

長期施用磷肥對鹼性土壤理化性質及其磷素供應能力之影響¹⁾

徐森彥²⁾

萬鑫森³⁾

一、緒論

磷酸根離子之特性吸附 (Specific adsorption) 可以降低土壤零電點 (Zero point of charge) (2,3,4,5,6,7,8)，提高土壤表面負電荷密度 (Negative surface charge density) 使土壤陽離子交換量 (Cation exchange capacity) 增加。不過諸多研究大多以酸性土壤為材料，甚少涉及鹼性土壤。再從磷素有效性 (Availability) 而言，磷素固定 (Fixation) 在鹼性土壤中與在酸性土壤中機制完全不同，其有效性及以後加入之磷素之吸附能力，不能在酸性土壤獲得之結果來說明其鹼性土壤中之現象。但有一共同點即不論何種土壤對磷素固定能力 (Fixation capacity) 必有一極限，長期施磷肥之土壤固磷能力必降低，有效性磷必提高。本文之目的即在研究長期施用磷肥對鹼性土壤固磷及供磷能力之影響，並兼及其理化性質之變化。

二、材料與方法

(一) 材料：本研究以彰化二林粘板岩早期沖積土為材料，鹼性 pH 8 左右。該土壤位於溪湖糖廠農場，經連續施用 P_2O_5 200Kg/ha crop 達十五年之久，後又移置台南糖研所 Lysimeter 中，仍施用等量之磷肥，前後共約二十年。一般性質詳見表 1。

(二) 方法：取上述之土壤及未施磷肥之土壤，攜回風乾過 #10 篩，儲存備用，測定下列各項：

(1) 土壤比表面積：BET 法。

(2) 土壤表面淨電荷： $\Delta pH = pH_{KCl} - pH_{water}$ 。

1) 行政院國科會研究計劃，本文為第一作者碩士論文之一部份。

2) 3) 國立中興大學水土保持研究所前研究生、教授。

- (3) 土壤零電點：電位滴定法。
- (4) 有效性磷：Bray I及 Olsen 法。
- (5) 磷素吸附等溫線：Jackson 法。
- (6) 團粒穩定性：多重濕篩法。

三、結果與討論

分析結果分下列四項討論之：

(一) 土壤表面淨電荷：

溪湖土壤屬鹼性砂壤土，不論施磷肥與否，其表面淨電荷皆為正(見表2)，乃由於表面電荷逆轉(Charge reversal)之故。一般砂壤土之陽離子交換量不高，若其中可溶性鹽類甚多時，常發生表面電荷逆轉現象。林俐玲、萬鑫森二氏⁽¹⁾ (1980)曾以彰化鹼性土壤為材料亦得相同之結果。二氏以蒸餾水淋洗土壤三星期後，其表面淨電荷始變為負值。所以欲知土壤表面電荷之真實情況，測定前須將可溶性鹽類先行淋洗除去，以免發生表面電荷逆轉之現象。

(二) 土壤表面電荷密度：

由表2可知，施磷肥可降低 pH_0 ，但不論施磷肥與否， pH_0 均大於 pH ；所以Gouy-Chapman公式算得之表面電荷密度變為正值，換算為陰離子交換量(Anion exchange capacity) AEC。未施磷肥者為 0.72cmol/kg ；長期施磷肥者為 0.90cmol/kg ，由此可見長期施用磷肥可降低土壤表面正電荷密度，使土壤陰離子交換量降低。再由表1陽離子交換量觀之，(絕對數值雖不無疑問，因 $1N$ 中性醋酸銨測定CEC常有高估酸性土壤之CEC情形，但對鹼性土壤之影響未必很大，所以其相對值仍然可信。)長期施磷肥可以提高土壤陽離子交換量。在此須要一提的是：同一土壤可以同時有陽離子交換量及陰離子交換量，不論其表面電荷密度為正或負，甚或為零時亦然。總之，長期施用磷肥可提高土壤陽離子交換量，但降低其陰離子交換量。此一現象並不多見。

(三) 土壤固磷能力及有效性磷含量：

以磷素吸附等溫線(圖1)可說明施磷肥與否，土壤固磷能力及供磷能力。由圖可見未施磷肥之土壤固磷能力較強，而長期施磷肥之土壤供磷能力較強。可見任何土壤之固磷能力並非無限，長期施用磷肥終必有磷素飽和之時。再從表3觀之，長期施用磷肥之土壤有效性磷含量，無論用Bray I或Olsen法，所測得之數值均為未施磷肥者之3.5倍左右。因之，長期施用磷肥可逐漸提升土壤供磷能力，乃由於磷肥在土壤中不致淋洗損失之故。

(四) 土壤團粒穩定性：

以多重濕篩法所測得之團粒對數平均粒徑 $\log \mu$ (表2)，長期施磷肥者為

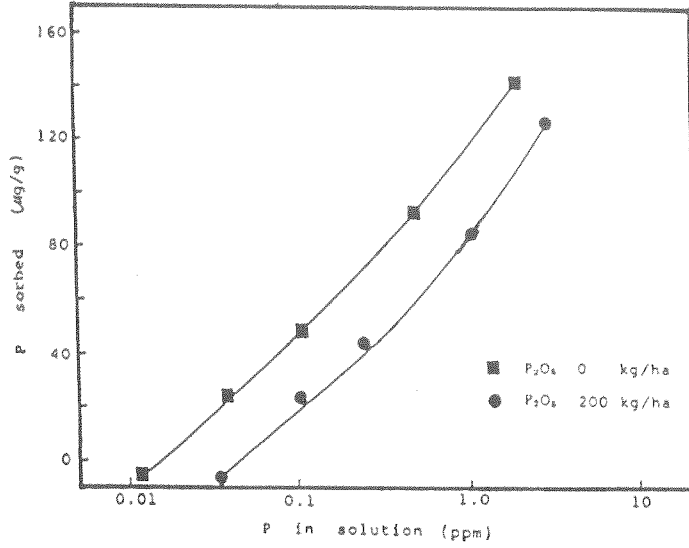


圖 1. ；溪湖砂壤土在長期施用磷肥及未施磷肥下之磷素吸附曲線
 Figure 1. Phosphate isotherm for Chihu soil treated with and without long term application of phosphate fertilizers.

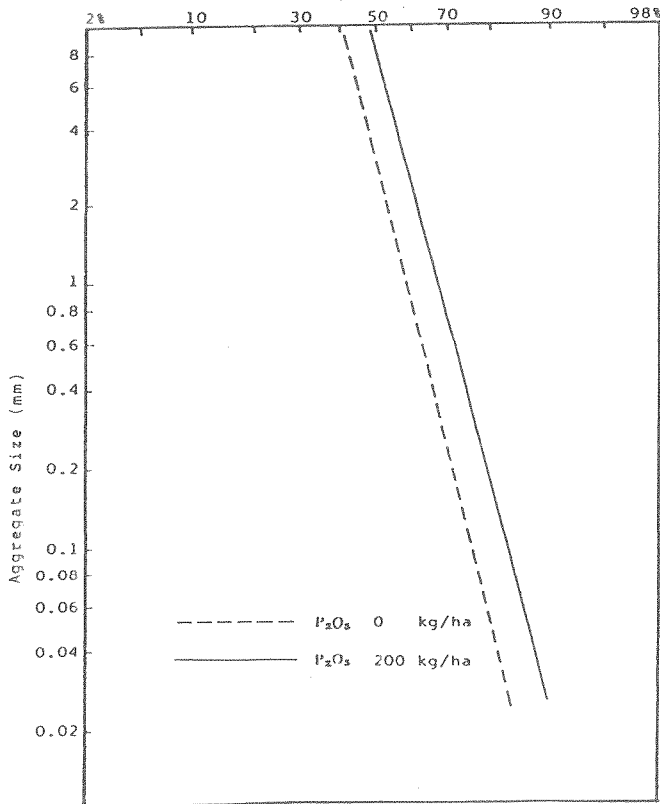


圖 2. ；溪湖砂壤土在長期施用磷肥及未施磷肥下之團粒穩定分析
 Figure 2. The aggregate stability of Chihu soil treated with and without long term application of phosphate fertilizers.

表 一. 溪湖土壤之性質

Table 1. Properties of Chihu soil.

P ₂ O ₅	Sand	Silt	Clay	S	O.M.	Exchangeable				CEC
						K	Na	Ca	Mg	
kg/ha-crop	----- % -----			m ² /g	%	-----	cmol/ Kg	Kg	-----	
0	63.27	20.15	16.58	11.74	1.17	0.17	0.07	1.66	0.45	4.47
200	60.13	20.18	19.69	12.84	1.28	0.18	0.08	1.99	0.55	5.44

表 二. 溪湖土壤長期施用磷肥下土壤表面淨電荷、電荷密度及團粒安定性
Table 2. Net surface charge, surface charge density and aggregate stability of Chihu soil with and without long-term application of phosphate fertilizers.

P ₂ O ₅	pH _{KCl}	pH	ΔpH ¹	pH ₀ ²	σ ³	AEC ⁴	A.S. ⁵	
							log M ⁶	σ _g ⁷
kg/ha-crop					C/M ²	cmol/kg	----- mm -----	-----
0	8.14	7.92	+0.22	8.10	+0.75x10 ⁻²	0.90	2.80	2.81
200	7.97	7.83	+0.15	7.97	+0.60x10 ⁻²	0.72	8.00	2.04

1. ΔpH= pH_{KCl} - pH
2. Zero point of charge
3. Surface charge density
4. anion exchange capacity
5. Aggregate stability
6. log mean diameter
7. log standard deviation

表 三. 溪湖土壤長期施用磷肥下有效性磷含量

Table 3. Available phosphate content of Chihu soil with and without long-term application of phosphate fertilizers.

P ₂ O ₅	Available Phosphate (ppm)	
	Bray I	Olsen
kg/ha-crop		
0	17.49	6.80
200	65.37	22.67

8.00mm，未施磷肥者2.80mm約大3倍，可見長期施用磷肥可以穩定土壤團粒而在此須加說明者，測定團粒穩定性之樣本土壤最大團粒粒徑為5.00mm，何以測得平均粒徑為8.00mm此乃由圖2外插法求得。圖2機率50%時之粒徑即為對數平均粒徑。雖然外插法不一定可靠，但仍可用於兩樣本團粒穩定相對值之比較。又兩樣本之幾何標準偏差 σ_g 雖大，約為2.00mm，但尚未影響兩樣本平均粒徑之比較。可以確定兩樣本屬不同族群。

四、參考文獻

- (1)林俐玲、萬鑫森 1980. 土壤表面電荷量之測定與估算. 中華水土保持學報11(1):41-50.
- (2)Breeuwsma, A. and J. Lyklema 1973. Physical and chemical adsorption of ions in the electrical double layer on hematite (α -Fe₂O₃). J. Colloid Interface Sci. 43:437-448.
- (3)Hingston, F.J., A.M. Posner and J.P. Quirk 1974. Anion adsorption by goethite and gibbsite. II. Desorption of anion from hydrous oxide surface. J. Soil Sci. 25:16-26.
- (4)Hingston, F.J., R.J. Atkinson, A.M. Posner and J.P. Quirk 1967. Specific adsorption of anion. Nature 215:1459-1461.
- (5)Keng, J.C.W. and G. Uehara 1973. Chemistry, mineralogy and taxonomy of oxisols and ultisols. Soil Crop Sci. Soc. Flo. Proc. 33:119-126.
- (6)Mekeru, T. and G. Uehara 1972. Anion adsorption in ferruginous tropical soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 36:296-300.
- (7)Parffit, R.L., R.J. Atkinson 1976. Phosphorus adsorption on goethite (α -Fe₂O₃). Nature 264:740-742.
- (8)Wann, S.S. and G. Uehara 1978. Surface charge manipulation of constant surface potential soil colloids. I. Relation to sorbed phosphorus. Soil Sci. Soc. Am. J. 42:886-888.

中文摘要

由試驗結果可得如下結論

1. 長期施用磷肥可提高溪湖鹼性土壤陽離子交換量，但降低其陰離子交換量。
2. 長期施用磷肥可提高溪湖鹼性土壤供磷能力，可降低其固磷能力。
3. 長期施用磷肥可提高溪湖鹼性土壤團粒穩定性。

Effect of Long-term Application of Phosphate Fertilizers on Phosphorous Fixation and Supplying Power and Related Properties

S. Y. Shu¹⁾

S. S. Wann²⁾

Summary

The purpose of this paper is to study the effect of long-term application of phosphate fertilizers on some physical and chemical properties of an alkaline soil. The tested samples taken from Chihu TSC plantation have been treated with and without 200 kg P_2O_5 /ha-crop for more than 20 years. Cation exchange capacity, surface charge density, phosphorus isotherm, available phosphorus and aggregate stability were measured for the comparison between the two samples.

The following results have been obtained:

- (1) Since Chihu soil is an alkaline soil and contains high soluble salts, it shows a charge reversal phenomenon on the surface and thus the counterions are anions. The anions exchange capacity was found to be less for the sample treated with long-term application of phosphate fertilizers.
- (2) Long-term application of phosphate fertilizers increases the negative surface charge density as well as the cation exchange capacity of Chihu soil.
- (3) Less phosphorus fixation and higher supplying power were found for the sample treated with long-term application of phosphate fertilizers.
- (4) Aggregate stability has been markedly improved by long-term application of phosphate fertilizers.

¹⁾ Former Graduate, Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, Taiwan, R.O.C.

²⁾ Professor, Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, Taiwan, R.O.C.