 濃度を 보면 砂壤土에서는 石灰와 磷酸을 施用하는 時期의 差 또는 水分條件의 差異를 認定할 수 없으나 壤土에서는 10日과 30日 사이에서 時期의 差가 길어질수록 증가하여 同一 期間이면 50% 圃場容水量에서 더 높은 濃도를 나타내고 있다.

本 研究에서 使用한 石灰와 重過石은 100mesh 이하의 고은 분말의 것이었으므로 土壤-石灰-磷酸 사이의 반응이 실제 사용되는 분말도의 石灰나 또는 重過石의 경우 보다 빠르게 進行되었으리라 믿어진다. 그러나 이상의 결과를 綜合하여 보면 磷酸을 施用하기 前 石灰의 처리 時期가 磷酸의 有効度에 미치는 영향은 土壤의 性質 및 水分條件에 따라서 다르며 磷酸吸收係數를 基準한 量의 磷酸과 中和當量의 石灰를 同時에 施用할 경우에는 그들의 量的인 比率도 施用磷酸의 有効度에 큰 영향을 미치리라 생각된다.

要 約

石灰의 施用이 未耕地의 酸性土壤에 施用한 磷酸의 浸出性에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 粘土의 含量을 달리하는 두개의 土壤에 對하여 室內 實驗을 행하였다. 石灰와 磷酸의 施用率, 水分狀態 및 石灰의 施用時期를 달리하여 石灰와 磷酸이 反應한 후의 土壤의 pH와 浸出性磷酸의 濃도를 測定하고 얻은 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 中和當量의 石灰와 磷酸吸收係數의 5%에 相當하는 磷酸을 土壤에 가하여 24時間內的 pH變化를 測定한 바 壤土의 pH는 時間과 함께 pH 7.0 이상으로 上昇하고 圃場容水量에서의 pH가 더 높은 값을 나타내었다. 그러나 砂壤土의 pH는 5時間 후 7.0에 達하여 平衡狀態를 유지하였으며 水分狀態에 따른 變化는 거의 없었다.

2. 壤土에서는 中和當量의 石灰施用으로 pH가 7.5 근방으로 上昇하였으나 그 이상의 石灰施用에 의한 pH 변화는 완만하였으며 磷酸 施用率에 따른 pH변화는 없었다. 砂壤土에서는 石灰의 施用率과 함께 pH가 上昇하였으며 磷酸施用率이 증가할수록 石灰의 酸度矯正効率は 떨어졌다.

3. 石灰와 磷酸을 同時에 施用하였을 때 壤土에서는 石灰의 施用率이 증가할수록 浸出性磷酸의 濃도가 감소하였으나 砂壤土에서는 石灰의 영향이 없었다.

4. 磷酸施用前 石灰의 施用時期가 이를수록 磷

酸施用 1주일 후에 측정된 pH는 떨어지는 경향을 나타내었다. 壤土에서는 水分狀態의 차이에 의한 영향이 없었으나 砂壤土에서는 50%圃場容水量에서 反應하였을 때의 pH가 높았다.

5. 壤土에서는 磷酸施用前 石灰의 施用時期가 이를수록 浸出性 磷酸의 濃도가 높았으며 50%圃場容水量에서 反應하였을 때 더 많은 磷酸이 浸出되었다. 한편 砂壤土에서는 浸出性 磷酸의 濃도는 磷酸施用前石灰의 施用時期 및 反應期間中的 水分狀態에 영향을 받지 않았다.

引用 文 獻

1. C.M. Cho and A.C. Caldwell. Forms of phosphorus and fixation in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 23 : 458(1959).
2. 愼鋪華, 京畿道 西海岸에 分布된 丘陵地 土壤의 性質에 關하여, 農事試驗年報 4 : 33(1961).
3. N.T. Coleman, James T. Thoru, and W.A. Jackson. Phosphate-sorption reactions that involve exchangeable Al. Soil Sci. 90 : 1 (1960).
4. R.C. Cook. Soil managements for conservation and production. Soil Sci. 39 : 443(1935).
5. 土壤養分 分析法. 1970. 養賢堂 發刊 p. 253.
6. J.G.A. Fiskell and W.F. Spencer. Forms of phosphate in lakeland fine sand after six years of heavy phosphate and lime application. Soil Sci. 97 : 320(1964).
7. 韓基碩, 吳才變. 우리나라 耕作地의 土壤反應 (pH)에 關하여, 農事試驗年報 7(1) : 39(1964)
8. Harold L. Barrows, Alan. W. Taylor, and Elmer C. Simpson. Interaction of lime stone particle size and phosphorus on the control of soil acidity. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32 : 64(1968).
9. ———, Effect of surface coatings on the dissolution rate of lime stone particles. Soil Sci. Soc. Amer. Pro. 30 : 603(1966).
10. 許萬浩, 卞珠變. 忠清道內 田土壤의 酸度. 農事試驗年報 7(1) : 73(1964).
11. Hemwall J.B. The fixation of phosphorus by soil. Advances in Agron. 9 : 95(1957).
12. P.L. Hibbard. Factors influencing phosphate fixation in soils. Soil Sci. 39 : 337(1935).
13. Homer D. Chapman, Park F. Pratt. Methods

- of analysis for soils, plants and waters. University of California. 244(1966).
14. 中山忠, 山下貴. 土壤中にすけるリン酸の行動(第二報), 施用リン酸の固定に及ぼす土壤水分の影響. 日土肥誌 37(9) : 471(1966).
 15. 박내경, 박영선, 이규하, 김영선. 특이 산성 토양에서 수도에 대한 석회 및 규회석 시용시 인산의 효과. 農事試驗年報 15 : 49(1972).
 16. Richard M. Swenson., C. Vernon Cole and Dale. H. Sieling. Fixation of phosphate by iron and aluminum and replacement by organic ions. Soil Sci. 67 : 3(1949).
 17. 尹益錫. 韓國土壤에 있어서 Ladino Clover의 施肥에 關한 研究 — 磷酸 및 石灰의 效果에 關하여 — (1971).